
E-BOOK DO PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS



Organizadores

**CARLOS VITOR DE ALENCAR CARVALHO
CRISTIANE DE SOUZA SIQUEIRA PEREIRA
MARGARETH MARIA DE CARVALHO QUEIROZ
PALOMA MARTINS MENDONÇA**



UNIVERSIDADE DE
vassouras



PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS | **PMPCA**
UNIVERSIDADE DE VASSOURAS

E-book do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

Organizadores:

Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Paloma Martins Mendonça

Editora da Universidade de Vassouras

Vassouras/RJ

2020

© 2020 Universidade de Vassouras

1ª Edição 2020

Presidente da Fundação Educacional Severino Sombra (FUSVE)

Marco Antonio Vaz Capute

Reitor da Universidade de Vassouras

Marco Antonio Soares de Souza

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade de Vassouras

Carlos Eduardo Cardoso

Coordenadora do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Editora-Chefe das Revistas *Online* da Universidade de Vassouras

Lígia Marcondes Rodrigues dos Santos

Diagramação e Layout

Carlos Vitor de Alencar Carvalho, Cristiane de Souza Siqueira Pereira, Margareth Maria de Carvalho Queiroz, Paloma Martins Mendonça

P94337p	Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. / organizado por : Carlos Vitor de Alencar Carvalho...[et al.]. – Vassouras : Universidade de Vassouras, 2020. 1630 f. Recurso eletrônico.
	Formato: E-book Disponível em: http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/PT/issue/view/197 ISBN: 978-65-87918-11-2
	1. Meio ambiente. 2. Tecnologia. 3. Sustentabilidade. I. Carvalho, Carlos Vitor de Alencar...[et al.]. II. Universidade de Vassouras. III. Título.
	CDD 500

Vera Lucia Nogueira de Paula

Biblioteca CRB-7 -



Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

O texto é de responsabilidade de seus autores. As informações nele contidas, bem como as opiniões emitidas, não representam pontos de vista da Universidade de Vassouras.

Comitê Científico / Editorial

Carlos Vitor de Alencar Carvalho – Universidade de Vassouras;
UEZO, RJ

Cristiane de Souza Siqueira Pereira – Universidade de Vassouras,
RJ

Margareth Maria de Carvalho Queiroz – Universidade de
Vassouras; Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, RJ

Paloma Martins Mendonça – Universidade de Vassouras, RJ

SUMÁRIO

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

CAPÍTULO 1 - A LEGISLAÇÃO DE BANIMENTO DE RAÇAS ESPECÍFICAS DE CÃES (LBRE) COM ÊNFASE NO AMERICAN PIT BULL TERRIER

**Autores: Dulcinéa Peixoto Nelson; Alexandre Ururahy-
Rodrigues**

CAPÍTULO 2 - ERGONOMIA NO AMBIENTE DE TRABALHO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE NO CONTEXTO DE *HOME OFFICE*

**Autores: David Caravana de Castro Moraes Ricci; Marco
Antônio Pereira Araújo**

CAPÍTULO 3 - TECNOLOGIAS AMBIENTAIS: MOTOR DA ECONOMIA CIRCULAR?

Autores: Paulo Wilton da Luz Camara; Ana Carolina Cellular Massone

CAPÍTULO 4 - A IMPORTÂNCIA DOS DíPTEROS MUSCOIDES NA DISSEMINAÇÃO DE BACTÉRIAS E DE SEU CONTROLE POPULACIONAL

Autores: Lorrane de Andrade Pereira; Daislany Andreia da Silva Alves; Isabel Nogueira Carramaschi, Viviane Zahner

CAPÍTULO 5 - CONTEXTO HISTÓRICO DO SANEAMENTO NO BRASIL E A PERSPECTIVA PARA O SETOR APÓS O NOVO MARCO DO SANEAMENTO - LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020

Autores: Queren Cabral de Abreu, Irineu Vieira da Silva Júnior; Anieli de Souza Marques, Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

CAPÍTULO 6 - EDUCAÇÃO, UM CAMINHO PARA NOVAS AÇÕES E BOAS PRÁTICAS

Autores: Karla Barros Félix; Cristiane Borborema Chaché, Paloma Martins Mendonça

CAPÍTULO 7 - BREVES CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA

Autores: Maria Eduarda Gomes de Castilho; Frederico Novaes da Fraga; Gilberto dos Santos Carvalho; Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti; Sandro Pereira Ribeiro

CAPÍTULO 8 - CONSTRUÇÃO DE SONDA MULTIPARAMÉTRICA PARA CONTROLE DA QUALIDADE

DA ÁGUA EM TEMPO REAL UTILIZANDO UMA PLATAFORMA ARDUINO

Autores: Denis Uiliam Candido do Carmo; Carlos Vitor de Alencar Carvalho; Cristiane de Souza Siqueira Pereira

CAPÍTULO 9 - EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM UMA VISÃO CONTINUADA

Autores: Denis Uiliam Candido do Carmo; Tarik Soriano de Melo Pletsch; Maike Henrique de Medeiros Motta, Jenivaldo Lisboa de Araújo, André Pereira de Souza

CAPÍTULO 10 - ENDOSULFAN NA ÁGUA DO TRECHO DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO PARAÍBA DO SUL E ANÁLISE DA EFETIVIDADE DO TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA: UM ESTUDO DE CASO

Autores: Dulcinéa Peixoto Nelson, Elisa Barbosa Marra, Greiciane França Bronzato, Cristiane de Souza Siqueira Pereira

CAPÍTULO 11 - APLICAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA PARA ESTUDO DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO NA MICROBACIA DO RIO DAS MORTES - VASSOURAS (RJ) UTILIZANDO O MODELO QUAL-UFMG

Autores: Carolina Nunes Bastos Theodoro; Gabrielle Policarpo de Assis; Orlando dos Santos Pereira; Cristiane de Souza Siqueira

CAPÍTULO 12 - ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UNIDADE SEMI- PILOTO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL DA UNIVERSIDADE DE VASSOURAS: AVALIAÇÃO DO USO DO ÓLEO DE FRITURA COMO MATÉRIA PRIMA

Autores: Janaina Martins Theodoro; Sandro Pereira Ribeiro; Miguel Rascado Fraguas Neto; Gabriel Alves de Souza Gonçalves; Marisa Fernandes Mendes; Cristiane de Souza Siqueira Pereira

CAPÍTULO 13 - DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO EM PRODUTOS DA BIODIVERSIDADE BRASILEIRA ATRAVÉS DAS REDES DE INOVAÇÃO EM FITO: UMA REFERÊNCIA AO CONCEITO DE ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS E A EXPERIÊNCIA DE UM NÚCLEO DE INOVAÇÃO APLICADA NO MUNICÍPIO DE VASSOURAS - RJ

Autores: Antônio Carlos dos Santos Costa; Karoline Soares Rezende; Fabiane Faustino Ferrari; Marina Constant Bruno Maciel; Moisés Teles Madureira

CAPÍTULO 14 - A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO QUÍMICO FRENTE ÀS PERSPECTIVAS DA ÁREA DE ÓLEO & GÁS AUXILIADA POR FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO PERÍODO DE PANDEMIA E DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Autores: Karoline Soares Rezende; Antônio Carlos dos Santos Costa; Fabiane Ferrarri Faustino; Gabrielle Policarpo de Assis; Cristiane de Souza Siqueira Pereira; Moisés Teles Madureira

CAPÍTULO 15 - COMO É REALIZADO O DESCARTE DE DROGAS ANESTÉSICAS NO CENTRO CIRÚRGICO?

Autores: Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco; Vitor Tenorio Rosa; Juciney Ricardo Cotrim Pacheco; Antonio Neres Norberg; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 16 - MEMÓRIA SOBRE O SISTEMA DA NATUREZA, EM QUE SE CONSIDERA A POSSIBILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE DADOS POPULACIONAIS DE ENTOMOFAUNA COMO INDICADOR DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO AMBIENTE POR MEIO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Frederico Novaes da Fraga, Alexandre Ururahy Rodrigues, Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti, Marco Antônio Pereira Araújo

CAPÍTULO 17 - A CIÊNCIA E A ESCOLA: JOGOS DIDÁTICOS NA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Thiago Dutra Dias, Simone Pereira Alves, Igor Luiz Souza da Cruz, Marise Maleck

CAPÍTULO 18 - USO DE *BACILLUS THURINGIENSIS*: SEGURANÇA E SUSTENTABILIDADE NO CONTROLE DE INSETOS

Autores: Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa; Igor Luiz Souza da Cruz; Karine Silva de Carvalho; Jéssica Letícia Abreu Martins; Fernando Hercos Valicente; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 19 - ANÁLISE DO SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Autores: Anna Luiza Pinage Barbosa; Cristiane Borborema

Chaché; Lucas Barbosa Cortinhas; Paloma Martins Mendonça

**CAPÍTULO 20 - MANUAL TÉCNICO DE PRÁTICAS
SUSTENTÁVEIS ASSOCIADAS À PRODUÇÃO AGRÍCOLA
DIVERSIFICADA VOLTADO AOS PRODUTORES RURAIS
DO MUNICÍPIO DE VASSOURAS**

Autores: Danilo Alves Pereira; Paloma Martins Mendonça

**CAPÍTULO 21 - GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE
SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) NO BRASIL: UM ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE OS VOLUMES DE RESÍDUOS
DESTINADOS PARA TRATAMENTO NO PERÍODO
ANTERIOR E POSTERIOR AO SURGIMENTO DA
PANDEMIA DE COVID-19**

**Autores: Aleandra Mariano de Araújo; Aline da Silva Santos;
Daniela Vidal Vasconcelos; Luiz Felipe Caraméz Berteges;
Carlos Eduardo Granadeiro Corrêa; Moisés Teles Madureira**

CAPÍTULO 22 - ENTRE FONTES E JARDINS: HISTÓRIA AMBIENTAL, COLECIONISMO E JARDINS BOTÂNICOS

**Autores: Frederico Novaes da Fraga; Angelo Ferreira Monteiro;
Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti**

CAPÍTULO 23 - O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO

Autores: Joelma Gonçalves Ribeiro; Altivo de Souza Vieira Junior; Leandro Mello Frota; Cristiane Borborema Chaché

CAPÍTULO 24 - HOTELARIA E SUSTENTABILIDADE: O QUE MUDOU COM PANDEMIA DE COVID-19?

**Autores: Ana Carolina Roma do Carmo; Paloma Martins
Mendonça; Margareth Maria de Carvalho Queiroz**

CAPÍTULO 25 - BIODIVERSIDADE DE MUSCIDAE (INSECTA: DIPTERA) E SUA IMPORTÂNCIA PARA O HOMEM E O MEIO AMBIENTE

**Autores: Marina Lopes Duarte; Leiani Cristina Martins do
Couto; Paula Amaral da Silva; Margareth Maria de Carvalho
Queiroz**

CAPÍTULO 26 - O IMPACTO DOS INSETICIDAS ORGANOFOSFORADOS SOBRE O MEIO AMBIENTE

**Autores: Igor Luiz Souza da Cruz; Tatiane Aparecida
Nascimento Barbosa; Thiago Dutra Dias; Simone Pereira Alves;
Marise Maleck; Margareth Maria de Carvalho Queiroz**

CAPÍTULO 27 - INSERÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE

**SAÚDE, INCLUINDO OS RESÍDUOS DE PANDEMIA
COVID-19, NO CURSO DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE VASSOURAS-RJ**

**Autores: Ana Paula Amaral Ribeiro; Ana Carolina Roma do
Carmo; Carlos Manuel Dutok-Sánchez; Paloma Martins
Mendonça; Cristiane de Souza Siqueira Pereira; Antonio Neres
Norberg; Margareth Maria de Carvalho Queiroz**

**CAPÍTULO 28 - RECUPERAÇÃO DE NASCENTE PARA A
FAZENDA DAS PALMEIRAS, IPIABAS - BARRA DO
PIRAÍ/RJ: ESTABELECIMENTO DE MATA CILIAR PARA A
RECUPERAÇÃO DE NASCENTE**

**Autores: Juliana Bosi Gonçalves, David Vilas Boas de Campos
e Vinicius Marins Carraro**

CAPÍTULO 29 - IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E DE SUSTENTABILIDADE, NO MUNICÍPIO DE TRÊS RIOS, RJ

Autores: Luiz Alberto Barbosa; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 30 - CONTAMINAÇÃO DE RIOS NA CIDADE DE ASUNCIÓN, PARAGUAY, POR OOCISTOS DE *CRYPTOSPORIDIUM SPP.* E CISTOS DE *GIARDIA SPP.*

Autores: Paulo Roberto Blanco Moreira Norberg, Fernanda Castro Manhães, Bianca Magnelli Mangiavacchi, Paulo Cesar Ribeiro, Margareth Maria de Carvalho Queiroz, Antonio Neres Norberg

CAPÍTULO 31 - MODELO MAC - MERCADO DE TRABALHO X ACADEMIA: MODELO ESTRATÉGICO PARA A APROXIMAÇÃO DO ENSINO ACADÊMICO ÀS

NECESSIDADES DO MERCADO DE TRABALHO E AS EXIGÊNCIAS AMBIENTAIS

Autores: Marco Antonio Vaz Capute; Hamilton Moss de Souza; Cristiane de Souza Siqueira Pereira

CAPÍTULO 32 - OOCISTOS DE *CRYPTOSPORIDIUM* SPP. E CISTOS DE *GIARDIA* SP. EM FEZES DE CAPIVARAS (*HYDROCHOERUS HYDROCHAERIS*) DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL CHICO MENDES, RIO DE JANEIRO, BRASIL: POTENCIAL RISCO DE TRANSMISSÃO ZOONÓTICA

Autores: Antonio Neres Norberg; Paulo Roberto Blanco Moreira Norberg; Paulo Cesar Ribeiro; Margareth Maria de Carvalho Queiroz; Nadir Francisca Sant'Anna; Bianca Magnelli Mangiavacchi

CAPÍTULO 33 - RESÍDUOS ELETRÔNICOS, UMA IDEIA FORA DE MODA!!!! REPENSANDO, RECICLANDO, REUSANDO, REDUZINDO, REUTILIZANDO NO DESCARTE CONSCIENTE

Autores: Elayne Araújo de Almeida; Paloma Martins

Mendonça; Marco Antônio Pereira Araújo; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 34 - PERÍCIA JUDICIAL AMBIENTAL TOXICOLÓGICA E A UTILIZAÇÃO DO CATE COMO INSTRUMENTO NA APURAÇÃO DE IMPACTOS ASSOCIADOS À OCUPAÇÃO DESORDENADA EM ÁREAS VULNERÁVEIS DO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

Autores: Sérgio Luis Langer; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 35 - A UTILIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL: UMA PROPOSTA DE RELATÓRIO DE DEFINIÇÃO DO ÂMBITO PARA A REVISÃO DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL DA CIDADE DE VASSOURAS/RJ.

Autores: Yolanda de Souza Capute; Carlos Eduardo Cardoso

CAPÍTULO 36 - FORNO CREMATÓRIO PET PARA HOSPITAL VETERINÁRIO

Autores: Fernanda Bernabei Duboc Cardoso; Marilene de Farias Brito; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 37 - LEPTOSPIROSE HUMANA NO MUNICÍPIO DE VASSOURAS, ESTADO DE RIO DE JANEIRO, BRASIL: UM INQUÉRITO SOBRE VARIÁVEIS OCUPACIONAIS E AMBIENTAIS

Autores: Oswaldo Aparecido Caetano, Carlos Manuel Dutok-Sánchez, Cristiane de Souza Siqueira Pereira, Antônio Neres Norberg, Margareth Maria de Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 38 - DESCARTE RESIDENCIAL DE MEDICAMENTOS VENCIDOS: UMA ANÁLISE DA PRÁTICA NO MUNICÍPIO DE COMENDADOR LEVY GASPARIAN-RJ

Autores: Rosiany Bittar Campos; Paloma Martins Mendonça; Marco Antônio Pereira Araújo; Margareth Maria Carvalho Queiroz

CAPÍTULO 39 - SEGURANÇA DO USO DE EXTRATOS DE PLANTAS NATURAIS NO AMBIENTE: FLUXO DE AVALIAÇÃO APLICADO NA ESPÉCIE *POUTERIA MAMMOSA* (L.) CRONQUIST DEVIDO A ATIVIDADE NO CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS

**Autores: Carlos Manuel Dutok-Sánchez, Idelsy Chil-Núñez,
Luiz Eduardo D'Elia Oliveira, Julio César Escalona-Arranz,
Paloma Martins Mendonça, Margareth Maria de Carvalho
Queiroz**

ÍNDICE REMISSIVO

APRESENTAÇÃO

É com grande alegria que apresentamos o primeiro volume do **E-book do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras**. Este volume traz uma variedade de capítulos que apresentam resultados dos mais diversos campos de pesquisa da área ambiental. Os leitores poderão ler em cada um deles as pesquisas realizadas pelos autores, além de diversos produtos desenvolvidos com a finalidade da aplicação prática na área ambiental.

A **Área de Concentração - Ciências Ambientais** visa, frente aos atuais desafios ambientais do século XXI, sobretudo, a degradação dos ecossistemas naturais, dos solos e dos recursos hídricos em função do crescimento urbano e industrial e do setor agropecuário, desenvolver estudos voltados à pesquisa técnico-científica e a geração de novas tecnologias para a recuperação de áreas degradadas e contaminadas, para promover o manejo e a conservação dos solos e dos recursos hídricos regionais, o controle dos processos erosivos de encostas e o saneamento ambiental, bem como o planejamento e a gestão de unidades de conservação e de ambientes naturais, além de estudos de diversidade biológica, a

avaliação de impactos e o monitoramento da saúde ambiental, humana e animal.

A **Linha de Pesquisa - Diversidade Biológica e Meio Ambiente** visa promover estudos de ecologia, diversidade biológica e saúde de ambientes, ecossistemas naturais antropizados mediante o uso de bioindicadores com ênfase na Mata Atlântica e ambientes costeiros, bem como em biomas impactados. Englobam ainda estudos que avaliam danos produzidos por exposição ambiental e risco ocupacional causados pelo contato com agentes tóxicos e agentes etiológicos de doenças.

Já a **Linha de Pesquisa - Tecnologia Ambiental** visa promover estudos de novas tecnologias, organismos e substâncias com atividade biológica para utilização no desenvolvimento de práticas de manejo para o controle e recuperação ambiental de ecossistemas degradados e antropizados e dispositivos legais para protegê-los. Visa também a elaboração de aplicativos de internet, patentes, protótipos, relatórios técnicos, sites, blogs e outros meios de divulgação para serem aplicados em diversas áreas das ciências ambientais.

Os organizadores deste e-book agradecem aos autores dos diversos capítulos pela dedicação e esforço para a viabilização

desta obra. Agradecem também à Editora Chefe das Revistas da Universidade de Vassouras, Profa. Lígia Marcondes Rodrigues dos Santos pela constante ajuda, empenho e profissionalismo.

Capítulo 1 - A Legislação de banimento de raças específicas de cães (LBRE) com ênfase no American Pit Bull Terrier

Autores: Dulcinéa Peixoto Nelson; Alexandre Ururahy-Rodrigues

Resumo: Os ataques fatais de cães, em seres humanos e animais domésticos são um problema ambiental, de saúde e de segurança públicas. Assim, devido ao apelo popular, surgiram leis que não observaram aspectos técnicos, visaram atender apenas a comoção social e não entraram nas causas da agressividade canina impulsiva ou não. Este estudo demonstra como a agressividade canina foi tratada com preconceito contra raças específicas e acrescenta os aspectos técnicos que deveriam ter sido observados pelos legisladores para tratar de matéria tão técnica e dá exemplos de reversão desta situação injusta e vergonhosa.

Palavras-chave: agressividade canina; etologia; Legislação.

Segundo Dickey em 2017, o processo de domesticação do lobo pode ter iniciado há 34.800 anos. Esta autora considera o cão como uma subespécie do lobo cinzento o *Canis lupus familiaris* e que compartilha 99,9% do seu material genético com seu ancestral o *Canis lupus*.

Nada melhor para expressar a relação atual homem-cão do que citar diretamente o que escreve Bradshaw em 2011:

“O cão tem sido nosso fiel companheiro por dezenas de milhares de anos. Hoje, os cães vivem ao lado de humanos em todo o mundo, muitas vezes como parte integrante de nossas famílias. Para muitas pessoas, um mundo sem cães é impensável”.

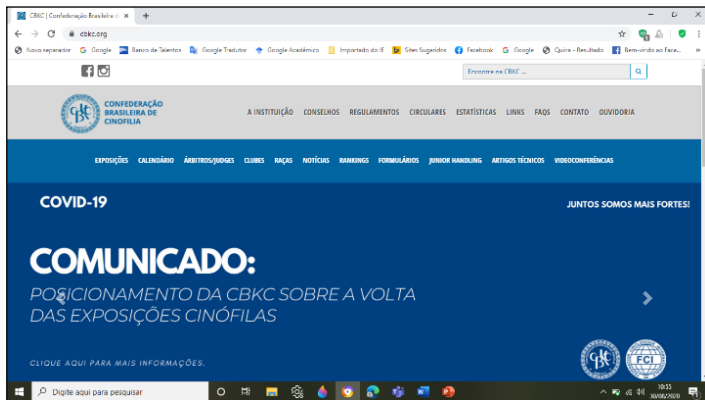
Entretanto, os problemas de ataques fatais de cães, em seres humanos e animais domésticos é um problema ambiental, de saúde e de segurança pública (PATRONECK, 2013).

Este tema gera repercussão e legislações de banimento de raças específicas (*breed specific legislation* - BSL) surgem em diversas partes do mundo, para atender ao clamor popular na solução do problema. Entretanto, a ciência tem demonstrado, que ter como alvo raças específicas, e, até históricas, não é a melhor política e nem a mais justa.

As raças históricas de cães são inúmeras, o controle genealógico e a emissão de *pedigrees* são regulados no Brasil pela Confederação Brasileira de Cinofilia (CBKC- <https://cbkc.org/cbkc/instituicao> figura 1) que é:

“a entidade mater da cinofilia nacional. Foi criada como sucessora dos convênios nacionais e internacionais do Brasil *Kennel* Clube, e tem sede no Rio de Janeiro. É a única instituição brasileira federada à *Fédération Cynologique Internationale* (FCI), maior comunidade canina do Globo. A CBKC também possui convênios com os Clubes AKC (EUA), CKC (Canadá), *The Kennel Club* (Inglaterra) e ANKC (Austrália)”.

Figura 1 - *Print screen* do Website da Confederação Brasileira de Cinofilia.



Fonte: <https://www.cbkc.org/>

As informações sobre a raça American Pit Bull Terrier estão no link:

https://cbkc.org/application/views/docs/padrees/padrao-raca_215.pdf.

Elas são vastas e estão relacionadas a todos os quesitos, que interessam ao padrão da raça em termos de registro de exemplares, ou competição. Por isso, faremos aqui uma citação direta sobre a história da raça:

“No decorrer do século XIX, criadores na Inglaterra, Irlanda e Escócia começaram a experimentar cruzamentos entre Buldogues e *Terriers* em busca de um cão que combinasse a esportividade do Terrier com a resistência e atletismo do Buldogue. O resultado foi um cão que reunia em si todas as virtudes dos grandes guerreiros: resistência, coragem indomável e gentileza com os que ama. Os emigrantes levaram estas cruzas de *Bulls* e *Terriers* para os Estados Unidos. Os diversos talentos do *American Pit Bull Terrier* não passaram despercebidos pelos fazendeiros e rancheiros que os utilizavam para proteção, na captura do gado semisselvagem e de porcos, como ajudante nas caçadas, cães pastores e como companhia para suas famílias. Atualmente, o *American Pit Bull Terrier* continua demonstrando sua versatilidade, participando com sucesso em campeonatos de Obediência, Faro, *Agility*, Proteção e Tração, bem como de conformação”.

Entretanto, há controvérsias sobre a origem da raça, e se, teria havido o cruzamento entre os Buldogues e *Terriers* para obter-se o *American Pit Bull Terrier* - APBT.

Richard F. Stratton, nos Estados Unidos da América, escreveu quatro livros sobre o APBT e acredita que o mesmo, nada mais é, do que o “*Old English Bull Dog*”

(<https://www.youtube.com/watch?v=uwCkcncXmw>). Esta hipótese é também defendida por Mariano Peinado, presidente da *International American Pit Bull Terrier Federation* (FIAPBT) e da *International Association for Defense Canine and his Responsible Owners* (IADCRO) (<http://www.fiapbt.net/origenes.html>).

O Projeto de Lei PL 2143-A e substitutivo 73/1999) dispõem sobre o registro genealógico de cães e tentam regular a questão que envolve a posse, circulação e até mesmo a definição das raças de cães ferozes ou perigosos. Abaixo relatamos sumariamente a situação do mesmo em 13/02/20:

“Dispõe sobre o registro genealógico de cães, a identificação especial de cães perigosos, acrescenta o art. 131-A ao Código Penal, e dá outras providências; tendo parecer: da Comissão de Agricultura e Política Rural, pela aprovação deste, com substitutivo, e pela rejeição dos de n. 1.798/99, 2.361/00 e 2.690/00, apensados (relator: Dep. João Grandão); da Comissão de Segurança Pública e Combate ao Crime Organizado, Violência e Narcotráfico, pela aprovação deste, com adoção do Substitutivo da Comissão de Agricultura e Política Rural, com emendas, e pela rejeição dos de n.ºs 1.798/99, 2.361/00 e 2.690/00, apensados (relator: Dep. Cabo Júlio); e da Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania, pela constitucionalidade, juridicidade, técnica legislativa e, no mérito, pela aprovação deste, com emenda; pela constitucionalidade, juridicidade, técnica legislativa e, no mérito, pela rejeição dos de n. 1.798/99, 2.361/00, 2.690/00, 6004/01, 7322/02, 2376/03, 2772/03, 3722/04, 4143/2004, 5349/05, 7316/06 e 7317/06, apensados, do Substitutivo da Comissão de

Agricultura e Política Rural e das Emendas apresentadas pela Comissão de Segurança Pública e Combate ao Crime Organizado, Violência e Narcotráfico (relator: Dep. Luiz Couto).”

Ao examinar os referidos PLs, sua tramitação e os projetos que foram rejeitados, a impressão que temos é de que a versão final provavelmente caminha para que não ocorra o banimento de raças específicas, mas sim um endurecimento nas medidas relativas a uma posse responsável e punições mais rígidas para casos trágicos. Entretanto, verificamos a ausência de respaldo técnico de maneira geral no que tange a matéria em todos os projetos.

No final da década de 1990, fatalidades envolvendo cães e humanos relacionadas à raça *American Pit Bull Terrier*, tornaram-se um problema, ganhando contornos nacionais. Daqui para a frente utilizaremos esta sigla (APBT) ou o termo vulgar usado pelo popular e leigos em geral “Pit Bull”.

No Brasil, as notícias trágicas relacionadas a acidentes entre cães e humanos veiculadas pela mídia, são em maioria dos casos, pautadas em sensacionalismo e até mesmo falácias, o que vem resultando na demonização dos APBT.

Indubitavelmente, os acidentes entre cães e humanos tornam-se mais frequentes a partir da década de noventa, e, a sociedade

exigiu soluções por parte do poder público, justificando o surgimento “a toque de caixa” da propositura de Projetos de Leis - PLs sobre o tema, reforçados pela mídia e pela repercussão social.

Em se tratando de Lei Ordinária, o Estado do Rio de Janeiro foi um dos pioneiros por iniciativa do deputado Carlos Minc, e teria sido solicitada por entidades de defesa dos animais (DANTAS, 2013).

Em resposta, foi sancionada a Lei Ordinária nº 3.205, de 09 de abril de 1999, e a Lei Ordinária nº 3.207, de 12 de abril de 1999. Ambas estabeleceram medidas drásticas em relação banimento gradativo dos cães da raça APBT, no que se incluem cães resultantes do cruzamento desta (esterilização e proibição de procriação, entre outras restrições).

Estas Leis permaneceram vigentes por seis anos sem regulamentação, e desde o início passaram a ser “copiadas” por vários Estados da Federação e replicadas aos municípios, o que vem acontecendo até os dias atuais, exponenciando de forma expressiva a esterilização e proibição de procriação dos cães da raça APBT, e dos cães que resultam do cruzamento desta raça, ou ainda, de outras consideradas do tipo “Pit Bull” como o *American Stardfordshire Terrier*, o *Stardfordshire Bull Terrier* e o *American Bully*.

Através do Decreto n. 37.921 de 05 de julho de 2005, as duas leis foram regulamentadas, e de forma explícita definiu “animal feroz”, incluindo as raças *Doberman*, *Rotweiler* e *Fila*, além de outras raças derivadas ou oriundas da variação de quaisquer destas raças, às mesmas condições impostas aos cães da raça “Pit-Bull” ou cães que resultam do cruzamento da raça “Pit-Bull” ou seja, esterilização e proibição de procriação.

Entre outras ações que recrudesceram, regulamentou-se a possibilidade de convênio através de entidades do Poder Público Estadual, com universidades ou entidades de proteção de animais visando a implementação de programa de esterilização. Além disso, fixou-se o horário de 22:00h às 5:00h do dia seguinte, para a circulação de cães destas raças, mediante condições impostas.

Trata-se de tema que reserva certo grau de complexidade, sendo imprescindível conhecimento científico para decidir sobre a matéria. A falta de embasamento científico tende a resultar em injustiças e irreparáveis prejuízos às raças históricas.

Segundo DANTAS (2013),

“Minc consultou leis de 42 países, que proibiram ou restringiram fortemente o *Pit-Bull*, como na França e na Inglaterra. A maior parte da população é fortemente favorável a Lei do *Pit-Bull*, que é

preventiva a integridade e a vida de animais, crianças e adultos”.

É possível afirmar que o legislador brasileiro pesquisou leis de países que incidiram no mesmo erro, desconsiderando imprescindíveis aspectos técnicos e científicos, tal qual a etologia (comportamento animal) em canídeos e baseou-se apenas em comoção social.

A Lei Ordinária nº 3.205/1999, sancionada no mesmo ano em que surgiu o PL 2143-A, de 24 de novembro de 1999, foi estimulada para regulamentar a criação, a posse, o transporte, e a guarda desses animais.

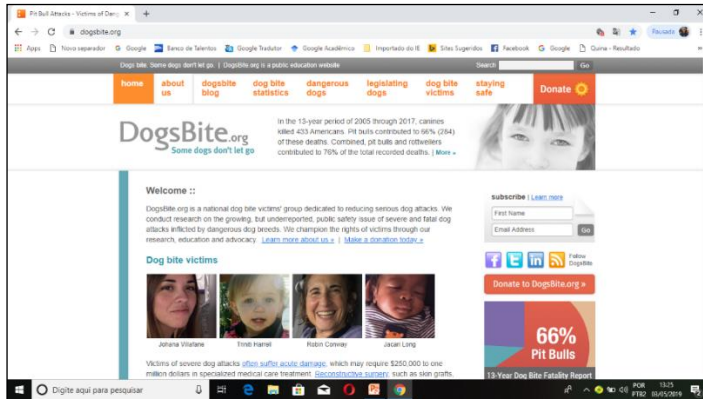
Há uma enorme ausência de respaldo técnico científico para as leis de banimentos de raças específicas de cães. Não buscamos aqui levantar o estado da arte desta questão, mas trouxemos uma base técnica que consideramos suficiente para um exame conclusivo dos fatos.

Existe uma informação popular blogueira, com dados absolutos, sem considerações populacionais de cada raça, e, infelizmente majoritariamente utilizada pelos legisladores: Informações do website *Dogsbite.org*.

O *site* em questão (DOGSBITE, 2018A) - (<https://www.dogsbite.org/> figura - 2) relata que num período de 13 anos (2005 a 2017), 471 americanos vieram a óbito devido a ferimentos causados por mordidas de cães. Detalha em dados absolutos que os *Pit Bulls* foram responsáveis por 284 (65,6%), *Rottweilers* 45 (10,4%) e 182 (24%) ataques envolveram 33 raças diferentes. A autora aponta que a população de “Pit Bulls” é bem menor que a população de outras raças nos estados EUA (6,5%) e destaca que sua predominância nos casos de fatalidades é devido a uma agressividade viciosa inata. Aponta também que o cão é imprevisível. O *DogsBite.org* mantém um levantamento em números absolutos de mortes causadas por “Pit Bulls” desde 1833 e relata 623 mortes (<https://www.fatalpitbullattacks.com/> acessado em 25/10/2020).

Este website cita como principais fontes três artigos: Sacks *et al.* (1989, 1996 e 2000) (DOGSBITE, 2018B). Estes estudos trabalharam com números absolutos que são usados pelo DOGSBITE para os períodos de 1979 a 1988 e depois de 1988 a 1998.

Figura 2 - Print screen do website DogsBite.org.



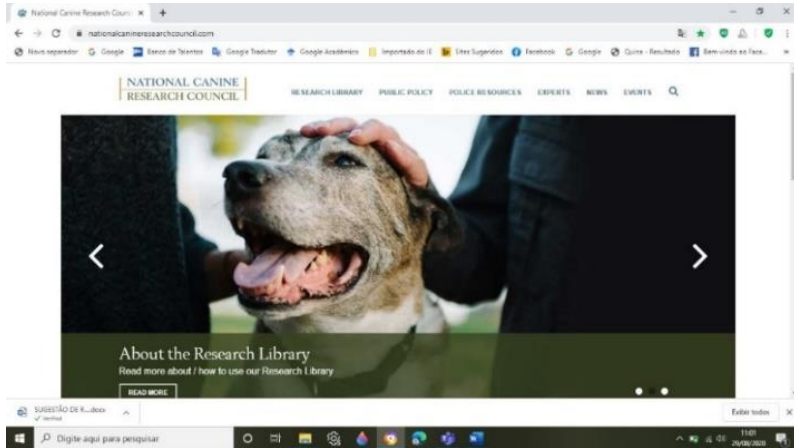
Fonte: <https://www.dogsbite.org/>

Os dados atualizados de 1998 até o presente pelo site são obtidos na mídia e pela confirmação com as autoridades. A base do DOGSBITE é promover as leis de banimento de raças específicas (BSL - *Breed Specific Legislation*).

Por outro lado, existe toda uma literatura técnica e científica disponível, e que normalmente não são consideradas pelos legisladores. Em nossa opinião a principal organização é o *National Canine Research Council* - NCRC- (<https://www.nationalcanineresearchcouncil.com/> figura 3), nos Estados Unidos. Este conselho reúne acadêmicos renomados mundialmente, que fornecem estudos técnicos, recomendações de políticas e análises, da mais alta qualidade, sobre uma ampla gama

de tópicos relacionados ao comportamento canino, e, apontam políticas públicas que contribuam para o problema de incidentes fatais, ou não, que envolvam cães e seres humanos. Suas análises são normalmente publicadas em revistas científicas de qualidade.

Figura 3 - *Print screen do website do National Canine Research Council.*

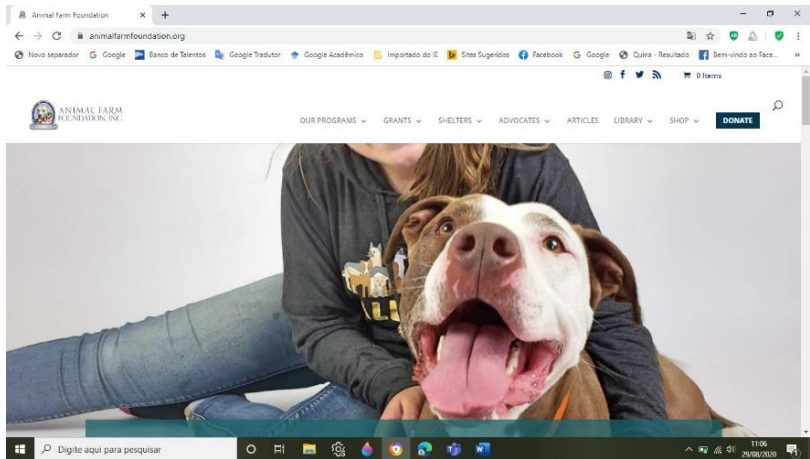


Fonte: <https://www.nationalcanineresearchcouncil.com/>

A *Animal Farm Foundation* – AFF (<https://animalfarmfoundation.org/> figura 4) com sede nos Estados Unidos é uma organização, que recebe cães resgatados e abandonados, e os reabilitam através de adestramento. Seus resultados são comprovados e recebem igualmente a colaboração de pesquisadores renomados. Publicam relatórios técnicos e E-books, sobre temas que promovem a educação de humanos, em

relação à maneira de educar e possuir o cão de forma responsável. Além disso, possuem programas de treinamentos K9 e muitos cães saem de lá, com funções definidas para órgãos de segurança pública e são reintegrados.

Figura 4 - *Print screen* do website da *Animal Farm Foundation* – AFF.



Fonte: <https://animalfarmfoundation.org/>

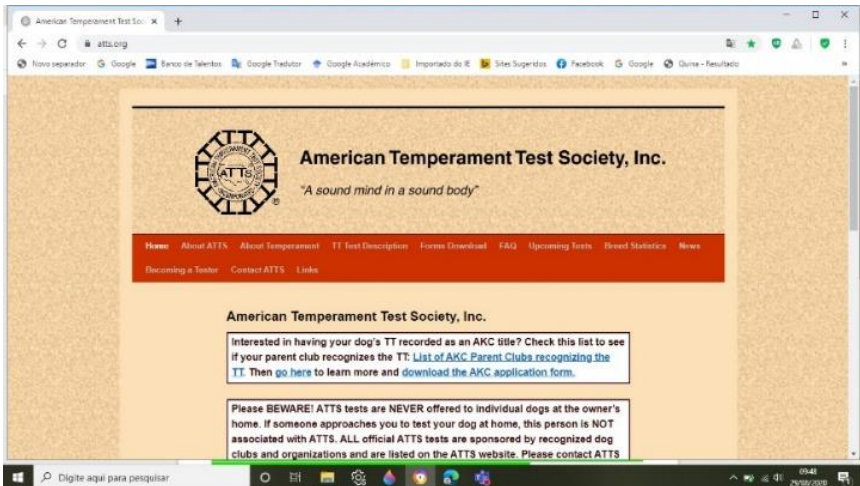
A *American Temperament Test Society* – ATTS (Figuras 5 - 6) realiza testes de temperamento expondo os cães a situações do dia a dia, que poderiam funcionar como gatilhos para desencadear comportamentos agressivos. É um trabalho importantíssimo. Ela fornece os resultados dos testes por raça. Segundo ATTS (2020),

“O Teste de Temperamento da ATTS, mede diferentes aspectos do temperamento, como: estabilidade, timidez, agressividade e simpatia, bem

como o instinto de proteção do cão para com seu manipulador e / ou auto preservação diante de uma ameaça. O teste simula um passeio casual por um parque ou bairro onde as situações da vida cotidiana são encontradas. Durante essa caminhada, o cão experimenta estímulos visuais, auditivos e táteis. Situações neutras, amigáveis e ameaçadoras são encontradas, colocando em jogo a capacidade do cão de distinguir entre situações não ameaçadoras e aquelas que exigem reações vigilantes e protetoras”.

Uma das raças com o maior número de cães testados é a American Pit Bull Terrier e os resultados encontrados são favoráveis à mesma (Figura 6).

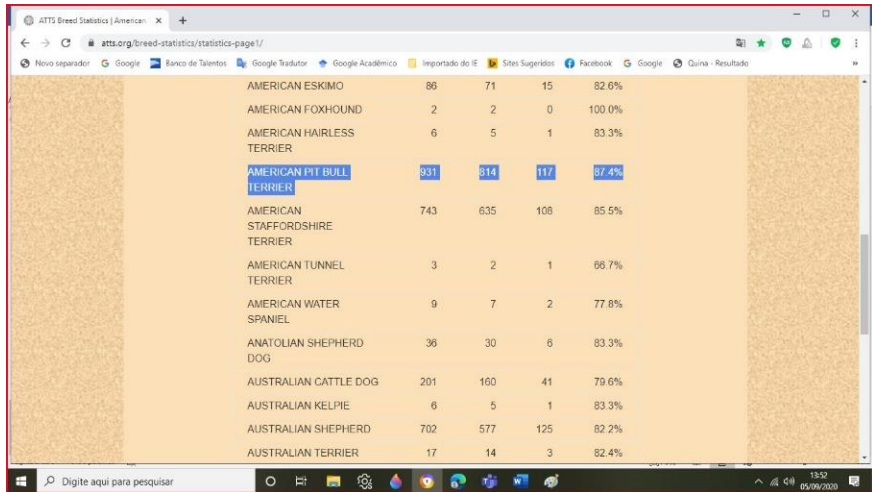
Figura 5 - Print screen do website da American Temperament Test Society.



Fonte: <https://atts.org/>

Estatística por raça mais atual produzida em 2017 (com dados de 2020 prejudicados devido à COVID-19). Detalhe para o N amostral e o percentual de aprovação dos APBT.

Figura 6 - Print screen do website da American Temperament Test Society apontando a última avaliação dos APBT testados 87.4% aprovados de 931 cães.



Breed	Tests	Passes	Fails	Approval %
AMERICAN ESKIMO	86	71	15	82.6%
AMERICAN FOXHOUND	2	2	0	100.0%
AMERICAN HAIRLESS TERRIER	6	5	1	83.3%
AMERICAN PIT BULL TERRIER	931	814	117	87.4%
AMERICAN STAFFORDSHIRE TERRIER	743	635	108	85.5%
AMERICAN TUNNEL TERRIER	3	2	1	66.7%
AMERICAN WATER SPANIEL	9	7	2	77.8%
ANATOLIAN SHEPHERD DOG	36	30	6	83.3%
AUSTRALIAN CATTLE DOG	201	160	41	79.6%
AUSTRALIAN KELPIE	6	5	1	83.3%
AUSTRALIAN SHEPHERD	702	577	125	82.2%
AUSTRALIAN TERRIER	17	14	3	82.4%

Fonte: <https://atts.org/>

Abaixo apresentamos evidências científicas publicadas na forma de artigos, que permitem o embasamento técnico deste capítulo.

Cabe ressaltar, que os três primeiros artigos a seguir são: Sacks *et al.* (1989, 1996 e 2000). Estes três trabalhos são a base para o *site DogsBite*, em termos de ataques de cães separados por raça no período de 1979 a 1996 (19 anos). Entretanto, o referido *website* não

considerou todas as conclusões apresentadas, mas apenas aquelas que de maneiras subjetivas abordam endurecimento legislativo, o que, em tese apoiaria as leis de banimento de raças específicas.

Sacks *et al.* (1989) levantaram e combinaram dados do *National Center of Health Statistics* e do NEXIS (arquivo eletrônico com dados de mortes registrados pela mídia e que permitem busca por palavras chaves). Foram identificadas no período de 1979 a 1988, 157 mortes causadas por ataques de cães. Dentre estas, 70% foram de crianças com menos de 10 anos de idade. Os “Pit Bulls” foram responsáveis por 42 (41,6%) das 101 mortes, nas quais a raça causadora foi relatada e três vezes mais que os Pastores Alemães. Os autores concluem que para mitigar esta situação, leis fortes de controle animal precisariam ser implantadas. Campanhas educativas em relação às mordidas de cães, educação para a posse responsável, precisariam ser criadas. E, finalizando alertaram para o potencial risco de se deixar crianças sozinhas interagindo com cães.

Sacks *et al.* (1996) estudaram a magnitude do problema de mordidas de cães em humanos nos Estados Unidos. Para tal realizaram 5238 ligações telefônicas ao acaso para famílias americanas. Assim registraram 4.494.083 de casos com uma taxa de incidência de 18 mordidas para cada 1000 habitantes (18/1000).

Entre estes 756.701 necessitaram atendimento médico com uma taxa de incidência de 3/1000. Igualmente, demonstraram que a taxa de incidências foi maior em crianças (6,4/1000) do que em adultos (2/1000). Com base nesses resultados, os autores concluíram que estratégias potenciais de prevenção deveriam ser criadas como: 1- Programas educacionais para o comportamento canino com relação às crianças. 2- Leis para regularem cães perigosos ou “viciosos”. 3- Aprimorar o programa de controle animal. 4- Criar programas educacionais regulando a posse responsável e o treinamento de cães. Entretanto, após levantarem estas questões, os autores assumiram que não acessaram estes quesitos em seu questionário nem avaliaram a eficiência de tais procedimentos.

Sacks *et al.* (2000) estudaram as raças de cães envolvidas fatalidades humanas entre 1979 e 1996 (19 anos). Os autores apontaram que cães foram responsáveis por mais de 300 mortes nos EUA, principalmente crianças. Os autores utilizaram dados catalogados pela “*The Humane Society of the United States*”. Entre 1979 e 1998, a raça conhecida como “*Pit Bull*” foi responsável por 118 mortes, seguida pelos *Rottweilers* com 67 e Pastor Alemão ficou em terceiro com 41 mortes. Entretanto, 27 raças participaram com menores números das mortes restantes. Os autores deixaram claro

que estes números são absolutos e sem o tratamento estatístico devido. Para melhor compreender o envolvimento das raças nas mortes seria preciso conhecer o número de indivíduos da raça em questão e o número de ataques fatais por ela causado. Assim, de posse destes dados, o correto seria dividir o número de ataques pelo número populacional da raça em questão. Ainda ressaltam os autores, que mesmo nos EUA fatores dificultam se chegar à realidade destes números. Apontaram também, que as *Breed Specific Legislation* - BSL (leis de banimento de raças específicas) não solucionam o problema, pois outros fatores como a posse irresponsável, falta de educação do cão e até o temperamento dos responsáveis pelos cães podem influenciar nestes casos.

Monti (2000) apresentou em uma análise da “*American Veterinary Medical Association* - AVMA”. O autor apresenta argumentos da Dra. Julie Gilchrist (médica pediatra e epidemiologista do CDC) que defende a ideia de posse responsável do animal de estimação, como base para a redução de ataques fatais, ou não, de cães aos humanos. As estratégias possuem maior probabilidade de serem eficazes se o foco for à redução de comportamentos inadequados de cães e seus responsáveis, independentemente da raça do cão. Ainda Segundo a Dra. Julie, estas medidas seriam mais eficazes do que o banimento de raças específicas. O autor também cita O Dr.

Jefrey Sacks, epidemiologista do CDC, que postula que cães de qualquer raça podem se tornar perigosos quando criados ou treinados para serem agressivos. Segundo o Dr. Sacks, ataques fatais representam uma proporção muito pequena na taxa de mortalidade do povo americano e não deveriam ser o principal fator determinante de políticas públicas em relação a cães perigosos.

Collier (2006), na Austrália, criticou as leis de banimento de raças específicas implantadas em seu país, em outros, e, questionou se elas se justificam. Desqualificou os estudos americanos por usarem números absolutos, sem considerarem os números populacionais de cada raça. O autor destacou que a mais de um século, o *American Pit Bull Terrier* tem ganhado uma reputação de raça perigosa sem real justificativa. Destacou que nas duas décadas passadas antes da publicação deste estudo ocorreram 19 mortes na Austrália e nenhuma foi causada pelo “Pit Bull”.

Delise (2007) em seu livro “Pit Bull Placebo” relatou os mitos, as políticas da agressão canina. Neste trabalho bordou tópicos importantes como: a função e a imagem dos cães no século 19; a popularidade de uma raça e sua influência na agressão; como a mídia remodelou a imagem do Pastor Alemão; o *Doberman Pincher* e seu mito de superpredador; a mídia ataca o *PitBull*; a

pseudociência e a histeria. Além desses tópicos, outros foram igualmente discutidos com excelente fundamentação e mostram como a questão da agressividade e dos ataques é multifatorial e como o sensacionalismo pode substituir o senso comum técnico. Nas suas conclusões aponta que durante os séculos, homens e cães estabeleceram uma relação importantíssima. Mas, que infelizmente, atualmente a interação entre duas espécies mais profunda e complexa da história está resumida ao axioma: raça = grau de agressividade que leva a crer erroneamente que existem raças com maior e menor grau de agressividade. A autora também destacou que os cães podem ser criados com pessoas cuidadosas que educam e são amorosas (posse responsável), e, por outro lado existem aquelas irresponsáveis que maltratam, não educam, e deseducam o cão. Destacou que o papel da mídia e de certos políticos leva a uma histeria na qual, raças são banidas e da moda são os “tipos de Pit Bulls existentes”. E finalizando apontou que a verdade por detrás de um ataque de cão raramente é investigada e isso leva a uma desinformação por parte da sociedade e induz à esta situação em que a posse responsável é prejudicada e cães que não oferecem real perigo são isolados e sacrificadas apenas com base na raça e aparência.

Duffy *et al.* (2008) apontaram que a agressão canina pode ser considerada um problema sério de saúde pública e bem estar animal. Assim, estes autores estudaram as diferenças de agressividade entre 30 raças de cães, e, utilizaram o “*Canine Behavioral Assessment Questionnaire - CBARQ*” (Questionário de Avaliação de Comportamento Canino), em uma amostra aleatória entre membros de Clubes de Cinofilia e uma amostra colhida *online*. Neste universo amostral os responsáveis pelos cães responderam os itens do questionário CBARQ. Com esse desenho amostral, os autores encontraram diferenças significativas entre as raças considerando-se a agressividade direcionada a estranhos, responsáveis legais e outros cães. Nas duas fontes amostrais oito raças foram ranqueadas de forma similar para agressão contra estranhos, cães e responsáveis, são elas: *Dachshungs, English Springer Spaniels, Golden Retrievers, Labrador Retrievers, Poodle, Rottweilers, Shetland Sheepdog e Siberian Husky*. Algumas raças demonstraram agressividade acima da média direcionada para ambos os humanos (responsáveis e estranhos) e para cães (*Chihuahhuas e Dachshunds*), enquanto outras raças demonstraram agressividade específica contra outros cães (*Akitas e Pit Bulls Terriers*). De maneira geral, a agressividade foi maior quando direcionada contra outros cães seguidos por pessoas estranhas e

membros da família. As raças mais agressivas contra humanos foram: *Dachshunds*, *Chihuahua*s e *Jack Russel Terriers* (estranhos e humanos); *Australian Cattle Dog* (estranhos) e *American Cocker Spaniels* e *Beagles* (responsáveis). Mais de vinte por cento dos *Akitas*, *Jack Russel Terriers* e “*Pit Bull Terriers*” apresentaram agressão contra outros cães. *Golden Retrievers*, *Labrador Retrievers*, *Bernese Mountain Dogs*, *Brittany Spaniels*, *Greyhounds* e *English Whippets* foram os menos agressivos contra ambos os humanos e cães. Dentre os *English Springer Spaniels*, os cães de conformação (urbanos) foram mais agressivos a humanos e cães do que os exemplares dessa raça que vivem no campo que foram mais agressivos com estranhos. O padrão oposto aconteceu com os *Labradors Retrievers*, o que sugere que dentro da raça ocorrem variações de agressividade entre linhagens genéticas indicando que um alto nível de agressão, não pode ser atribuído por si só ao processo seletivo da raça. Os autores não deixaram de apontar que as respostas do questionário são fornecidas pelos responsáveis legais e por este motivo podem ser tendenciosas, e que os resultados deste estudo precisam ser extrapolados para a realidade de forma muito parcimoniosa.

Schalke *et al.* (2008) estudaram resultados de testes de avaliação de temperamento de raças reguladas por BSL na baixa Saxônia. No

início do ano 2000, a legislação restringiu a posse de *Bull Terriers*, *American Staffordshire Terriers*, *American Pit Bulls Terriers* e mais onze outras raças (*Dorberman Pinscher*, *Rottweiler*, *Staffordshire Bull Terrier*, *Bullmastiff*, *Dogo Argentino*, *Fila Brasileiro*, *Caucasian owtsharka*, *Mastiff*, *Mastino Espanhol*, *Mastino Napoletano* e *Tosa inu*). Entre agosto de 2000 e maio de 2001, 415 cães e seus responsáveis foram estudados. As raças testadas foram: *American Staffordshire Terriers*, *Bull Terriers*, *Rottweilers*, *Dorberman Pinschers*, *Staffordshire Bull Terrier* e cães com uma ou mais misturas destas raças. Todos os cães pertenceram a apenas um dono e não tiveram contato prévio com os examinadores. Além do examinador, pelo menos mais quatro pessoas com diferentes idades, sexo e peso participaram dos testes de temperamento e tudo foi gravado em vídeo. Após um exame clínico, os cães e seus responsáveis foram avaliados considerando 21 interações possíveis no dia a dia que foram replicadas. As situações estudadas envolveram a relação entre o responsável e o cão; aproximação de pessoas estranhas; pessoas realizando movimentos abruptos e incomuns; pessoas com aparência incomum; situações nas quais o cão teve seus movimentos restritos e também de ameaça. Em seguida, outras situações que envolviam sons altos e objetos do dia a dia, como bicicletas e pessoas. Os resultados dos testes mostraram que 95%

dos cães passaram nos testes. Nos 5% reprovados os comportamentos foram associados à resposta a movimento brusco e defesa (apreensão). As conclusões apontam que não houve indicação de periculosidade em raça específica. Justificativas para leis de banimento de raças não foram encontradas.

Segundo Rossi & Gerger (2011), os responsáveis pelos cães normalmente acham que basta dar amor e carinho, para garantir que seu cão não fique agressivo. Assim, sem limites e educação os problemas de comportamento e de agressividade aparecem. Na opinião do autor com relação as leis de banimento destacamos a seguinte citação direta:

“Diante de tragédias, projetos de lei radicais são elaborados, e cogita-se a proibição da reprodução e até o extermínio de certas raças como forma de evitar novos ataques. Porém, esse tipo de projeto não parece ser a solução, uma vez que a variedade de comportamento é muito grande em cada raça, sendo que existem cães extremamente mansos nas consideradas agressivas, e extremamente agressivos em raças consideradas mansas. Portanto, como nenhuma raça canina está livre de apresentar entre seus elementos alguns agressivos, todas, em algum momento, seriam exterminadas. Acreditamos que as condutas mais eficazes são aquelas que visam educar e responsabilizar os proprietários de cães, civil e criminalmente”.

A questão da influência da falta de educação e do papel do responsável nesse processo fica mais clara ainda, quando

entendemos as variáveis que se repetem, em quase todas as fatalidades nos EUA, e que, foram estudadas por Patronek *et al.* (2013) como veremos abaixo.

Patronek *et al.* (2013) estudaram *Human dog bite-related fatalities* (DBRFs). Ataques fatais de cães à humanos (AFCH) em 256 casos fatais entre 2000-2009 nos EUA. Casos prospectivos. Procedimentos: 1- Identificação através da mídia. 2- Detalhes fornecidos por detetives de homicídios. 3- Relatórios do Controle Animal. 4- Entrevistas com os investigadores para listar os fatores e escolha das análises descritivas. Os autores identificaram sete variáveis que se repetiram na maioria dos casos estudados. Os principais fatores co-ocorrentes nos ataques fatais foram: 1- Ausência de pessoa capaz de intervir (N: 223 [87,1%]); 2- Relação com o cão incidental ou inexistente (N: 218 [85,2%]); 3- Falha do dono em não castrar o cão (N: 216 [84,4%]); 4- Inabilidade da vítima em interagir com cães (N: 198 [77,4%]); 5- Cães isolados e privados de socialização x cão de família (N: 195 [76,2%]); 6- Má gestão do cão pelo dono (N: 96 [37,5%]) e finalmente 7- Histórico de abuso e negligência do dono para com o cão (N: 54 [21,1%]). Importante frisar que para 401 cães descritos apenas pela mídia a raça diferiu em 124 (30,9%). Para 346 cães descritos pela mídia e pelo Controle Animal, a raça diferiu em 139 (40,2%). O que sugere

que considerar apenas em informações da mídia pode fazer diferença. Quatro ou mais desses fatores ocorreram em 206 (85,5%). Vinte raças de cães estiveram envolvidas nos ataques fatais. A determinação segura e válida da raça foi possível em apenas 45 (17,6%). Na maioria dos ataques fatores coincidentes e previsíveis co-ocorreram e a raça não foi um deles.

Adicione-se, ao complexo sistema de relacionamento que tem sido relatado até agora, o fato que a personalidade do responsável, e, sua variação hormonal influencia nas atividades hormonais do cão como pode ser visto abaixo.

Peterson *et al.* (2017) demonstraram que existe uma interação a nível hormonal entre os cães e seus donos. Neste experimento dez donos de cães do sexo feminino e seus cães labradores, todos machos, participaram em um experimento interativo de 60 minutos com interação ocorrendo durante 0 a 3 minutos e amostras de sangue para análise de ocitocina e cortisol foram coletadas em 0, 1, 3, 5, 15, 30 e 60 minutos. As seguintes atividades foram anotadas: os tipos diferentes (afagando, coçando, dando pequenos tapinhas) e também a frequência de toque dado pelo dono, o número de vezes o dono tocou no seu cão, a posição do cão e tempo parado em cada posição. Foram analisadas correlações entre as variáveis de comportamento e níveis basais de

ocitocina, níveis máximos de ocitocina, níveis de ocitocina delta, níveis basais de cortisol e níveis de cortisol em 15 minutos. Donos com baixos níveis de ocitocina antes e durante a interação tocaram seus cães com mais frequência. Quanto mais baixos os níveis de ocitocina dos cães durante a interação, mais afagos eles recebiam. Quanto maior a frequência de toques de ativação feita pelo dono, maiores o aumento dos níveis de cortisol dos cães. Quanto maior o nível de ocitocina dos donos, menos alterações de posição ocorreram nos cães que permaneciam sentados, e quanto maiores os níveis basais de cortisol dos donos, maior o tempo em que os cães permaneciam em pé. Os autores concluíram que os níveis de ocitocina e de cortisol, em cães e seus donos, são associados com a maneira com que os donos interagem com seus cães e também com o comportamento resultante da interação.

O NCRC (2018) atualizou os dados estudados por Patroneck e colaboradores em 2013, ressaltando que as fatalidades humanas causadas por cães são raras quando comparadas ao número de ataques e mordidas que ocorrem por ano nos EUA. Em seus resultados corroboraram o estudo anterior e relatam que quatro ou mais dos mesmos sete fatores previsíveis ocorreram em 75% dos casos estudados entre 2000 e 2015. Um total de 466 casos foram estudados. A influência das raças não foi um fator identificado

com viabilidade neste relatório e nem no de Patroneck e colaboradores em 2013, pois as fontes publicaram dúzias de raças responsáveis pelos ataques fatais. As raças mencionadas variaram frequentemente por décadas. O relatório concluiu que não são necessárias recomendações diferentes das apresentadas em 2013 e aponta que uma consistente e pró-ativa e preventiva do responsável legal pelo cão, na observação aos sete fatores de risco já apontados promovendo educação com enriquecimento da relação homem-cão. Uma relação de sociabilização com pessoas familiares aos donos pode levar ao aprendizado e condicionamento por parte do cão, de que pessoas não familiares podem não representar ameaça.

Cabe agora ressaltar o papel da genética como influenciadora na agressividade.

Segundo Palumbo (2018), experiências aversivas podem induzir mudanças estáveis no DNA sem modificar sua sequência num mecanismo conhecido como epigenética. Experimentar eventos aversivos em fases importantes como a pré-natal, infância e início da adolescência podem introduzir marcas epigenéticas que podem afetar o processo de maturação cerebral, favorecendo o aparecimento de disfunções comportamentais como a agressividade quando na fase adulta. A genética comportamental

e a epigenética colocaram uma nova visão sobre a interação entre genes e ambiente, fornecendo uma nova ferramenta para compreender os eventos moleculares que estão por trás da agressão. No geral, as descobertas a partir desses estudos carregam implicações importantes não só para a neurociência, mas também para ciências sociais, incluindo ética, filosofia e direito.

Faremos agora as considerações sobre a literatura acima apresentada. Exemplificamos, principalmente através dos EUA que o *site* DogsBite.org oferece apenas dados brutos e com falhas no desenho amostral, pois não considera os dados populacionais de cada raça, mas apenas o número de ataques das raças. Informamos que este *website* é o mais citado por legisladores para justificação de leis. Este *website* cita como principais fontes três artigos: Sacks *et al.* (1989, 1996 e 2000). Estes estudos trabalharam com números absolutos que são usados pelo *site* para os períodos de 1979 a 1988 e depois de 1979 a 1998. Os autores reconhecem que trabalharam com dados brutos e ressaltam a importância de que se tivessem dados populacionais de cada raça, e da dificuldade de se obter dados desta amplitude. Quando concluem, sugerem medidas mitigadoras, como educação para os responsáveis e para os cães e a valorização da posse responsável, mas também falaram

em leis mais rígidas. Isto bastou, para que apenas esta informação subjetiva, fosse repetida pelo DogsBite.org ao longo dos tempos até a atualidade.

Todos os outros trabalhos científicos produzidos, que trataram de comportamento canino, e, acidentes com pessoas aqui citadas foram e continuam sendo ignorados completamente pelo *website* DogsBite. O próprio DogsBite atualmente já lista 41 raças envolvidas em ataques fatais.

Cabe ressaltar que o doutor Sacks é do Centro de Controle de Doenças (CDC), e que, não produz mais relatórios separando as mortes causadas por ataques de cães, por tipologia racial.

Na verdade, o Doutor Sacks publica atualmente trabalhos junto com veterinários. E destacamos o trabalho de Patroneck e colaboradores, produzido em 2013 que tem como um dos autores o Doutor Sacks. O artigo apresentou as sete variáveis que se repetem em 256 casos fatais de ataques de cães a seres humanos independente da raça. Nesta época, 20 raças foram relacionadas aos ataques. Ou seja, fica claro que matar é uma capacidade que não é exclusiva do APBT. Todas elas estão diretamente relacionadas a irresponsabilidades das pessoas, e, não às raças caninas. O potencial perigo está no porte e peso do cão, e não

necessariamente na sua raça. Cães a partir de 20 quilos podem produzir lesões graves. A posse responsável com o respeito ao cão como espécie, ou seja, um *Canis familiaris* com 99,9% de similaridade genética com um *Canis lupus* (lobo cinzento), espécie que deu origem ao cão doméstico (Horowitz, 2014). Ter um cão não é acrescentá-lo a sua família, mas sim, transformar sua família em uma matilha.

Discussão e inferências

Assim, atribuir fatalidades humanas ou de outros animais menores exclusivamente a uma tipologia racial é um grande erro técnico. Criar leis banindo raças é uma atrocidade! Uma coisa terrível! É cúmulo do mau trato, e, que passa longe da causa do bem estar animal. Este é um problema de educação humana e canina principalmente! Na genética, o genótipo define as variações de personalidade e do instinto já o fenótipo é o resultado da interação do cão o meio ambiente em que vive e com as impressões (*imprints*) que recebeu no primeiro ano de vida mediados pela epigenética! Normalmente o cão da moda é o mais utilizado por muitas pessoas, e, é claro, também por irresponsáveis e ou pessoas que antropomorfizam o cão cobrindo-o de mimos, o que também pode gerar problemas de

comportamento e gerar acidentes graves, pois malcriação de cachorro, não é xingamento, e sim, rosnado e/ou mordida.

E finalmente a figura 7, que nada mais é, do que todas as conclusões do trabalho de Sacks e colaboradores de 2000, tão utilizado para defender o banimento de raças específicas pelo DogsBite e por políticos.

Figura 7 – Conclusões do trabalho de Sacks e colaboradores de 2000.

Conclusions—Although fatal attacks on humans appear to be a breed-specific problem (pit bull-type dogs and Rottweilers), other breeds may bite and cause fatalities at higher rates. Because of difficulties inherent in determining a dog’s breed with certainty, enforcement of breed-specific ordinances raises constitutional and practical issues. Fatal attacks represent a small proportion of dog bite injuries to humans and, therefore, should not be the primary factor driving public policy concerning dangerous dogs. Many practical alternatives to breed-specific ordinances exist and hold promise for prevention of dog bites. (*J Am Vet Med Assoc* 2000;217:836–840)

<https://www.dogsbite.org/pdf/1979-1998-breeds-dogs-involved-in-fatal-human-attacks-us.pdf>

Considerando que a figura acima é do principal artigo que embasa as conclusões do DogsBite para defender e propagar as BSL, faremos uma citação direta:

“Embora ataques fatais pareçam estar relacionados a um problema de raças específicas (tipo *pit-bull* e *Rottweilers*), outras raças podem morder e causar

fatalidades em altas taxas. Por causa das dificuldades inerentes a se identificar uma raça canina com certeza, o endurecimento de leis para raças específicas, trazem à tona questões práticas constitucionais. Ataques fatais representam uma pequena proporção nas injúrias causadas por mordidas de cães em humanos, e, portanto, não deveria ser o primeiro fator a direcionar políticas públicas relativas a cães perigosos. Muitas práticas alternativas a leis para raças específicas existem e prometem resultados para prevenção de mordidas de cães”.

Até a principal prova usada pelo *website* DogsBite.org, contradiz completamente suas afirmações. E o pior é que políticas públicas na forma de leis absurdas têm passado, no mundo inteiro, com base nestes dados. Isto é muito grave. Tal absurdo, beira ao que chamaremos aqui de racismo canino, e, ao preconceito com base em medo e desinformação.

Após exemplificar com os EUA, a situação dos cães vulneráveis às BSLs, vejamos o que acontece aqui no Brasil atualmente.

A demonização dos PitBulls, permanece sendo alimentada pelos meios de comunicação, com repercussões negativas. Na maioria das vezes os fatos são relatados de forma injusta e falaciosamente, a exemplo do recente e lamentável incidente ocorrido na Zona Sul de São Paulo, em 25 de dezembro de 2019, pelo qual um menino com a idade de 10 anos veio a óbito, após haver “pulado o muro

de acesso a um terreno, em busca de uma pipa”, ocasião na qual fora atacado por 6 cães.

Imediatamente as redes sociais compartilhavam o que era noticiado pelas rádios e TVs, sendo unânime a falaciosa e deturpada notícia de que o menino havia sido atacado por 6 cães da raça Pit-Bull. Exemplos clássicos que alimentam a criminologia midiática (figuras 8-11). Cabe ressaltar aqui, que as afirmações na mídia vieram antes de qualquer parecer técnico do Centro de Controle de Zoonoses ou de qualquer outro órgão competente para identificar a tipologia racial dos cães envolvidos na tragédia.

Figura 8- *Print screen* do exemplo de informação que alimenta a criminologia midiática.



Fonte:

<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/12/25/inter-na-brasil,816528/crianca-de-9-anos-morre-sao-paulo-apos-ser-atacada-por-seis-pitbulls.shtml>

Apenas no dia seguinte a esta trágica fatalidade, em matéria editada pelo O Globo, em 26 de dezembro de 2019, foi dada a verdadeira versão aos fatos.

A matéria esclareceu que:

“A diretoria de divisão de Vigilância de Zoonoses esteve no local na tarde desta quinta-feira (26) para resgatar os animais. Em nota, a Coordenadoria de Vigilância em saúde (COVISA) afirma que os profissionais entraram no terreno com a ajuda da Polícia Militar, Polícia Ambiental e a equipe do Canil da Guarda Civil Metropolitana (GCM), onde havia três corpos de animais Sem Raça Definida (SRD) abatidos pela PM, e outros três cães com vida (1 *Rotweiler* e 2 SRD). Os animais foram removidos pela equipe da DVZ” (figura 9).

Figura 9- *Print screen* de informação que alimenta a criminologia midiática.



Fonte: <https://www.metropoles.com/brasil/crianca-de-10-anos-morre-apos-ataque-de-seis-pit-bull-em-sp>

Cabe notar, que nenhuma referência ao engano na identificação da tipologia racial dos cães agressores, foi feita por parte da mídia deste jornal. Muito menos foi camada a atenção, para o potencial lesivo dos cães SRDs envolvidos no sinistro. Ou seja, cães SRDs em determinadas circunstâncias também podem ser tão letais quanto cães de raça.

Figura 10- *Print screen* de outro exemplo de informação que alimenta a criminologia midiática.

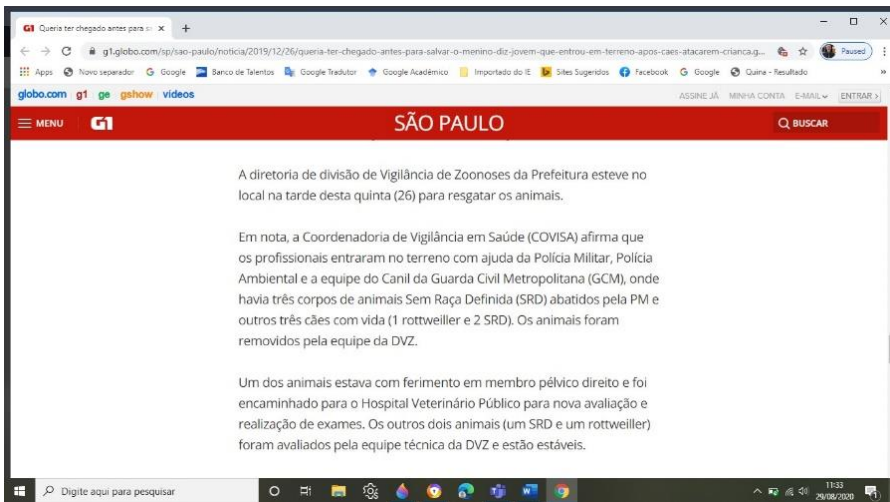


Fonte: <https://oglobo.globo.com/brasil/garoto-de-10-anos-morre-ao-ser-atacado-por-caes-pitbull-em-sp-24158457>

Entretanto, em que pese a notícia veiculada pelo jornal “O Globo”, comprovando não ter havido a participação de cães da raça Pit-Bulls na ocorrência no dia 27 de dezembro, o R7 ainda permaneceu

na linha de notícias sensacionalistas e falaciosas sobre o caso, distorcendo ainda mais os fatos ao informar que o incidente envolveu quatro cães da raça Pit-Bull, um Rotweiler e um sem raça definida- SRD (figura 11).

Figura 11- Print screen de informação que alimenta a criminologia midiática.



Fonte: https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/12/26/queria-ter-chegado-antes-para-salvar-o-menino-diz-jovem-que-entrou-em-terreno-apos-caes-atacarem-crianca.ghtml?fbclid=IwAR0Sipe6HwXM2t2_BbkyQEROrXg5bT4CXZTUBW9FdjD-SnzLip9GRysdLBM

Tal erro somente reforça a irresponsabilidade e a falta de integração das informações propagadas pela mídia de maneira geral quando o assunto se trata de fatalidades humanas ocasionadas por ataques de cães.

O material apresentado acima deixa claro que está instalada uma “Pitbullfobia” alimentada pela mídia.

Em 24 de novembro de 1999, o Senador Antônio Carlos Magalhães, apresentou ao Congresso Nacional, a edição do Projeto de Lei - PL 2143-A, objetivando disciplinar o registro genealógico de cães e a identificação especial de cães perigosos, entre outros.

Pendente de regulamentação pelo prazo de 90 dias (art. 12) foram apensamentos vários PLs, sustentados pelo recrudescimento dos incidentes causados entre cães e humanos, sob a justificativa de um clamor público então causado pela veiculação de notícias na mídia sobre estes fatos.

Submetido a Comissão de Agricultura e Política Rural, e sob a relatoria do deputado João Grandão, em 18 de maio de 2000, em seu relatório, contribuiu com importantes considerações ao PL 2143-A/1999.

Em breve síntese foi mencionado que o art. 2º, “estabelece a livre criação e reprodução de quaisquer raças de cães em todo território nacional”.

Prosseguiu em suas considerações, mencionando “que os PLs apensados eram tendenciosos, contrapondo-se à tendência de se

proibir a criação de determinadas raças, como a do Pit-Bull, por exemplo”.

Acrescentou que o art. 10,

“proíbe a propaganda ou os anúncios que façam referência à ferocidade de cães de qualquer raça, bem como a associação dessas raças com imagem de violência ou adestramentos para finalidades perversas”.

Em seu voto o relator mencionou que:

“Os recentes ataques de cães, que, em alguns casos, resultaram na morte de pessoas inocentes, despertaram, na opinião pública nacional, a consciência de se normatizar adequadamente a criação e a posse desses animais.

Surgiram, assim, nos âmbitos federal, estadual e municipal diversos projetos de lei que visam cumprir tal objetivo.

Entretanto a maior parte destes projetos foi elaborada sob um clima emocional, o que acabou por resultar em instrumentos jurídicos parciais, ineficazes e sem fundamentação científica.

Muitos deles destinam-se exclusivamente a extinguir as raças específicas de cães, tais como Pit-Bull e Rotweiler, deixando de lado o tratamento de diversas outras raças potencialmente perigosas de cachorros”.

Argumentou sobre a posse irresponsável, permanecendo incisivo em dois aspectos de suma importância, ou seja:

“(…) boa parte dos projetos já apresentados ou aprovados são incapazes de resolver o problema em pauta, já que a extinção do Pit-Bull e do Rotweiler, ou

de qualquer outra raça específica não impedirá a repetição de novos ataques”;

E acrescentando ainda,

“(…) é preciso colocar em relevo que a caracterização do Pit-Bull e do Rotweiler, ou de cão de qualquer outra raça, como cães que demonstram inexoravelmente propensão ao ataque injustificado, carece de fundamentação científica pertinente”.

Com efeito, o PL 2143-A /1999, com os demais PLs apensados, foi considerado pelo relator em maio de 2000, eivado de deficiências insanáveis, por “não exequível e excessivamente centralizador”, decidindo a Comissão por elaborar Substitutivo - PLs 73/1999.

O que se vê demonstrado é que desde o início a carência de fundamentação científica pertinente já havia sido observada como um fator de grande relevância à matéria, não suprido até a presente data.

Diga-se de passagem, que em recente pesquisa - e mail e site da Câmara dos Deputados - constatou-se que as pessoas integrantes das Comissões Parlamentares que participaram do PL 2143-A/1999 já são falecidas, ou encontram-se inelegíveis até o momento, fator negativo a resposta social à tão relevante questão, não obstante o decurso de duas décadas.

No que tange ao PL Substitutivo, - o 73/1999 - se alastrou e num sucedâneo, vem causando os já apontados efeitos pela ausência de fundamentação científica pertinente. Além disso, a ele se acha acrescido das mesmas consequências resultantes da inatividade dos políticos que integraram as Comissões Parlamentares, além da agravante do decurso de tempo.

Em sequência cronológica aos fatos, a Lei Ordinária de nº 3.205/1999 e 3.207/1999 foram editadas pela Lei nº 4.597 de 16 de setembro de 2005, sendo esta última revogada, permanecendo a Lei 3.205/1999 intitulada como “Lei do Pit-Bull, copiada e replicada até os dias atuais.

Este conjunto de características negativas relacionadas aos acidentes que envolvem cães e humanos, quando divulgadas e compartilhadas socialmente, vem surtindo efeitos catastróficos causados por este estereótipo, que de forma significativa interfere, negativamente, na construção de uma criminologia cautelar midiática, por não se apegar a dados da realidade. Zaffaroni em 2012 adverte que:

“Assim como não podemos encastelar na criminologia acadêmica ignorando a que lida cotidianamente com a média da população e dos políticos, através da construção social (midiática) da realidade, tampouco podemos nos alegrar como espectadores distantes e cair na impotência,

postulando que a construção midiática cria tudo, que a realidade desapareceu, que os meios de comunicação de massa destroçaram a realidade a tal ponto que nada mais existe e que tudo é completamente virtual”.

E acrescenta:

“Cada criminologia acadêmica permite deduzir uma política ou, mais precisamente, é expressão ou tem idoneidade como base ideológica de um programa político, de uma ação do poder, isso por não falar da criminologia midiática, que é puro poder de construção de realidade (...)

O político não contamina o científico, mas sim o torna sincero e permite arranhar a realidade muito mais de perto”. (grifamos).

Normalmente registra-se que os acidentes envolvendo cães e humanos ocorre com maior frequência com crianças e idosos. Tais circunstâncias favorecem maior veiculação pela mídia, à qual de forma sensacionalista vende suas matérias dando ênfase a ferocidade do animal, não dando qualquer relevância a posse irresponsável de tutores e condutores.

Com efeito, a sociedade é influenciada pelos aspectos negativos dos quadros apresentados, os quais, muitas das vezes, se resumem em episódios de morte.

Conseqüentemente, não é incomum ver estes animais sendo abatidos durante ou logo após a ocorrência dos ataques, o que na

maioria das vezes é injusto. Entretanto, a fase de persecução penal carece de uma investigação direcionada, a que se apure de fato a ausência de cautela do responsável legal, temporário ou condutor desses cães. Ressalte-se que, ao se aferida esta responsabilidade o que na prática - frequentemente tem ocorrido - é a impunidade ou, em âmbito de punição, outra coisa não ocorre, senão o enquadramento do fato em “infração de menor potencial ofensivo”.

Os ataques de cães e o meio ambiente estão diretamente relacionados.

O ordenamento jurídico brasileiro prevê o direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado como um direito fundamental. A regra encontra-se insculpida no art. 5º § 2º da CF/88, permitindo a identificação de um direito fundamental fora do Título II. Além disso, reconhece direitos implícitos, ou seja, aqueles subentendidos de um direito ou um princípio expressamente positivado.

Entretanto, em obediência ao princípio da solidariedade em relação aos que estão por vir, o direito fundamental de terceira geração apresenta-se no artigo 225 da Carta Magna, como também um direito das futuras gerações.

Registre-se, a manifestação do Supremo Tribunal Federal sobre referida matéria. Vejamos.

“Direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado: a consagração constitucional de um típico direito de terceira geração” (RTJ 155/206).

Oportuno dizer como um direito inviolável por quem quer que seja, até porque a intenção do legislador teve como substrato a obrigatoriedade de proteção ambiental expressa em lei de proteção ambiental, estampada no art. 225 da Constituição Federal, ou seja, o Poder Público e a coletividade devem assegurar a todos a efetividade do direito ao meio ambiente sadio e equilibrado.

Apesar da consagração desses direitos, percebe-se que a efetiva aplicação das normas ambientais, não o garante como um direito humano fundamental, fazendo-se necessário que o Estado desenvolva ações que contribuam para a garantia desse direito.

Tem-se que o aparato legislativo nem sempre é suficiente, para a aplicação dos princípios que norteiam o Direito Ambiental, e suas normas de proteção, principalmente em se tratando de direitos fundamentais de terceira geração, no qual, estão embutidos os direitos dos animais.

No Brasil quais seriam as soluções? Educar o povo e os políticos sobre Cinologia e prevenção de acidentes? Esta poderia ser uma solução de longo prazo?

E nos EUA, onde o problema é mais grave, e as restrições à posse responsável dos cães são mais dificultadas pelas BSLs, como as coisas podem eventualmente mudar?

Dois grandes exemplos foram a cidade Lakewood no estado de Ohio e Denver no Colorado.

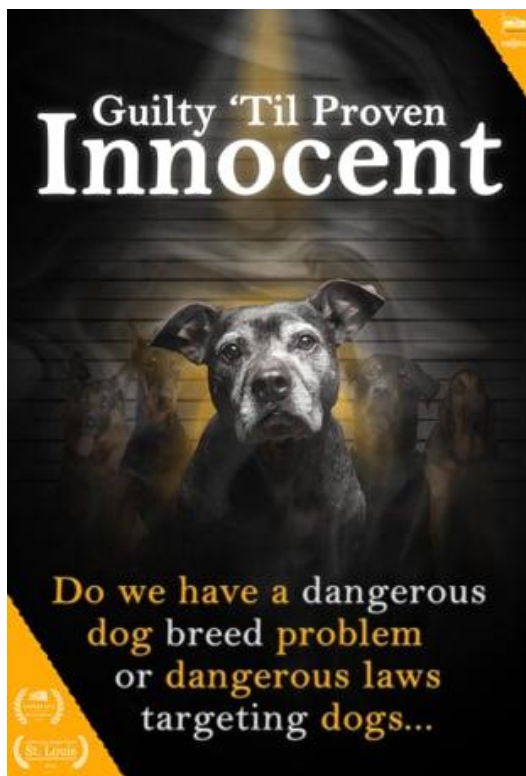
No caso de Lakewood, o documentário: “Culpado até provar sua inocência” (Figura 12) que ilustra o início da lei de banimento dos “Pit Bulls” em 2008, até a sua revogação através do convencimento dos legisladores por meio de fatos científicos apresentados em artigos publicados.

Para mantermos a integridade do texto faremos uma citação direta de (<https://vimeo.com/ondemand/guiltytilproveninnocent>):

“Temos um problema perigoso de raça de cachorro ou leis perigosas contra cães ...

...durante as décadas de 1980 e 90, certas raças ou tipos de cães - nomeadamente cães "pit bull", foram alvo da legislação, espalhando-se como um incêndio em todos os EUA e em todo o mundo, designados por Breed Specific Legislation (BSL). Essas leis restringiam ou proibiam a propriedade de tais cães”.

Figura 12- Documentário “Culpado até provar sua inocência”.



Fonte: <https://vimeo.com/ondemand/guiltytilproveninnocent>

Recentemente, os conselheiros do condado de Denver no Colorado acabaram com 30 anos de banimento de “Pit Bulls”. Entretanto, o Prefeito do Partido Democrata Michael Hancock vetou a decisão da maioria. Assim, os autores do projeto aprovado e vetado, criaram outro que levou a questão para o pleito de 11/2020, que reverteu o veto do prefeito (Figura 13).

Figura 13- *Print screen* da mídia “thedenverchannel.com”.

Denver voters overwhelmingly pass ballot measure to repeal pit bull ban



Fonte: <https://www.thedenverchannel.com/news/election-2020/denver-voters-overwhelmingly-pass-ballot-measure-to-repeal-pit-bull-ban>

Restou demonstrado que as leis de banimento de raças são absurdas, injustas, sem respaldo técnico, e que, a tendência é que sejam revogadas até nos lugares onde existe mais preconceito, E no Brasil? Quem pode ou DEVE mudar esta situação? Alguém sabe? A lei 14.064/2020, conhecida como “Sansão” teve como ícone um “Pit Bull”, que foi vítima de crueldade exatamente devido ao ódio propagado pela desinformação, por leis absurdas e pela mídia irresponsável. Aproveitamos para pontuar, que a referida lei carece de regulamentação, e, pode ser mais lesiva do que benéfica com a redação atual. Quais são os atores sociais que

devem interferir? Isto veremos em ações futuras... estamos apenas começando.

Referências

ANIMAL FARM FOUNDATION. **Help Fight “Pit Bull” Bans**. P.O. Box 624 Bangall, NY 12506 845.868.7559. c2020. Disponível em < <https://animalfarmfoundation.org/>>. Acesso em 10 set.2020.

A AMERICAN TEMPERAMENT TEST SOCIETY.P.O. Box 591297 Houston, TX 77259. c1999-2020.Disponível em <<https://atts.org/>>. Acesso em 10 set.2020.

BRADSHAW, J. Dog sense how the new science of dog behavior can make you a better friend to your pet. **Library of Congress Cataloging-in-Publication Data**. 2011, E-Book. 353p.ISBN 978-0-465-02348-6.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Presidência da República. Casa Civil. Disponível em :http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 02 nov.2020.

BRASIL. **Projeto de Lei nº. 2 143-A**. (1999A). Câmara dos Deputados. Senado Federal. Disponível em : < <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=17700>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei nº. 73/1999** (1999B) Câmara dos Deputados. Senado Federal. Disponível em : < <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=17700>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

BRASIL. Lei Ordinária nº. 3.205 de 09 de abril de 1999. Dispõe sobre a importação, comercialização, criação e porte de cães da raça Pit bull, e dá outras providências. (1999C). Disponível em: < <http://www.leisestaduais.com.br/rj/lei-ordinaria-n-3205-1999-rio-de-janeiro-dispoe-sobre-a-importacao-comercializacao-criacao-e-porte-de-caes-da-raca-pitt-bull-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 10 out.2020.

BRASIL. Lei Ordinária nº. 3.207, de 12 de abril de 1999(1999D). Dispõe sobre a proibição e permanência de animal feroz em locais públicos e de uso comum e dá outras providências (1999A). Disponível em: < <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/299c4a51fb6bc6de032567520045593a?OpenDocument>>. Acesso em:10 set.2020.

BRASIL. Decreto nº 37.921, de 05 de julho de 2005. Regulamenta as Leis Estaduais números 3.205 de 09 de abril de 1.999 e 3.207 de 09 de abril de 1.999, estabelecendo regras de segurança para a permanência e a movimentação responsável de animais ferozes em locais públicos (2005A). Disponível em:< <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/86249/decreto-37921-05>>. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL. Lei nº 4.597 de, 16 de setembro de 2005. Altera dispositivos da Lei 3.205 de 09 de abril de 1.999, revoga a Lei nº 3.207 de 12 de abril de 1.999.(2005B). Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/34bb640c826eae8325708a00747884?OpenDocument>>. Acesso em: 10 set. 2019.

BRASIL. Tribunal Regional Federal da 3ª Região. Apelação Criminal nº 0003690-76.2013.4.03.6106/SP. 2013.61.06.003690-0/SP. São Paulo 20 set.2017. Disponível em:<

<http://web.trf3.jus.br/acordaos/Acordao/BuscarDocumentoGedpro/6236674>>. Acesso em 25 out.2020.

BRASIL. **Lei nº. 14.064 de, 29 de setembro de 2020.** Altera a Lei nº.9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.064-de-29-de-setembro-de-2020-280244746>>. Acesso em 10 out.2020.

COLLIER, S. Breed-specific legislation and the pit bull terrier: Are the laws justified? **Journal Veterinary Behavior Clinical Applications and Research**. Vol 1, No 1, July/August 2006. doi:10.1016/j.jveb.2006.04.011

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE CINOFILIA. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em <<https://www.cbkc.org/>>. Acesso em 30 out.2020.

CORREIRO BRASILIENSE. **Criança de 9 anos morre em São Paulo após ser atacada por seus pitbulls.** Publicação Online. 25 dez. 2019. Disponível em< <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/12/25/interna-brasil,816528/crianca-de-9-anos-morre-sao-paulo-apos-ser-atacada-por-seis-pitbulls.shtml>>. Acesso em 20 jan. 2020.

Criança de 10 anos morre após ataque de seis pit-bulls em SP. **METRÓPOLES**. On line.Publicado em 26 dez 2019. Disponível em< <https://www.metropoles.com/brasil/crianca-de-10-anos-morre-apos-ataque-de-seis-pit-bull-em-sp>>. Acesso em 10 jan. 2020.

DANTAS, A. F. **A responsabilidade do dono ou do detentor por fatos de “pit bull” no Rio de Janeiro** (2013). Disponível em: <<https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-civil/responsabilidade-do-dono-ou-do-detentor-por-fatos-de-pitbull-no-rio-de-janeiro/>> Acesso em: 17 out. 2019.

DELISE, K. **The Pit Bull Placebo: The Media, Myths and Politics of Canine Aggression**. Paperback 209 pages. E Book. Published July 1st 2007 by Anubis Pub. English. Ed. Kindle. ISBN 0972191410.

Denver voters overwhelmingly pass ballot measure to repeal pit bull ban. The Denver Chanel.com. Disponível em: <<https://www.thedenverchannel.com/news/election-2020/denver-voters-overwhelmingly-pass-ballot-measure-to-repeal-pit-bull-ban>>. Acesso em 13 nov 2020

DICKEY, B. Pit Bull. The battle over an American icon. **Vintage Books Trade Paperback**. 2016. 425p. ISBN 978-0-307-96177-8.

DOGSBITE. ORG. 2018. **13 Year U. S. Dog Bite Fatality Chart - 2005 to 2017**. Lynn Media Group. EUA. c. 2007-2020. (2018A) Disponível em: < <https://www.dogsbite.org/dog-bite-statistics-multi-year-fatality-report-2005-2017.php> > Acesso em 08 nov.2019.

_____ **14 Year U. S. Dog Bite Fatality Chart - 2005 to 2018**. Lynn Media Group. EUA. c. 2007-2020. (2018B). Disponível em: < <https://www.dogsbite.org/dog-bite-statistics-multi-year-fatality-report-2005-2017.php> > Acesso em 08 nov.2019.

DUFFY, D. L. *et al.* Breed differences in canine aggression. **Applied Animal Behavior Science**. 2008. Elsevier B.V. All rights reserved. doi:10.1016/j.applanim.2008.04.006. (144). 441-460.

Garoto de 10 anos morre ao ser atacado por cães pitbull em SP. **O GLOBO São Paulo**. Publicado em 26 dez. 2019. Disponível em : <<https://oglobo.globo.com/brasil/garoto-de-10-anos-morre-ao-ser-atacado-por-caes-pitbull-em-sp-24158457>>. Acesso em 10 jan. 2020.

GONÇALVES, F. **G1 SP e TV Globo. São Paulo.** Queria ter chegado antes para salvar o menino, diz jovem que entrou em terreno após cães atacarem a crianças. Publicado em 26 dez. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/12/26/queria-ter-chegado-antes-para-salvar-o-menino-diz-jovem-que-entrou-em-terreno-apos-caes-atacarem-crianca.ghtml?fbclid=IwAR0Sipe6HwXM2t2_BbkyQERQrXg5bT4CXZTUBW9FdjD-SnzLip9GRysdLBM>. Acesso em 12 jan.2020.

Guilty 'Til Proven Innocent. E Book. 1 hora 51 min.c2020.EUA.English. sem leg [s.d]. Disponível em: <<https://vimeo.com/ondemand/guiltytilproveninnocent>>. Aceso em 14 out.2020.

HOROWITZ. A. **Domestic Dog Cognition and Behavior.The Sientific Study of *Canis familiaris*.** 2014. Springer Heidelberg,New York, Dordrecht London.279PP.

MONTLD,J.Responsible ownership the alternative to breed banning, other restrictions.**JAVMA News. American Veterinary Medical Association.** 15 nov 2000. c2019.Disponível em:<https://www.avma.org/News/JAVMANews/Pges/s111500.c.aspx?PF=1>. Acesso em: 22 out.2020.

NATIONAL CANINE RESEARCH COUNCIL: A Research & policy think tank. UPDATE: Dog bite-related fatalities in the United States, 2000-2015: Previously identified potentially preventable ownership factors co-occur, 2018. Disponível em: <<https://www.nationalcanineresearchcouncil.com/injurious-dog-bites/dog-bite-related-fatalities>>. Acesso em 03 nov.2020.

PALUMBO, S. *et al.* Genes and Aggressive Behavior: Epigenetic Mechanism Underlying Individual Suscetibility to Aversive Enviroments. **Frontiers in Behavioral Neuroscience.** Vol 12, Article 117. Published: 13 June 2018. doi:10.3389/fnbeh.2018.00117

PATRONECK, G. J. *et al.* Co-occurrence of potentially preventable factors in 256 dog bite-related fatalities in the United States (2000-2009). **JAVMA Journal of the American Veterinary Medical Association**. 15.1726-1736. Vol 243, No 12, December 15, 2013.

PETERSSON, M. *et al.* Oxytocin and Cortisol Levels in Dog Owners and Their Dogs Are Associated with Behavioral Patterns: An Exploratory Study. **Frontiers Psychology** 2017 Oct 13; 8: 1796. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01796. e Collection 2017. Bethesda, EUA. doi: 103389/fpsyg.2017.01796.

ROSSI, A. & GERGER, A. *Cão de Família*. **Editora Nova Fronteira. Participações S.A.** 2011. 392p. ISBN 978-85-220-1512-2.

SACKS, J. J., *et al.* Dog Bite-Related Fatalities From 1979 Through 1988. **The Journal of the American Medical Association**. **JAWA**, September 15, 1989. c1989. Vol 262. No 11 1489-1492.

SACKS, J. J. *et al.* Dogs Bites: How Big a problem? Injury Prevention. **National Center for Injury Prevention and Control, US Department of Health of human Service, Centers of Disease Control AND Prevention**, Atlanta, Georgia, Division of Unintentional Injury Prevention. 1996. No 2: 52-54.

SACKS, J. J., *et al.* Breeds of dogs involved in fatal human attacks in the United States between 1979 and 1998. **American Veterinary Medical Association JAVMA**. vol 217. September 15, 2000. No 6: 836-840.

SCHALKE, E. Is breed-specific legislation justified? Study of results of the temperamento test of lower Saxony. **Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications and Research**. 2008.3,97-103. doi:10.1016/j.jveb.2007.10.004.

STRATON, R. F. **ALL ABOUT THE AMERICAN PIT BULL TERRIER WITH RICHARD F. STRATTON**. Direção Zake Dickson. Produção Zake Dickeson. EUA:2016 (36 min, son, color,

inglês, sem legenda). Disponível em https://www.youtube.com/results?search_query=ALL+ABOUT+THE+AMERICAN+PIT+BULL+TERRIER+WITH+RICHARD+F.+STRATTON. Acesso em 25 out.2020.

ZAFFARONI, E. R. **A palavra dos mortos. Conferências de Criminologia Cautelar.** São Paulo, 2012.537 p. (Coleção Saberes Críticos). Bibliografia: p. 26. ISBN978-85-02-17960-8.

Sobre os autores

Dulcinéa Peixoto Nelson

Graduada em Direito pela Sociedade Barramansense de Ensino Superior – SOBEU (1986), possui extensão de formação em Educação Inclusiva pela Vindas Educação Internacional pela Escola Piaget em Portugal (2013). Pós Graduada em Álcool e Drogas pela Centro Universitário Salesiano de São Paulo UNISAL/CAMPINAS (2015), Especialista em Direito e Saúde pela Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Departamento de Direitos Humanos e Diversidade Cultural DISH/ENSP/FIOCRUZ (2018), mestranda do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras (UNIV). Exerce atualmente advocacia, com maior ênfase em Direito Criminal e Defesas em Tribunal do Juri.

Alexandre Ururahy-Rodrigues

Biólogo pela Faculdade de Biologia e Psicologia Maria Thereza (1986), Mestrado em Ciências Biológicas, modalidade Biologia Animal, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002) e Doutorado Ciências Biológicas, modalidade em Entomologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2008). Sócio fundador da Associação Brasileira de Antropologia Forense-ABRAF. Perito Judicial. Adestrador. Atualmente, trabalha Na Universidade de Vassouras como Professor Adjunto no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, como Pesquisador colaborador no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Capítulo 2 - Ergonomia no ambiente de trabalho de desenvolvimento de software no contexto de *home office*

Autores: David Caravana de Castro Moraes Ricci; Marco Antônio Pereira Araújo

Resumo: No Brasil, a ergonomia e segurança no ambiente de trabalho não estão presentes como requisitos na formação acadêmica de desenvolvedores, mantenedores e administradores de software. As resoluções que descrevem os requisitos mínimos para garantir que um engenheiro ou um desenvolvedor de software possa ser qualificado em sua área não incluem a ergonomia, aulas de postura ou de posicionamento apropriado. Isso faz com que a grande maioria dos profissionais atuantes na produção de soluções e desenvolvimento de soluções baseadas em tecnologia de informação e comunicação tenha problemas crescentes com lesões laborais e comorbidades. Propõe-se uma pesquisa descritiva de campo, de cunho qualitativo, acerca dos conhecimentos de ergonomia no ambiente de trabalho dos desenvolvedores de software, atuantes em modalidade home office, envolvendo a análise das condições do ambiente de trabalho ao computador. Serão realizados pré-testes com desenvolvedores brasileiros atuantes em empresas que

desenvolvem software em ambiente home office. Um aplicativo com dicas de ergonomia referentes ao ambiente de trabalho servirá de apoio ao desenvolvedor de software no seu ambiente laboral, que poderá controlar suas pausas de trabalho por meio de um sistema de alarmes. Um pós-teste possibilitará a avaliação de quanto seu uso o auxiliou no exercício de sua prática laboral.

Palavras-chave: ambiente de trabalho; ergonomia; desenvolvedor de software; Home office.

Introdução

A palavra ergonomia, ou a “ciência do trabalho”, é derivada da palavra grega *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis). O site da *International Ergonomics Association* (IEA) define ergonomia como: Ergonomia (ou fatores humanos) é a disciplina científica que se preocupa com a interação de humanos com outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica a teoria, princípios, dados e métodos para otimizar o bem estar humano e a performance do sistema de maneira geral (IEA, 2020).

A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) define a Ergonomia como sendo o estudo da adaptação do trabalho às características fisiológicas e psicológicas do ser humano. Essa

também a classifica em três grandes campos, a Ergonomia física, que está relacionada com características da anatomia humana, ou seja, postura, manuseio de materiais, movimentos, distúrbios musculares e outros. A Ergonomia cognitiva, que tem um foco nos processos mentais, como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, entre outros. E, finalmente, a Ergonomia organizacional que tem um foco na otimização de sistemas sociotécnicos, como estruturas organizacionais, políticas e processos, seu enfoque está mais no gerenciamento de recursos, projetos, organização do tempo de trabalho, trabalhos em grupo e outros (ABERGO, 2020).

Para que essas regras sejam seguidas e aplicadas no contexto brasileiro, uma norma regulamentadora foi desenvolvida, denominada Norma Regulamentadora 17 (117.000-7), doravante, NR17. Ela tem como objetivo, de acordo com o ministério do Trabalho e emprego, “estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.” (BRASIL, 2018, n. p.).

No Brasil, a ergonomia e segurança do trabalho não estão presentes como requisitos na formação acadêmica de

desenvolvedores, mantenedores e administradores de software. As resoluções que descrevem os requisitos mínimos para garantir que um engenheiro ou um desenvolvedor de software possa ser qualificado em sua área, listadas pelo Ministério da Educação, não incluem a ergonomia, aulas de postura ou de posicionamento apropriado, ou das noções de ambiente construído, como luminosidade, controle de temperatura e do isolamento sonoro. Isso faz com que a grande maioria dos profissionais atuantes na produção de soluções e desenvolvimento de soluções baseadas em tecnologia de informação e comunicação tenha problemas crescentes com lesões laborais e comorbidades, como as Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). Relatam, ainda, Viegas *et al.* (2016) que, no território brasileiro, entre os anos de 2011 e 2013, as LER e DORT representavam o segundo agravo de auxílios-doença acidentários em quantidade e valor concedidos pela previdência Social. No âmbito mundial, esclarecem Blyth *et al.* (2001) que os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho, especialmente os que atingem os membros superiores, alcançam 50% a 80% da população economicamente ativa.

Ao considerarmos aspectos como idade, o sexo, o tempo de trabalho na profissão e a escolaridade, vislumbramos alguns

fatores associados a LER/DORT. Para além desses, há de se ponderar também a atividade econômica e a ocupação desenvolvida.

O exercício laboral de um profissional que pode praticar as funções de um desenvolvedor é descrito pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), do Ministério do Trabalho e Emprego, sendo dividido em duas categorias, Engenheiros em computação e técnicos de desenvolvimento de sistemas e aplicações. Em ambos os casos, os profissionais são responsáveis pelo desenvolvimento de soluções em Tecnologia da Informação - TI, os primeiros em um nível de projetos e desenvolvimento de soluções, os segundos em uma abordagem mais operacional. Em qualquer dos casos, o fazer profissional passa por ações de codificação e testes de programas e aplicativos, projetos, implantação e realização de manutenção de sistemas e aplicações, como também a seleção de recursos de desenvolvimento de sistemas e aplicações. Esses fazeres constituem-se de horas contínuas de programação, sentados frente a um terminal de computador. Atualmente, empresas como IBM, Google, TOTVS, Cisco Systems, Dell, Intel, Resource IT Solutions, T-Systems, Locaweb e Avaya adotam a solução de Teletrabalho no Brasil (SOBRATT, 2016).

O teletrabalho surgiu com a alteração da forma de organização clássica do trabalho, ao aproveitar-se das características de trabalho a distância inerente ao uso das tecnologias computacionais, associadas à interferência do processo de globalização da economia, que demandam estruturas mais flexíveis de trabalho. Essa modalidade laboral é utilizada em grande escala nos países desenvolvidos e em desenvolvimento e é também conhecida como prática de home office, apresentada como aquela em que o teletrabalho é realizado no domicílio do teletrabalhador, o espaço de trabalho na empresa é mudado para um escritório na residência do trabalhador (COSTA, 2007).

Tendo em vista a característica do ambiente de trabalho de profissionais da tecnologia de informação em home office, prática crescente, inclusive em outras áreas laborais devido à atual pandemia mundial da COVID-19 (LAZARETTI, 2020), este trabalho objetiva avaliar as condições laborais de profissionais de desenvolvimento de software no ambiente de trabalho em home office por meio de um levantamento de suas percepções individuais sobre a ergonomia em suas práticas, descrever suas dificuldades acerca do conhecimento e aplicação das normas de ergonomia e verificar seu preparo para a aplicação das diretrizes desta natureza durante a formação acadêmica. Para tal, foi

desenvolvida uma aplicação destinada a dispositivos móveis, capaz de apoiar o desenvolvedor na manutenção de práticas adequadas de ergonomia no ambiente de trabalho. Esta pesquisa recebeu aprovação pelo Conselho de ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Severino Sombra, atual Universidade de Vassouras – RJ, CAAE 30598820.1.0000.5290, parecer 3.977.847, em 17 de abril de 2020.

Com essa discussão, este trabalho tem como foco a proposição de uma pesquisa descritiva de campo, de cunho qualitativo, em conjunção com uma de cunho quantitativo, acerca dos conhecimentos de desenvolvedores em conceitos de ergonomia quando aplicadas a práticas no ambiente de home office. Essas serão coletadas por meio de um pré-teste. Subsequentemente, uma aplicação *mobile* com dicas de ergonomia referentes ao ambiente e ao ambiente construído, assim como informações de boas práticas realizadas nesse fazer profissional, foi desenvolvida com a intenção de ser uma ferramenta de apoio a desenvolvedores no seu ato laboral por meio de um controle de tempo de trabalho e pausas, utilizando alarmes. Um pós-teste, contando com dados quantitativos coletados da aplicação, possibilitará a aferição de quanto seu uso o auxiliou no exercício de sua prática laboral.

A ergonomia - um breve histórico

Esta seção propõe um breve histórico acerca dos estudos e aplicação da ergonomia. Registros formais de interações entre pessoas e seus ambientes de trabalho datam de escritos em grego antigo, em considerações médicas medievais, e da Alemanha e Polônia, há cerca de 100 anos (GIRAULT, 1998; JASTRZEBOWSKI, 1857; MARMARAS *et al.*, 1999). Durante a Segunda Guerra Mundial, no Reino Unido, houve interesse de diferentes áreas de conhecimento como anatomia, fisiologia medicina industrial, psicologia, higiene industrial, arquitetura, em que se destaca a engenharia industrial e de iluminação, na eficiência do desempenho humano, com ênfase na teoria e na metodologia, o que levou ao surgimento da disciplina de Ergonomia, com duas subdivisões, anatomia/fisiologia e psicologia experimental. Concomitantemente, a profissão de fatores humanos crescia nos Estados Unidos, embasada na engenharia e na psicologia. No leste europeu, crescia a profissão de engenheiro industrial, enquanto bases para a Ergonomia surgiam no norte da Europa, nas áreas de anatomia e medicina funcional (SINGLETON, 1982; WILSON, 2000).

De acordo com Rowan e Wright (1995), o termo Ergonomia refere-se à relação complexa entre trabalhadores e seu trabalho, em todos

os aspectos relacionados ao seu ambiente de trabalho, e foi originalmente definido pelo fundador da medicina ocupacional Bernardo Ramazinni (1633-1714). Fernandez (1995) define a Ergonomia como o design da área de trabalho, do equipamento, máquinas, ferramentas, produtos, ambiente e do sistema, considerando as características humanas e suas capacidades físicas, psicológicas e biomecânicas, otimizando a eficácia e a produtividade de sistemas de trabalho, assegurando a segurança, a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. Uma definição mais simples vem de Wilson (1995), que conceitua a Ergonomia como a prática de aprender sobre as características humanas e utilizar tal compreensão para melhorar a interação das pessoas com os ambientes.

Em suma, a Ergonomia abrange o relacionamento entre seres humanos, máquinas, design de trabalho e o ambiente laboral. Por meio da apreciação de práticas de trabalho orientadas pelo ponto de vista da ergonomia, como o alcance dos objetos no trabalho, posição sentada, ou alongamento, por exemplo, um colaborador pode se fortalecer, melhorar sua saúde e sua produção. Um trabalhador age, inclusive, a nível subconsciente, adaptando seu comportamento objetivando evitar sofrimento, ainda que seus superiores não cuidem do seu conforto em um ambiente

ergonomicamente inadequado, o que poderia afetar seu desempenho e sua segurança (WILSON, 2000).

A ergonomia no Brasil

As primeiras reflexões sobre abordagens ergonômicas no Brasil datam da década de 1970 e são inspiradas na escola francesa do *Analyse Ergonomic Du Travail* - AET (SCOTT, 2009). Na década de 1990, novos estudos ergonômicos surgiram, agora ancorados em uma reflexão teórico metodológica desenvolvida por pesquisadores nacionais, e ganharam força principalmente devido à descrição clara dos muitos obstáculos de um estudo ergonômico (SCOTT, 2009). Ainda assim, não se pode perceber a efetiva aplicabilidade desses estudos junto aos espaços laborais, quer por parte dos colaboradores ou dos próprios gestores. Moraes e Soares (1989), ao informar acerca desse período, discorrem que nessa ocasião não se aplicavam experimentos em laboratório, apenas eram propostas modificações baseadas na literatura estrangeira. Ainda assim, Soares (2005) afirma que a ergonomia brasileira ocupa um relativo destaque nesse cenário, particularmente no âmbito latino-americano.

No Brasil, a implantação da ergonomia encontra seu espaço de aplicabilidade junto às engenharias e ao design, sem aplicação

experimental, conforme citado por Moraes e Soares (1989). É no início dos anos de 1960 que uma nova abordagem metodológica com ênfase na observação sistemática do trabalho, amparada nas publicações de Chapanis (1917-2002), se fortalece. Baseada no desenvolvimento da análise da tarefa, medições do ambiente e levantamentos antropométricos, faz-se a entrada de análise de dados laboratoriais no fazer do ergonomista pátrio (SOARES, 2005). Ainda como uma jovem ciência jovem, poucos programas a integram na formação de seus profissionais, sendo ela mais significativamente explorada nos Cursos de Pós-Graduação *Lato Sensu*.

No entanto, a despeito disso, cabe uma preocupação, tanto por parte do gestor quanto do colaborador, com as condições objetivas de trabalho, com vistas tanto à prevenção de mazelas e doenças laborais que impactarão, se existentes, tanto na saúde do trabalhador quanto na produtividade de seu labor. Considerando tal fato, objetivando normatizar parâmetros e procedimentos, surge a norma regulamentadora nº 17 (Ergonomia) do Ministério do Trabalho e Emprego, aposta pela Portaria Nº 3.214, de 08 de junho de 1978, aprovando as normas regulamentadoras do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT.

Dentro do contexto dessa norma, alguns tópicos se destacam no que se aplica ao contexto do trabalho de um desenvolvedor na sua prática laboral, descrevendo a composição desse ambiente, em aspectos físicos, como, por exemplo, as regras descritas a partir da normativa 17.3, que elucidam as condições apropriadas ao tipo de mobília que o trabalhador deve utilizar (17.3.2), da qualidade e estrutura do assento (17.3.3), altura do monitor, posição de teclado e mouse referenciado a esse contexto, ou, por exemplo, a qualidade e disponibilidade e disposição de equipamentos para a execução do trabalho (17.4.1 a 17.4.3). Além disso, essas normativas descrevem medidas de qualidade do ambiente do trabalhador, incluindo as atenções a sua saúde mental e física, iluminação, níveis de ruído, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa do ar. Todas essas diretivas objetivam garantir, em longo termo, a saúde e a qualidade de vida do trabalhador.

A ergonomia e a saúde humana

Ambientes de trabalho físicos são um componente importante para a produtividade. Boas condições nesse ambiente irão gerar um aumento na eficiência e eficácia (CHANDRASEKAR, 2011). Um ambiente de trabalho eficaz é capaz de apoiar os

trabalhadores a alcançar seus objetivos esperados (SHIKDAR, 2002; CHAPINS, 1995). Asmui *et al.* (2012) dizem que muitos estudos anteriores mostram que más práticas de ergonomia nas estações de trabalho irão contribuir para um problema de estresse entre os funcionários. Como consequência desse estresse, a produtividade irá ser afetada. Para evitar que isso aconteça, providenciar um ambiente de trabalho confortável e ergonomicamente apropriado é de suma importância. Um desencontro entre os requisitos físicos laborais e das capacidades físicas do empregado pode gerar o que se chamam de LER (Lesão por Esforço Repetitivo) e/ou DORT (Distúrbio osteomuscular relacionado ao trabalho).

Uma pesquisa feita pelo ministério da Saúde em 2018, mostrou que as LER e DORT são as doenças que mais acometem os trabalhadores Brasileiros, com um crescimento de 185% de 2007 a 2016. Esse estudo mostrou, também, que essas lesões acometem com mais frequência trabalhadores entre 40 e 49 anos (33,6%), do sexo feminino (51,7%), e com o ensino médio completo (51,7%). Em quesito de regionalidade, a mais acometida foi a região sudeste, com 58,4% dos casos durante esse período de quase 10 anos (MARCIEL, 2019).

As LER consistem de lesões físicas, de cunho osteomuscular. Esse termo é utilizado para descrever uma série de condições que afetam os músculos, ossos e juntas. A severidade da LER pode variar. Dor e desconforto podem interferir com atividades do dia-a-dia. As LER são extremamente comuns hoje em dia, e como o estudo mostrou, aumentam com a idade. Um diagnóstico rápido é importante para que essas doenças não causem um dano permanente ao corpo. O rápido e crescente desenvolvimento da tecnologia, especialmente no uso de dados eletrônicos, afetaram tanto os trabalhadores quanto seu ambiente de trabalho (JENSEN *et al.*, 2002). As DORT, que são outro nome dado as LER, quando estão aplicadas ao contexto laboral, podem afetar os ombros, braços, cotovelos, punhos, mãos, costas, pernas e pés. Elas são causadas por movimentos forçados ou repetitivos, ou uma postura de trabalho ruim. Sintomas incluem fragilidade, mal estar e dores, enrijecimento, formigamento e inchaço. Dores na parte inferior e superior das costas e espasmos musculares pode estar atrelada a uma má postura ao se sentar, que também pode afetar a espinha cervical e os músculos do pescoço, levando a dores (SHARAN *et al.*, 2011). Jensen *et al.* (2002) mostrou que os sintomas mais comuns em mulheres que trabalham em *call-centers*, eram de

dores musculares (53%), seguido de dores nos ombros (42%) e os referentes as mãos e pulsos (30%) (MOOM, 2015).

As DORT são influenciadas, como supramencionado, por uma série de fatores, incluindo, mas não limitados a uma postura incorreta ao sentar, uma cadeira pouco apropriada, e o uso inapropriado do teclado e/ou do mouse, que, se usado por longos períodos de tempo pode levar a dores crônicas como ferimentos nos músculos ou tendões ou rigidez muscular (SHARAN *et al.*, 2011; FENETY, 2002).

Uma ferramenta poderosa para apaziguar todas essas dores é o uso apropriado das regras de ergonomia estabelecidas com a intenção de reduzir a incidência das LER por meio da utilização de ambientes de trabalho apropriados ao conforto humano, seguindo todos os procedimentos de confortabilidade como, cadeiras ajustáveis, mesas na altura correta, teclados e mouses igualmente ajustados, entre outros. Essas, em conjunção com o uso apropriado de pausas de trabalho e alongamentos, podem vir ao combate dessas enfermidades, reduzindo sua incidência e aumentando a produtividade e qualidade de vida dos funcionários.

Ergonomia de ambiente construído

Para garantir uma abordagem ergonômica é crucial entender o que faz com que esse espaço seja ergonomicamente viável. Essa abordagem tem como objetivo aprimorar o ambiente físico de trabalho a fim de apoiar a performance e conforto do usuário, por meio de princípios teóricos, dados e métodos para compreender as interações dos humanos com os outros elementos e sistemas desse ambiente, a fim de identificar as condições que fazem com que esses elementos, quando combinados, alcancem um certo nível de satisfação para com o usuário (ATTAIANESE, 2017). Design ambiental baseado em princípios ergonômicos aprimora a abordagem tradicional comumente aplicada em designs de ambiente construído (ALTOMONTE, 2015).

Em prédios, fatores físicos afetam seus ocupantes de maneira fisiológica, psicológica e em termos comportamentais. A temperatura no ambiente afeta humanos, tanto em sensação térmica quanto em termorregulação, e ambas estão diretamente associadas com a percepção de conforto térmico. A temperatura do ar e das superfícies, umidade relativa do ar e a velocidade do ar, juntamente com o isolamento térmico das roupas e o metabolismo humano, definem essa interação térmica do humano com o ambiente ao seu redor, e são as variáveis básicas para o conforto térmico (FANGER, 1970). Em uma abordagem

estritamente psicológica, um ser humano está termicamente confortável se o seu corpo se encontra em um estado de neutralidade térmica, ou seja, que o calor gerado por seu corpo é dissipado totalmente. Entretanto, equilíbrio termal não é necessariamente a preferência de muitas pessoas. Usualmente, no verão ou no inverno, pessoas afirmam estar satisfeitas com temperaturas superiores ou inferiores à temperatura neutra (ROHLES, 2007).

Jendritzky (2009) diz que a adaptação dessa percepção térmica varia também baseada em costumes e localização geográfica, já que uma população que vive em climas diferentes tem susceptibilidades diferentes para estímulos do ambiente, e também hábitos diferentes baseados em sua cultura. O gênero também afeta essa percepção. Karjalainen (2012) descreve que mulheres são mais sensíveis que homens a mudanças termais, e são mais propensas a se sentirem confortáveis a temperaturas mais altas. Idade também afeta essa percepção, Roelofsen (2014), descreve que pessoas mais idosas tendem a sentir maior desconforto em altas temperaturas, e crianças preferem ar um pouco mais frescos.

Para além disso, a qualidade do ar é uma combinação da temperatura, do nível de CO₂ e umidade relativa do ar, estas são

diretamente associadas à velocidade do ar, e são de suma importância para uma percepção de conforto térmico em climas quentes e úmidos (INDRAGANTI, 2012). Em ambientes de temperatura moderada, o boletim do *Health & Safety Executive* (1999) demonstra que movimento insuficiente de ar e temperatura e umidade constantes podem causar desconforto, já que humanos associam conforto termal com flutuações leves de temperatura, em vez de algo constante.

O ambiente auditivo, nesse contexto, também se torna relevante. Afinal, o som está diretamente associado ao espaço em que o indivíduo habita. Por ser uma vibração do ar gerada por algo em um espaço, fatores como os materiais escolhidos para os tetos, pisos e paredes, para além dos moveis que estão presentes no recinto, podem diretamente afetar a qualidade sonora de um ambiente (ATTAIANESE, 2017).

Humanos podem ter duas respostas possíveis a estímulos auditivos: uma sensação auditiva, que é uma forma subconsciente e pouco elaborada de se receber esse estímulo, e a percepção auditiva, que envolve diretamente o reconhecimento desse estímulo auditivo. Com base nessas duas respostas, humanos vão construir sua percepção sonora e descrever tais estímulos como agradáveis ou desagradáveis. O barulho é um som comumente

associado a um sentimento desagradável, e este pode vir a causar desconforto e distrações. De maneira quantitativa, a exposição a sons muito altos por um longo período de tempo causa perda de audição, devido à alta pressão sonora nos tímpanos. Um nível sonoro habitual acima dos 85 dB pode causar essa perda auditiva gradual, e a perda de sensibilidade auditiva ocorre com sons a partir dos 4 kHz, ou seja, sons muito agudos (ATTAIANESE, 2017). Evans (2005) também destaca que sons ambientes, ou seja, que estão sempre presentes no ambiente, tornam-se normais para quem os escuta, e acabam sendo ignorados. Em contrapartida, sons transientes ou esporádicos, geralmente, causam maior desconforto.

De maneira geral, existem quatro fatores não físicos que afetam a percepção sonora de um indivíduo: a natureza e complexidade do trabalho sendo feito, o contexto do barulho e a atitude das pessoas em relação a esse barulho, a previsibilidade e o controle em relação a esse estímulo e, finalmente, a personalidade e o humor de quem o escuta. Pessoas são mais incomodadas e distraídas por sons que são considerados desnecessários, em vez de sons que são considerados inevitáveis. Sons e barulhos inesperados gerados por outros tendem a ser mais irritantes que sons previsíveis e sob o controle do indivíduo. Esses barulhos conseguem distrair com

facilidade se eles contêm muita informação compreensível, já que barulhos difíceis de entender são facilmente ignorados (OSELAND, 2018). Em particular, conversas são incrivelmente fáceis para criar distrações, por estarem no nível de decibéis de 30 a 50, e contidas nas frequências mais comumente associadas ao ouvido humano, o som das vozes (SAKELLARIS, 2016).

Em contrapartida, Vischer (2005 *apud* ATTAIANESE, 2017) descreve que muito silêncio pode ser tão estressante e distrativo quanto uma quantidade excessiva de barulho. Geralmente, o silêncio está associado a solidão e isolamento. Por esses fatores, bloqueio total de barulho em um espaço não é recomendado. Idealmente, os ambientes construídos devem providenciar condições auditivas em que sons não são altos o bastante para serem perigosos ou intrusivos, mas não se tornarem baixos ao ponto de serem indetectáveis.

Iluminação e luz dentro desses ambientes também podem impactar humanos, já que a luminosidade está associada, visualmente, ao conforto visual e à sua performance de trabalhos visuais e, não visualmente, porque ela está diretamente associada à geração da percepção espacial de um humano para com o ambiente, e pode, além disso, afetar a saúde humana de maneira negativa (ATTAIANESE, 2017). A visibilidade é a parte mais

importante quando se considera um ambiente iluminado, já que ela é a forma mais comumente associada à luz para humanos por habilitar a visão. A eficácia de tarefas visuais é inicialmente afetada por parâmetros quantitativos, pois um mínimo nível de luminância é necessário para uma visão clara sem cansaço. Porém, um nível de luminância muito extremo pode, em contrapartida, tornar-se extremamente desconfortável.

De maneira geral, a iluminação está diretamente associada à tarefa a ser executada em um ambiente. Brilho é uma energia luminosa indesejada invadindo os olhos, devido a uma luz forte e excessiva no espaço visual, por causa de janelas, luminárias ou materiais reflexivos que podem causar cansaço visual e, conseqüentemente, erros e ferimentos. Superfícies de vidro ou materiais lustrosos nos pisos, paredes e móveis pode causar efeitos similares, por serem superfícies refletoras desse brilho indesejado (CIBSE LG07, 2015, *apud* ATTAIANESE, 2017).

Há efeitos não visuais da luz, como a variação de quantidade de luz e de cor, que pode afetar o humor (VEITCH, 2012) e valores mais altos de luminância tendem a gerar mais animação no trabalho e motivar mais comunicação e conversações. A intensidade luminosa também pode afetar o nível de atenção. Luzes mais claras fazem com que as pessoas fiquem despertas,

enquanto luzes mais difusas podem causar mais cansaço (BOYCE, 2003 *apud* ATTAIANESE, 2017).

Luzes mais próximas da luz natural, preferencialmente com cores frias, são recomendadas a serem utilizadas caso a luz natural não esteja disponível, por exibirem efeitos positivos na interação da psique e saúde humana em sua relação com o ambiente em que habita (EDWARDS, 2002). Se possível, uma vista para fora do ambiente também é recomendada, pois ela aprimora a ambiência visual e causa um aumento significativo de conforto, principalmente se a vista mostra a natureza (BOYCE, 2003 *apud* ATTAIANESE, 2017).

Projetos cuidadosos com o layout e detalhes de construções devem integrar ambientes visuais, auditivos e termiais, provendo condições ambientais que afetarão seus ocupantes de forma positiva, aprimorando o humor, pensamentos, comportamento e saúde (CLEMETS-CROOME, 2014). Formas, cores, texturas, proporções, a relação e a sequência dos espaços podem produzir um leque de diferentes impactos psicológicos positivos ou negativos, dependendo da natureza da tarefa a ser exercida naquele ambiente.

Portanto, a estruturação de ambientes construídos com embasamento ergonômico, que visa otimizar a interação humana com o sistema que ele ocupa, torna-se importante para que essa interação ocorra da forma mais eficiente, segura, confortável e satisfatória. A ergonomia de ambiente construído é embasada na consideração do fator humano, a fim de aprimorar o desenvolvimento e construção desses espaços, alinhando rendimento e qualidade do trabalho (ATTAIANESE, 2017).

O ambiente de trabalho home office

O Teletrabalho é uma atividade profissional feita fora do espaço físico da empresa, com auxílio de tecnologias de informação e comunicação à distância e de transmissão de dados (PINEL, 1998). A Organização Internacional do Trabalho (OIT) diz que o teletrabalho é compreendido como a forma de trabalho performada em lugar distante do escritório ou centro de produção, o que promove a separação física e que implica o uso de uma nova tecnologia em que se promova a comunicação.

Dessa forma, percebe-se o teletrabalho como uma espécie de trabalho realizado em local distinto ao local central do empregador e/ou do centro de produção, amparado em utilização

de tecnologias que amplifiquem e facilitem a comunicação e, em consequente, conduzam ao distanciamento físico.

Essa modalidade surgiu também como forma de aproximar a organização de seus clientes, minorando a barreira das distâncias existentes entre ambos e potencialmente proporcionando ao colaborador um convívio equilibrado, produtividade, qualidade de vida (ROCHA, 2014).

A Lei 13.467/2017 (BRASIL, 2017), alterou alguns aspectos da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) e estabeleceu novos regramentos a respeito do trabalho realizado no âmbito do domicílio do empregado ou à distância.

É perceptível à recente popularização do Teletrabalho, principalmente em empresas de tecnologia, onde diversas tarefas têm sido levadas à efeito por funcionários fisicamente localizados até mesmo em diferentes países.

Uma pesquisa da *OWL labs* (2018) mostrou que 52% dos empregados trabalham de casa pelo menos uma vez na semana e 56% das empresas permitem trabalho remoto. O home office pode oferecer alguns benefícios para as empresas e seus funcionários, por exemplo, quando funcionários trabalham de casa, eles se sentem mais confiados pela empresa e tem mais facilidade

conciliar suas responsabilidades familiares e de trabalho, que podem aumentar a retenção de funcionários e os deixar mais felizes e conseqüentemente mais satisfeitos (BAO *et al.*, 2020).

Messenger (DAGNINO, 2016) descreve as três gerações de teletrabalho da seguinte maneira. A primeira geração, que é chama de “home office” nos anos 1970 e 1980, era definida por computadores de mesa e comunicação por via de telefones cabeados nas casas dos empregados. Ela tinha como intenção, substituir totalmente o trabalho no escritório.

A segunda geração foi a chamada de “trabalho móvel”. Ao contrário da geração anterior, ela se qualificava por permitir que o empregado trabalhasse em qualquer ambiente, como cafés, aeroportos e outros. Esses espaços eram conhecidos como “terceiros espaços” e substituíam parcialmente a necessidade de trabalhar no escritório.

Messenger ainda destaca a terceira geração, que é a atual, que é denominada “escritório virtual”. Com o crescimento exponencial da internet e o aumento da acessibilidade a ela por meio de celulares, tablets e computadores permite que os empregados trabalhem de qualquer lugar, a qualquer hora (DAGNINO, 2016).

Esses funcionários trabalham de casa utilizando ferramentas de comunicação como smartphones, usam vídeo conferências, e-mails ou telefones fixos para conectar com um servidor remoto da empresa.

O ambiente home office no Brasil

Recentemente, a legislação brasileira regulou essa atuação laboral e, por conta disso, o teletrabalho é usado com maior frequência em determinadas atividades profissionais que não exijam a presença física do trabalhador dentro do estabelecimento empresarial, principalmente naquelas de natureza intelectual. Huws (2014) adota, ainda que provisoriamente, para descrever o fazer daqueles que desenvolvem soluções na área de Tecnologia da Informação (TI) o termo trabalhador digital. A autora considera trabalho digital as atividades em que cuja realização envolva ferramentas baseadas em computador e o resultado do trabalho seja transferido em formato digital.

João Hilário Valentim (2010) aponta a necessidade de três elementos básicos: a) utilização de novas tecnologias referentes à informática e à telecomunicação; b) ausência ou redução de contrato pessoal do trabalhador com o padrão, superiores

hierárquicos ou colega; c) o local de prestação de serviços, geralmente, a casa do trabalhador.

Para a OIT, Organização Internacional do Trabalho, o teletrabalho define-se da seguinte maneira: “A forma de trabalho efetuada em lugar distante do escritório central e/ou do centro de produção, que permita a separação física e que implique o uso de uma nova tecnologia facilitadora da comunicação.” (MARTINO, 1990).

A Reforma Trabalhista, regulada pela Lei nº 13.467/2017 (BRASIL, 2017), trouxe novidades em seu cerne, O art. 75-E, deixa claro que é de responsabilidade do empregador instruir os trabalhadores em home office sobre as precauções que devem ser tomadas para evitar doenças ocupacionais e acidentes de trabalho, o que deve ser feito de maneira expressa e ostensiva. De forma adicional, o colaborador deverá assinar um termo de responsabilidade, comprometendo-se a seguir todas as instruções que lhe foram repassadas. Desta feita, é fundamental que o trabalhador tenha plena informação da relevância da adoção de práticas associadas à manutenção de sua saúde no ambiente de trabalho, assim como o conhecimento das condições objetivas atinentes ao seu espaço laboral, como ambiente de permanência, por vezes, mais alongado de seu dia.

O ambiente Home office e a pandemia do Corona vírus

Muito embora haja ganhos significativos em satisfação e produtividade a partir do ambiente de trabalho doméstico (BLOOM *et al.*, 2015), não parece ter sido esse o caso durante a pandemia da COVID-19, porque trabalhadores poderiam assumir atividades distratoras, comprometendo sua produtividade. Nessa mesma vertente, Dutcher e Saral (2012) destacam as dificuldades que podem surgir se teletrabalhadores não forem apropriadamente monitorados, mesmo em tempos de normalidade. No passado, trabalhar de casa, ou a modalidade de ambiente de trabalho home office, era aplicável apenas a trabalhos específicos, contudo, por ocasião da pandemia da COVID-19, a maioria das empresas viu-se obrigada a adotar esta modalidade para possibilitar sua continuidade no mercado. Por conseguinte, a demanda e a disponibilidade de ambientes de trabalho doméstico, aparentemente, aumentaram.

Nem todos os tipos de trabalhos podem ser realizados de maneira remota, o que faz com que o setor produtivo procure se reorganizar de tal forma a possibilitar que o trabalho em ambiente doméstico seja a alternativa mais adequada, devido às severas restrições de mobilidade impostas pelas autoridades governamentais. É bem conhecido que muitas empresas estão

planejando adotar o ambiente home office mesmo após a fase da referida pandemia. Em muitos países, alguns setores, como a hotelaria, estão com projetos para adaptar seus espaços para oferecê-los como locais para o estabelecimento de home offices (BAO *et al.*, 2020).

Os desenvolvedores de software e o ambiente home office

O trabalho em ambiente home office já é praxe por muitas companhias de TI. O *staff* do Twitter, por exemplo, anunciou que continuará com o trabalho em ambiente doméstico permanentemente, pois os desenvolvedores podem desempenhar suas tarefas diárias, como escrever código, encontrar problemas de programação, construir projetos e revisar códigos, como de costume, acessando remotamente os recursos das empresas de casa. Trabalhar remotamente, em ambiente doméstico, pode impactar diferentemente a produtividade, uma preocupação relevante das organizações desenvolvedoras de software (MEYER *et al.*, 2017). A compreensão da diferença de produtividade quando em trabalho remoto em modalidade home office, assim como das razões para tal, pode ajudar a melhorar o gerenciamento de companhias e de projetos, aumentar o nível de satisfação no

trabalho dos desenvolvedores, e torná-los mais produtivos (BAO *et al.*, 2020).

Colaboradores que trabalham remotamente, pelo menos uma vez por mês, são 24% mais propensos a se sentirem produtivos em suas tarefas que aqueles que não o fazem, ou que não podem fazê-lo, segundo uma pesquisa dos laboratórios OWL em 2018. Em contrapartida, existe a possibilidade de que o teletrabalho resulte em um impacto negativo na produtividade, por reduzir a eficiência da comunicação do desenvolvedor, fator importante no desenvolvimento de software (WOLF *et al.*, 2009). Os impactos do trabalho em ambiente doméstico na produtividade são objeto de estudo de vários autores (BAKER *et al.*, 2007; CAMPBELL, 2015; NEUFELD; FANG, 2005). De acordo com Perry *et al.* (1994), muitos desenvolvedores passam muito tempo em comunicação com seus colegas, e há estudos que evidenciam a fragmentação do trabalho e sua frequente interrupção como fatores impactantes em sua produtividade (PARNIN; DeLINE, 2010; CHONG; SIINO, 2006; SANCHEZ; GONZALEZ, 2015).

Frequentemente, a produtividade de um desenvolvedor é medida por intermédio de artefatos de software produzidos por esses desenvolvedores em um certo período de tempo, por exemplo, linhas de código submetidas (DEVANBU *et al.*, 1996), pontos de

função (ALBRECHT, 1979), tarefas cumpridas (MINELLI *et al.*, 2015) e tempo para implementar um requerimento (CATALDO *et al.*, 2008). Há uma lista de padrões, proposta por Meyer *et al.* (2014) para a medição da produtividade de um desenvolvedor com o uso de suporte de ferramentas, assim como estudos investigativos acerca dos fatores negativos para a produtividade do referido profissional, entre as quais destacam-se características do ambiente de trabalho, sua privacidade e ruído, por exemplo, linguagens de programação e ferramentas de desenvolvimento, alternância de projetos e o humor do colaborador (BOEHM, 1987; DeMARCO; LISTER, 1985; KHAN *et al.*, 2011; VASILESCU *et al.*, 2016). Características pessoais dos profissionais podem afetar sua produtividade, como aqueles que se sentem mais produtivo em comunicação com outros, e alguns que não ficam satisfeitos quando interrompidos durante sua prática laboral (BAO *et al.*, 2020; MEYER *et al.*, 2014).

O experimento

O experimento constitui-se de uma pesquisa descritiva de campo, de cunho quali-quantitativo, acerca dos conhecimentos de ergonomia no ambiente de trabalho dos desenvolvedores de software, atuantes em modalidade home office, segundo o modelo

sugerido por Couto (2007), envolvendo a análise das condições do posto de trabalho ao computador. Adjunto a isso, este trabalho observa, também, práticas da ergonomia de ambiente construído, que analisam as condições dentro do ambiente físico das edificações que se caracterizam como fatores impactantes em humanos, como a temperatura do ambiente, iluminação, incidência de luz natural, vistas do ambiente de trabalho, a predominância das cores nas paredes, ruído ambiente e configurações acústicas, projeto e detalhes da construção, elementos importantes na elaboração do design de ambientes de trabalho saudáveis e produtivos (ATTAIANESE, 2017). Há evidências, nos estudos de Clements-Croome (2014) e Al Hoor *et al.* (2016), que um ambiente de trabalho de qualidade está diretamente associado à saúde, rendimento e produtividade do colaborador nele inserido.

Para além disso, serão analisados dados quantitativos advindos dos ciclos de trabalho e repouso dos pesquisados, registrados e disponibilizados pelo aplicativo. Serão realizados pré-testes por meio de formulários do Google com 15 desenvolvedores brasileiros atuantes em empresas que desenvolvem software em ambiente home office. Será fornecido, ao final do primeiro questionário, um link para baixar o aplicativo Pomonomics,

desenvolvido especificamente para esta pesquisa, com dicas de ergonomia referentes ao ambiente de trabalho, que servirá de apoio ao desenvolvedor de software no seu ambiente laboral, permitindo que ele possa controlar suas pausas de trabalho por meio de um sistema de alarmes. Um pós-teste possibilitará a avaliação de quanto seu uso o auxiliou no exercício de sua prática laboral.

Ambos os questionários são embasados nas normativas estabelecidas pelo ministério do trabalho, sobre a NR17 (BRASIL, 2018) e também baseiam-se nos trabalhos de Silva (2006) e de Motta (2009), que se utilizaram dessas normativas para evidenciar questões referentes ao conforto do trabalhador para estabelecer uma melhor qualidade de vida e maior rendimento no ambiente em que esses trabalhadores atuam.

Os participantes utilizarão o aplicativo por um período não inferior a duas semanas e não superior a um mês, após o qual receberão o endereço eletrônico para o preenchimento do formulário de pós-teste, em que serão registradas as percepções dos participantes referentes a possíveis mudanças em suas práticas laborais em seu ambiente de trabalho home office, no que concerne a questões de ergonomia, bem estar e produtividade.

Os dados levantados pela Ficha de Informações Sociodemográficas serão tabulados em termos de porcentagens relativamente ao número de participantes, e os dados levantados pelo Roteiro de Entrevista serão interpretados segundo os propósitos qualitativos da pesquisa, partindo do seu confronto com os conceitos teóricos obtidos pelos métodos Documental e Bibliográfico, assim como os objetivos estabelecidos para o estudo.

A análise qualitativa dos conteúdos encontrados nas respostas à entrevista possibilitará o surgimento de categorias a partir da Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin (2011). Os resultados serão representados por métodos estatísticos, como frequência de resposta, médias e porcentagens. Os dados quantitativos serão trabalhados em um programa de estatística comparados a dados anteriormente inseridos por meio do questionário a fim de observar uma possível correlação entre as práticas ergonômicas, produtividade e qualidade laboral.

A hipótese da pesquisa é que a observância das normas de ergonomia aprimora a qualidade laboral de desenvolvedores e mantenedores de software no contexto de home office, e espera-se que o aplicativo sirva de apoio ao desenvolvedor de software no ato de trabalhar.

POMONOMICS - O APLICATIVO

O aplicativo Pomonomics foi desenvolvido pelos autores deste artigo, contendo dicas de ergonomia referentes ao ambiente de trabalho e descrições do posicionamento e comportamento, embasadas pela Normativa NR17 (BRASIL, 2018) do Ministério do Trabalho. O usuário poderá controlar suas pausas de trabalho, também descritas na normativa, por meio de um sistema de alarmes, que, juntamente com as dicas, têm como objetivo melhorar a qualidade de vida do trabalhador, aprimorando sua interação com seu ambiente de trabalho e, conseqüentemente, seu rendimento e a qualidade de suas atividades profissionais.

A técnica Pomodoro (CIRILLO, 2006), foi desenvolvida por um engenheiro de software italiano no começo dos anos 1990, e tem como foco eliminar as distrações e reduzir as ansiedades relacionadas a deadlines. Em sua descrição mais simples, a técnica funciona da seguinte maneira: quando se tem uma grande tarefa, divida-a em tarefas menores, e fracione-as em pequenos intervalos. Tais intervalos serão separados por pequenas pausas. Após quatro pausas curtas, efetue uma pausa longa, e depois recomece os ciclos.

Essa técnica é usada amplamente, principalmente por estudantes universitários, e tem encontrado um bom percentual de sucesso em aumentar a concentração, rendimento e produtividade dos que a utilizam (GIESBERTCH,2015; AHMED, 2014; DIONNE, 2016).

Para apoiar os desenvolvedores em suas práticas laborais e aumentar a produtividade em conjunção com sua qualidade de vida, assim como um ambiente de trabalho mais adequado, o Pomonomics unifica os processos de dicas ergonômicas e a técnica Pomodoro. O aplicativo (Figura 1) já se encontra totalmente desenvolvido na linguagem Kotlin para celulares com sistema operacional Android.

Figura 1 - Tela principal do Pomonomics.



Fonte: Autores.

Resultados esperados

Estima-se que os procedimentos propostos pelo Pomonomics gerem dados que conduzirão a posteriores análises estatísticas descritiva e inferencial, que levarão à discussão acerca da importância da ergonomia na melhoria da qualidade de vida no ambiente laboral daqueles profissionais, assim como se a utilização de tais práticas sugeridas no aplicativo impacta positivamente no seu rendimento e produtividade.

Em adição aos dados obtidos sobre o aplicativo e sua utilização no ambiente home office, havendo sinalização de modificações por parte dos participantes da pesquisa, caso entendidas como relevantes e agregadoras de valor intrínseco, serão promovidos ajustes no produto em sua versão de lançamento.

Ancorado na hipótese da pesquisa, espera-se evidenciar, com o grupo selecionado de participantes, que a adoção de hábitos, técnicas de produtividade e práticas ergonômicas conduzem a melhores condições de trabalho, e que a aplicação Pomonomics auxilia no conhecimento, adequação e adoção de tais condutas, levando, desta forma, a um ambiente de trabalho em que o desenvolvedor de software perceba a importância dos processos sugeridos e sua influência positiva quanto a sua produtividade.

Referências

ABERGO. **O que é ergonomia?** Disponível em: http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia. Acesso em: 18 mar. 2020.

AHMED, Ryan. **A tangible approach to time management**. 2014. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2638728.2638794>. Acesso em: 21 jul. 2020.

ALBRECHT Allan J. Measuring application development productivity. *In: PROC. JOINT SHARE, GUIDE, AND IBM APPLICATION DEVELOPMENT SYMPOSIUM, 1979.*

ALTOMONTE, S.; RUTHERFORD, P.; WILSON, R. Human factors in the design of sustainable built environments. *Intelligent Buildings International*, v. 7, n. 4, p. 224-241, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17508975.2014.970121>. Acesso em: 12 out. 2020.

ASMUI M.; HUSSIN A.; PAINO H. The importance of work environment facilities. **International Journal of Learning and Development**, v. 2, n. 1, p. 289-298, Jan. 2012.

ATTAIANESE, Erminia. Ergonomics of built environment i.e. how environmental design can improve human performance and well - being in a framework of sustainability. **Ergonomics International Journal**, v. 1, 2017. DOI: 10.23880/EOIJ-16000S

BAO, Lingfeng; LI, Tao; XIA, Xin; ZHU, Kaiyu; LI, Hui. How does working from home affect developer productivity? a case study of Baidu during COVID-19 pandemic. *ESEC/FSE 2020*, v. 8, Sacramento, 13 Nov. 2020.

BLOOM, Nicholas; LIANG, James; ROBERTS, John; YING, Zhichun Jenny. Does working from home work? evidence from a

Chinese experiment, **The Quarterly Journal of Economics**, v. 130, n. 1, p. 165-218, Feb. 2015.

BLYTH, F. M. *et al.* Chronic pain in Australia: a prevalence study. **Pain**, Amsterdã, v. 89, n. 2-3, p. 127-134, jan. 2001.

BOEHM, Barry W. Improving software productivity. **Computer**. v. 9, p. 43-57, 1987.

BRASIL. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE**. 2014. Disponível em: <http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/cadastr os/cadastro-nacionalde-pessoas-juridicas-cnpj/classificacao-nacional-de-atividades-economicas-2013-cnae/apresentacao> Acesso em: 19 mar. 2020.

BRASIL. **NR 17 - ergonomia**, 2018. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST _NR/NR-17.pdf. Acesso em 16 mar. 2020.

CAMPBELL, Kelley Marie. 2015. **Flexible work schedules, virtual work programs, and employee productivity**. 2015. MBA Doctoral Study (Albertus Magnus College) - Salve Regina University, 2015.

CATALDO, Marcelo; HERBSLEB, James D; CARLEY, Kathleen M. Socio-technical congruence: a framework for assessing the impact of technical and work dependencies on software development productivity. *In*: PROCEEDINGS OF THE SECOND ACM-IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT, p. 2-11, 2008.

CHANDRASEKAR, K. Workplace environment and its impact on organizational performance in public sector organizations. **International Journal of Enterprise Computing and Business System**, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2011.

CHAPINS, A. Workplace and the performance of workers. Reston: McGraw-Hill, 1995.

CHONG, Jan; SIINO, Rosanne. Interruptions on software teams: a comparison of paired and solo programmers. *In: PROCEEDINGS OF THE 2006 20TH ANNIVERSARY CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK*, p. 29-38, 2006.

CIRILLO, Francesco. **The Pomodoro technique (the Pomodoro)**. 2006. Disponível em: <http://www.baomee.info/pdf/technique/1.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2020.

CLEMENTS-CROOME, D. Creative and productive workplaces: a review. **Intelligent Buildings International**, n. 7, p. 1-20, 2015. DOI: 10.1080/17508975.2015.1019698

CLEMENTS-CROOME, D. **Sustainable intelligent buildings for better health, comfort and wee-being**. Report for Denzero Project, 2014.

COSTA, Isabel de Sá Affonso da. Teletrabalho. **RAP**, Rio de Janeiro, v. 41, n.1, p. 105-24, jan./fev. 2007.

COUTO, Hudson de Araújo. Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana. Vol 1. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1995.

DAGNINO, Emanuele. What does telework mean in the 21st century? **ADAPT International**, v. 1, n. 3, 2016.

DEMARCO, Tom; LISTER, Tim. Programmer performance and the effects of the workplace. *In: PROCEEDINGS OF THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING*. IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS, p. 268-272, 1985.

DEVANBU, Prem; KARSTU, Sakke; MELO, Walcélio; THOMAS, William. Analytical and empirical evaluation of software reuse metrics. *In: PROCEEDINGS OF IEEE 18TH INTERNATIONAL*

CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING. IEEE, p. 189-199, 1996.

DIONNE, Frédérick. Using acceptance and mindfulness to reduce procrastination among university students: results from a pilot study. **Revista Prâksis**, Novo Hamburgo, v. 1, p. 8-20, July 2016. ISSN 2448-1939. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistapraksis/article/view/431>. Acesso em: 21 jul 2020.

DUTCHER, E. Glenn; KRISTA, Jabs Saral. Does team telecommuting affect productivity? an experiment. **MPRA Paper no. 41594**, University Library of Munich, 2012.

EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. **A literature review of the effects of natural light on building occupants**. National Renewable Energy Laboratory, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237781634_Literature_Review_of_the_Effects_of_Natural_Light_on_Building_Occupants. Acesso em: 31 out. 2020. doi: 10.2172/15000841.

EVANS, G.; LORRANE, E. N. Noise and human behavior. *In*: STANTON N.; HEDGE A.; BROOKHUIS K.; SALAS E.; HENDRICK H. (Eds.). **A handbook of human factors and ergonomic methods**. Washington: CRC Press, 2005. Disponível em:

https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/748673/mod_resource/content/1/ERGO%20-%20Handbook%20of%20Human%20Factors%20and%20Ergonomics%20Methods.pdf. Acesso em: 3 out. 2020.

FANGER, P. O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. USA: Danish Technical Press, 1970. p. 244. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/146642407209200337>. Acesso em: 9 set. 2020.

FENETY, A.; WALKER, J. M, Short term effects of workstation exercises on musculoskeletal discomfort and postural changes in seated video display unit workers. **Physical Therapy**, v. 82, p. 578-589, 2002.

FERNANDEZ, J. E. Ergonomics in the workplace. **Facilities**, v. 13, n. 4, p. 20-27, 1995.

GIESBRECHT, Beth A. **Pomodoro Technique for time management**. 2015. Disponível em: <https://digitalcommons.unomaha.edu/nbdcwhitepapers/19>. Acesso em: 21 jul. 2020.

GIRAULT, P. Ergonomics: not a new science. **Ergonomics in Design**, v. 6, n. 2, 1998.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE. Summary guide to safety climate tools. Offshore Technology Report, 1999. Disponível em: <https://www.hse.gov.uk/research/otopdf/1999/oto99063.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2020.

IBGE EDUCA. **Uso de internet, televisão e celular no Brasil**. IBGE, [2018]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>. Acesso em: 16 jul. 2020.

IEA. **What is ergonomics?** Disponível em: <https://www.iea.cc/>. Acesso em: 17 mar. 2020.

INDRAGANTI, M.; OOKA, R.; RIJAL, H. B. (2012) Significance of air movement for thermal comfort in warm climates: a discussion in Indian context. **Proceedings of 7th Windsor Conference: The changing context of comfort in an unpredictable world**. Windsor: Cumberland Lodge, abr. 2012. Disponível em: <http://nceub.org.uk/w2012/pdfs/workshop2/W1213%20Indraganti.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020.

JASTRZEBOWSKI, W. Ergonomji. **Nat. Ind.**, v. 2, n. 29, 1857.

JENDRITZKY, G.; TINZ, B. The thermal environment of the human being on the global scale. **Global Health Action**, v. 2, 2009. Acesso em: 1 nov. 2020. doi: 10.3402/gha.v2i0.2005.

JENSEN, C.; RYHOLT, C. U.; BURR H.; VILLADSEN, E.; CHRISTENSEN, H. Work-related psychosocial, physical and individual factors associated with musculoskeletal symptoms in computer users. **Work and stress**, v. 16, n. 2, p. 107-20, 2002.

KARJALAINEN, S. Thermal comfort and gender: a literature review. **Indoor Air**, v. 22, n. 2, p. 96-109, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21955322/>. Acesso em: 31 out. 2020. doi: 10.1111/j.1600-0668.2011.00747.x.

KHAN, Iftikhar Ahmed; BRINKMAN, Willem-Paul; HIERONS, Robert M. Do moods affect programmers debug performance? **Cognition, Technology & Work**, v. 13, n. 4, p. 245-258, 2011.

LAZARETTI, Bruno. 94% das firmas aprovam home office, mas 70% vão encerrar ou manter em parte. **UOL**, São Paulo, 28 jul. 2020. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2020/07/28/94-das-empresas-aprovam-home-office-mas-75-nao-o-manterao-apos-pandemia.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 30 jul. 2020.

MARMARAS, N.; POULAKAKIS, G.; PAPAKOSTOPOULOS, V. Ergonomics design in ancient Greece. **Applied Ergonomics**, v. 30, p. 361-368, 1999.

MARTINO, Vittorio Di; WIRTH, Linda. Telework: a new way of working and living. **Internacional Labour Review**, Geneva, v. 129, n. 5, 1990. Disponível em: <https://heionline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/intlr129&div=54&id=&page=>. Acesso em: 19 mar. 2020.

MEYER, Andre N; BARTON, Laura E; MURPHY, Gail C; ZIMMERMANN, Thomas; FRITZ, Thomas. The work life of developers: activities, switches and perceived productivity. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v. 43, n. 12, p. 1178-1193, 2017.

MINELLI, Roberto; MOCCI, Andrea; LANZA, Michele. I know what you did last summer-an investigation of how developers spend their time. *In: 2015 IEEE 23RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROGRAM COMPREHENSION*. IEEE, p. 25-35, 2015.

MOOM, R. K.; SINGH, L. P.; MOOM, N. Prevalence of musculoskeletal disorder among computer bank office employees in Punjab (India): a case study. 2015. *In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS (AHFE 2015) AND THE AFFILIATED CONFERENCES, AHFE 2015*.

MOTTA, Fabricio Valentim. **Avaliação ergonômica de postos de trabalho no setor de préimpressão de uma indústria gráfica**. 2009. Disponível em: http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2009_1_Fabricio.pdf. Acesso em: 19 mar. 2020.

NEUFELD, Derrick J.; FANG, Yulin. 2005. Individual, social and situational determinants of telecommuter productivity. **Information & Management**, v. 42, n. 7, p. 1037-1049, 2005.

OSELAND, N.; HODSMAN, P. A psychoacoustical approach to resolving office noise distraction. *Journal of Corporate Real Estate*, v. 20, n. 4, p. 260-280, 2018. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JCRE-08-2017-0021/full/html>. Acesso em: 27 out. 2020.

OWL LABS. **Global State of Remote Work**. Disponível em: <https://www.owllabs.com/state-of-remote-work/2018>. Acesso em: 28 jun. 2020.

PARNIN, Chris; DeLINE, Robert. Evaluating cues for resuming interrupted programming tasks. *In: PROCEEDINGS OF THE SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, p. 93-102, 2010.

PINEL, M. F. L. **Teletrabalho**: o trabalho na era digital. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis). Faculdade de Administração e Finanças, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1998.

ROCHA, B. S. **Home office**: o ponto de equilíbrio entre a qualidade de vida e a produtividade. 2014. Trabalho de Conclusão (Curso de Administração), Cesuca Faculdade Inedi, Cachoeirinha, 2014.

ROELOFSEN, P. Healthy ageing and the built environment. **Intelligent Buildings International**, v. 6, n. 1, p. 3-10, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17508975.2013.775097>. Acesso em: 30 out. 2020. doi: 10.1080/17508975.2013.775097.

ROHLES, F. H. Temperature and temperament. a psychologist looks at comfort. **ASHRAE Journal**, p. 14-22, fev. 2007. Disponível em: https://www.healthyheating.com/Thermal_Comfort_Working_Copy/downloads/Rohles_view_only.pdf. Acesso em: 10 out. 2020.

ROWAN, M. P.; WRIGHT, P. C. Ergonomics is good for business. **Facilities**. v. 13, n. 8, p. 18-25, 1995.

SAKELLARIS, I. A.; SARAGA, D. E.; MANDIN, C.; RODA, C.; FOSSATI, S.; DE KLUIZENAAR, Y.; CARRER, P.; DIMITROULOPOULOU, S.; MIHUCZ, V. G.; SZIGETI, T.; HÄNNINEN, O.; DE OLIVEIRA FERNANDES, E.; BARTZIS, J. G.; BLUYSSSEN, P. M. Perceived indoor environment and occupants' comfort in european "modern" office buildings: the OFFICAIR study. **Int J Environ Res Public Health**, v. 13, n. 5, abr. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27120608/>. Acesso em: 23 out. 2020. doi: 10.3390/ijerph13050444.

SANCHEZ, Heider; ROBBES, Romain; GONZALEZ, Victor M. An empirical study of work fragmentation in software evolution tasks. *In: 2015 IEEE 22ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ANALYSIS, EVOLUTION, AND REENGINEERING (SANER)*. IEEE, p. 251-260, 2015.

SCOPEL, Juliana; OLIVEIRA, Paulo Antônio Barros; WEHRMEISTER, Fernando César. LER/DORT na terceira década da reestruturação bancária: novos fatores associados? **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 46, n. 5, p. 875-885, out. 2012.

SCOTT, P. A. **Ergonomics in developing regions: needs and applications**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009.

SHARAN, D.; PARIJAT, P.; SASIDHARAN, A. P.; RANGANATHAN, R.; MOHANDOSS, M.; JOSE, J. Work style risk factors for work related musculoskeletal symptoms among computer professionals in India. **Journal of Occupational Rehabilitation**, v. 21, n. 4, p. 520-525, 2011.

SHIKDAR, A. A. Identification of ergonomic issues that affect workers in oilrigs in desert environment. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomic**, v. 1, n. 8, p. 169-177, 2002.

SILVA, Andreia de Oliveira. **A ergonomia no ambiente de trabalho: um estudo de caso na SUPGA/SERPRO**. 2006.

Disponível em:
<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/8921/1/9950106.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020.

SINGLETON, W. T. *The body at work*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1982.

SOARES, M. M. 21 anos da ABERGO: a ergonomia brasileira atingiu a sua maioria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 13, 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2004. 1 CD-ROM.

SOBRATT. **9 empresas de TI que adotam *Home office* no Brasil**, nov. 2016. Disponível em:
<http://www.sobratt.org.br/index.php/16112016-9-empresas-de-ti-que-adotam-home-office-no-brasil/>. Acesso em: 18 mar. 2020.

SUNNEBO, Dominic. iPhone X tem excelente performance no Reino Unido, China e Japão. **Kantar Worldpanel**, 10 jan.2019. Disponível em:
<https://br.kantar.com/tecnologia/m%C3%B3vel/2018/kantar-worldpanel-comtech-smartphone-marketshare-mes-destaques-1/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

VALENTIM, João Hilário. **Direito do trabalho**. 4. ed. Niterói: Impetus, 2010.

VASILESCU, Bogdan; BLINCOE, Kelly; XUAN, Qi; CASALNUOVO, Casey; DAMIAN, Daniela; DEVANBU, Premkumar; FILKOV, Vladimir. The sky is not the limit: multi-tasking across GitHub projects. In: PROCEEDINGS OF THE 38TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING, p. 994-1005, 2016.

VEITCH, J. A.; GALASIU A. D. (2012) The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home:

review and research agenda. Research Report, 2012. doi: 10.4224/20375039.

VIEGAS, Louise Raissa Teixeira, ALMEIDA, Milena Maria Cordeiro de. Perfil epidemiológico dos casos de LER/DORT entre trabalhadores da indústria no Brasil no período de 2007 a 2013. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 41, p. 22, dez. 2016.

WILSON, J. R. Solution ownership in participative work redesign: the case of a crane control room. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 15, p. 329-344, 1995.

WILSON, J. R. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. **Applied Ergonomics**, v. 31, p. 557-567, 2000.

WOLF, Timo; SCHROTER, Adrian; DAMIAN, Daniela; NGUYEN, Thanh. Predicting build failures using social network analysis on developer communication. *In: 2009 IEEE 31ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING*, 2009.

Sobre os autores

David Caravana de Castro Moraes Ricci

Mestrando em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras - RJ. Graduado em Engenharia de Computação pela USS, com ênfase em desenvolvimento de software, com passagem pela Trinity College Dublin (TCD) em 2014 como bolsista da CAPES pelo programa Ciência sem Fronteiras do Governo Federal.

Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor e Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Especialista em Métodos Estatísticos Computacionais e Bacharel em Matemática com Habilitação em Informática pela

UFJF. Professor Adjunto da Universidade Federal de Juiz de Fora. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Juiz de Fora. Professor dos cursos de Computação do UniAcademia, da FMG e da Universidade de Vassouras.

Capítulo 3 - Tecnologias ambientais: motor da economia circular?

Autores: Paulo Wilton da Luz Camara; Ana Carolina Cellular Massone

Resumo: O consumismo no mundo atual é tão intenso, e a quantidade de lixo gerada é tão grande que devemos nos preocupar com o processo de reaproveitamento e reciclagem. Pensando a esse respeito, trazemos à tona o conceito de economia circular, que tem como estratégia aproveitar o descarte de matéria de uma empresa e utilizar no processo de produção de outra, gerando um ciclo sustentável. Como tecnologias de ponta destacamos as ambientais, que usam o ambiente para gerar algum proveito para a sociedade, seja energia, melhores estruturas a partir de sua observação ou simplesmente, o reaproveitamento das matérias. Painéis fotovoltaicos representam parte da energia produzida pelo mundo hoje em dia, e se enquadram em tecnologias ambientais, sendo responsáveis por grandes descartes no futuro, por isso necessitando de um ciclo fechado na economia circular. Este capítulo tem por objetivo alimentar a discussão sobre economia circular e tecnologias ambientais. Parte da ideia de que as tecnologias ambientais representam um impulso para preparar,

desenvolver e aplicar a economia circular. A partir dos encaminhamentos sobre os pilares ambientais, discorre sobre as conceituações de tecnologias ambientais e economia circular, pretendendo trazer à tona esse pressuposto. Considerando o estado da arte conceitual de economia circular, este capítulo oferece uma definição mais aprimorada e transparente sobre esse tema. Elege a utilização da energia solar como uma das principais tecnologias ambientais, em razão da sua grande viabilidade, evolução mercadológica e potencial para o desenvolvimento de soluções eficazes para aplicação da economia circular. E adiciona à discussão a reciclagem e reutilização de resíduos provenientes da utilização dessa tecnologia, considerando o problema ambiental que se avizinha. Esse problema diz respeito ao volume de descarte dos seus sistemas.

Palavras-chave: economia circular; tecnologias ambientais; energia fotovoltaica; meio ambiente.

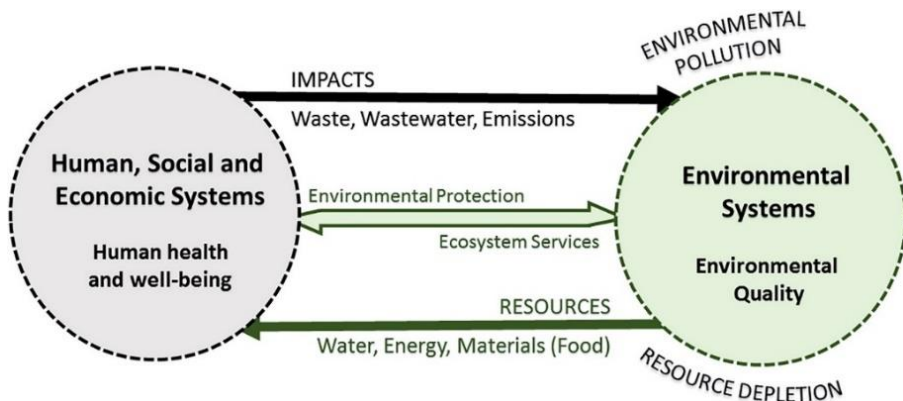
Introdução

Tecnologias ambientais é uma expressão que remete a meio ambiente, cuja natural associação é a sustentabilidade, construindo os entendimentos de “ambiente sustentável” e por extensão, “desenvolvimento sustentável”. Também a abordagem sobre Economia Circular (EC) vem fazendo parte cada vez mais dos estudos e pesquisas, no que toca ao meio ambiente. A literatura sobre a EC é vasta, mas também é notável uma certa dissonância cognitiva no meio acadêmico e como consequência, no profissional (ou vice-versa).

Nas últimas décadas, temos presenciado uma grande preocupação universal com o meio ambiente. Essa preocupação refere-se às permanentes ações de degradação (voluntárias ou não) e à falta de políticas suficientes para a contenção dessas ações, bem como à necessidade de maior aquisição da chamada “consciência verde”. MARTIN, MARIS e SIMBERLOFF (2016, p. 506) auxiliam o direcionamento dessa preocupação, ao afirmarem que “a humanidade enfrenta uma infinidade de desafios ambientais, dentre eles o esgotamento de recursos, deterioração

dos serviços ecossistêmicos, poluição, perda de biodiversidade e mudanças climáticas”, o que é demonstrado na figura 1.

Figura 1: Interações entre o ser humano e o meio ambiente e seus impactos na qualidade ambiental.



Fonte: Martin, Maris e Simberloff (2016).

Como orientação basilar, a Constituição Federal do Brasil, em seu artigo 225, prevê que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1990).

De acordo com Silva (2009), o termo meio ambiente (*milieu ambiance*) teria sido usado originalmente por Geoffrey de Saint-Hilaire (*milieu*: “lugar onde se encontra um ser vivo” e *ambiance*:

“o que rodeia esse ser”). Sempre existiu aí uma discussão acerca da redundância na expressão (meio ambiente), pelo fato de que as duas palavras que a compõe possuem idênticos significados, segundo Freitas (2001). Situação semântica ou não, as definições mais comuns remetem ao mesmo entendimento. No Brasil, de acordo com o Artigo 3º, inciso I, da Lei 6.938/1981 que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), “Meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981). Na mesma linha, a Organização das Nações Unidas (ONU) declara que “Meio ambiente é o conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e as atividades humanas”. Contribuindo com esse entendimento, conhecido ficou o texto cunhado por Kennedy, em seu discurso “Estratégia para a Paz”:

“O laço essencial que nos une é que todos habitamos este pequeno planeta. Todos respiramos o mesmo ar. Todos nos preocupamos com o futuro dos nossos filhos. E todos somos mortais” (JOHN KENNEDY, 1963).

A expressão “desenvolvimento sustentável” parece ter sido usada pela primeira vez em 1987, por Gro Harlem Brundtland enquanto presidente da *Commission on Environment and Development* da ONU, tornando-se então a definição mais comum: “Desenvolvimento sustentável significa suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987). Na mesma linha, Jibril (2011) defende que desenvolvimento sustentável significa o uso dos recursos do meio ambiente de maneira a não eliminá-lo ou degradá-lo, de forma a diminuir a sua utilidade para gerações futuras.

Em 2015, a ONU apresentou um abrangente programa de desenvolvimento sustentável para os 15 anos seguintes, a Agenda 2030 (conhecida como Pacto Global), representada por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Destaca-se aí o setor privado como representante do poder econômico e desenvolvedor de inovações tecnológicas, com capacidade para envolver os vários públicos-alvo, como pode ser observado em Organização das Nações Unidas (2015). Esses 17 ODS são extrapolados em 166 estratégias, que por sua vez vão se subdividir em outras centenas (ou milhares¹) de ações. Verifica-se que dos 17

¹ De acordo com o plano de trabalho de cada organização protagonista.

ODS, 12 deles têm envolvimento direto (como dependente ou fomentador) com o meio ambiente.

Em verdade, tem havido evolução na forma como a humanidade encara a relação entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente. A origem disto está na crescente conscientização humana em relação ao ambiente, o que obviamente vem despertando de forma progressiva o interesse empresarial. Não é à toa que a economia circular está ocupando um espaço cada vez maior nas pesquisas, estudos e publicações ligadas ao pensamento ambiental. Mas o que é economia circular? Como definido por Ideia Circular,

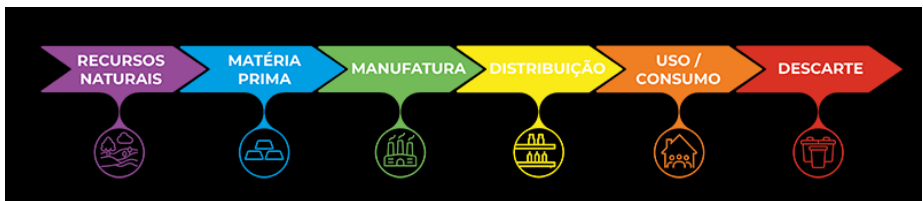
“A economia circular é uma nova forma de pensar o nosso futuro e como nos relacionamos com o planeta, dissociando o crescimento econômico e o bem-estar humano do consumo crescente de novos recursos. Para isso, materiais circulam no máximo de seu valor como nutrientes técnicos ou biológicos em sistemas industriais integrados, restaurativos e regenerativos” (IDEIA CIRCULAR, 2020).

Podemos considerar então EC como a antítese da tradicional economia linear, que tem como base o modelo “extrair, produzir e descartar”, como ilustrado nas figuras 2 e 3. O conceito mais conhecido da EC considera o “*cradle to cradle*” (do berço ao berço²) ou C2C, criado por McDonough e Braungart (2014), representando uma excelente oportunidade de inovação para a criação ou desenvolvimento de negócios. Destaca-se como uma

² Significando criar e reciclar indefinidamente. A expressão oponente é “*cradle to grave*” (do berço à cova), apresentada pelos mesmos autores.

das referências nesse cenário a *Ellen MacArthur Foundation*, cuja missão declarada é acelerar a transição rumo a uma economia circular. Ela envolve empresas, governos e academia para trabalhar uma economia baseada no conceito *cradle to cradle*. Essa instituição defende que “Uma economia circular é baseada nos princípios de eliminação de resíduos e poluição, manutenção de produtos e materiais em uso e regeneração de sistemas naturais” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2010).

Figura 2 – Economia linear.

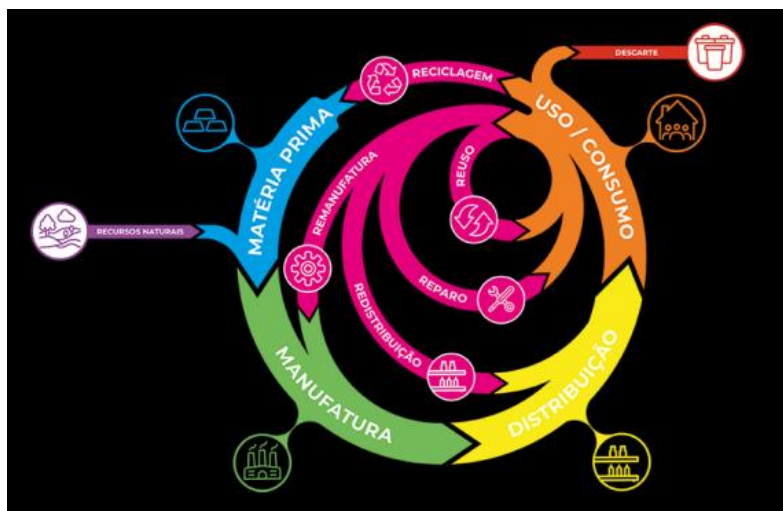


Fonte: Ideia Circular (2020).

E as Tecnologias Ambientais (TAs) complementam todo esse contexto. Fechando essa relação: uma vez comentados os significados de meio ambiente, desenvolvimento sustentável e EC, resta estabelecer um entendimento padrão sobre TA. De acordo com Voulvoulis e Burgman (2019), a ciência ambiental abrange o estudo dos mecanismos e processos envolvidos com as nossas interferências no meio ambiente, considerando a sua

complexidade, como consequência produzida pelas modificações econômicas, tecnológicas e sociais. Já as tecnologias ambientais representam a possibilidade de direcionar o conhecimento produzido para a realização de ações necessárias à prevenção ou mitigação dos riscos ambientais. Elas possibilitam transformar os modelos como interagimos com a natureza, através da aplicação do conhecimento científico adquirido, acelerado pela descoberta e evolução tecnológicas.

Figura 3 – Economia circular.



Fonte: Ideia Circular (2020).

Nesse contexto, destacamos as tecnologias utilizadoras de fontes de energias limpas (renováveis). Como exemplo, podemos citar a dessalinização da água do mar para maior disponibilização de

água potável, o aproveitamento da energia eólica, a produção de biomassa, a transformação em óleo de qualquer resíduo à base de carbono, a conversão de energia térmica do oceano, o aproveitamento energético das ondas e marés e a energia do sol, conhecida como energia solar ou fotovoltaica, dentre algumas outras. A energia fotovoltaica merece um destaque especial, tendo em vista a sua alta competitividade, traduzida no seu crescente aumento de *market share*. Em paralelo, oferece uma grande contribuição econômica. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2020), em 2019, o Brasil classificou-se entre os dez países que mais geraram emprego no setor de energia solar fotovoltaica, ficando em oitavo lugar, à frente da Alemanha e Reino Unido.

A energia fotovoltaica (PV) oferece uma discussão prática e relevante sobre economia circular - que ainda não possui uma solução viável - por ser uma das tecnologias mais comentadas e implementadas nesses últimos tempos. Essa tecnologia converte luz solar diretamente em eletricidade. O sistema consiste em células fotovoltaicas que estão conectadas para formar um módulo completo e componentes adicionais, incluindo o inversor, controles e às vezes uma bateria. Hoje em dia no mercado existem o módulo de silício e uma variedade de tecnologias de filmes finos.

Essas tecnologias são classificadas em três gerações, dependendo do material básico utilizado e do nível de maturidade comercial (BRENNER e ADAMOVIC, 2017). A primeira é baseada em silício cristalino e representa 85% do mercado mundial, em razão do seu alto rendimento na transformação (solar-energia elétrica). A segunda geração é baseada em filmes finos, representando 15% do mercado global. A tecnologia de terceira geração baseia-se na utilização de materiais orgânicos e pontos quânticos (em substituição ao silício), que ainda se encontra nas fases de pesquisa e desenvolvimento, carrega a expectativa de apresentar maior eficiência e menor custo.

Embora os volumes de PV de fim de vida sejam pequenos até o momento, estima-se que o número cresça dramaticamente no futuro próximo. Isso levanta preocupações sobre como gerenciá-los para o descarte. Métodos eficazes de gestão precisam ser desenvolvidos e implementados agressivamente para evitar que grandes volumes de resíduos perigosos sejam descartados em aterros. Ao mesmo tempo, os resíduos fotovoltaicos também podem ser vistos como uma fonte potencial de materiais valiosos. O desenvolvimento de tecnologias para isolar esses materiais ajudarão a desviar os resíduos dos aterros, reduzindo a dependência de recursos virgens e aumento da sustentabilidade

econômica (MATHUR, SINGH & SUTHERLAND, 2020). Logo, trazer o conceito de economia circular para esse material é de fundamental importância para a sustentabilidade das gerações futuras.

Este trabalho possui três objetivos: o primeiro é contribuir para a coerência na formação do conceito de EC, alicerçado pelo estabelecimento de um entendimento mais padronizado sobre o seu significado. O segundo é trazer à tona e, de certa forma, iluminar os atuais estudos acerca do binômio tecnologias ambientais e EC, quanto à contribuição dessas tecnologias para a implantação e desenvolvimento da cultura de EC. E o terceiro é fortalecer a discussão sobre a apresentação da reciclagem e reutilização de resíduos provenientes da utilização de variadas tecnologias ambientais, em especial a energia fotovoltaica, como motor da EC.

Economia Circular

Nesta seção pretende-se estabelecer uma discussão sobre EC, buscando um posicionamento mais padronizado sobre o seu significado e conseqüente definição. Como auxílio à construção dessa discussão, são abordadas de forma sintética as principais escolas de pensamento que deram origem a esse(s) significado(s).

Abre-se também uma abordagem sobre direcionamentos conceituais.

Escolas de pensamento da economia circular

Escolas de pensamento são formadas por grupos de estudiosos de determinados temas, que conjugam das mesmas crenças e pesquisam problemas semelhantes. O modelo de EC, recente e essencialmente transdisciplinar, foi fundamentado e construído com base em algumas delas, apresentando-se como principais a (1) Economia de Performance, (2) a *Cradle to Cradle*, (3) a Biomimética, (4) a Ecologia Industrial, (5) o Design Regenerativo e a (6) *Blue Economy* (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

A Economia de Performance, abordagem defendida por Walter Stahel, apresenta como objetivo um melhor resultado econômico, através da maximização do uso dos recursos materiais e da energia, criando o maior valor possível através da redução do consumo dos recursos. Essa abordagem aponta para a extensão do ciclo de vida de um produto, com base no desenvolvimento de novas tecnologias (STAHHEL, 2006).

William McDonough e Michael Braungart (2003) criaram a *Cradle to Cradle*, talvez a mais conhecida e difundida. O foco dessa escola de pensamento é a eliminação do conceito de rejeito, considerando

que tudo o que é utilizado nas transformações industriais pode ser reutilizado como matéria prima para outros produtos. O seu foco é o design dos produtos criados para a reutilização contínua, tendo como consequência a redução dos impactos ambientais negativos. É a principal escola a incentivar a utilização das energias renováveis, com ênfase na energia solar.

Já a Biomimética³, considerada como uma das maiores tendências em inovação disruptiva (ou radical), começou a ganhar corpo a partir do livro de Janine Benyus (*Biomimicry: innovation inspired by nature*, 1997). É o aprendizado com o mundo natural. Baseia-se na observação do ecossistema, aproveitando ideias de design e imitando-os na construção de novas habilidades e processos para aplicação em soluções no mundo humano (HARGROVES & SMITH, 2006; TOGNATO, 2018). A figura 4 ilustra o conceito biomimético.

³ “A biomimética é uma ciência nova, que reúne biologia, engenharia, design e business para buscar respostas inspiradas nas soluções encontradas pela Natureza ao longo dos 3,8 bilhões de anos de evolução da Vida na Terra” (<http://www.biomimetica.com.br/>).

Figura 4 - Parte frontal do trem-bala para um formato similar ao bico do pássaro Martim-pescador.



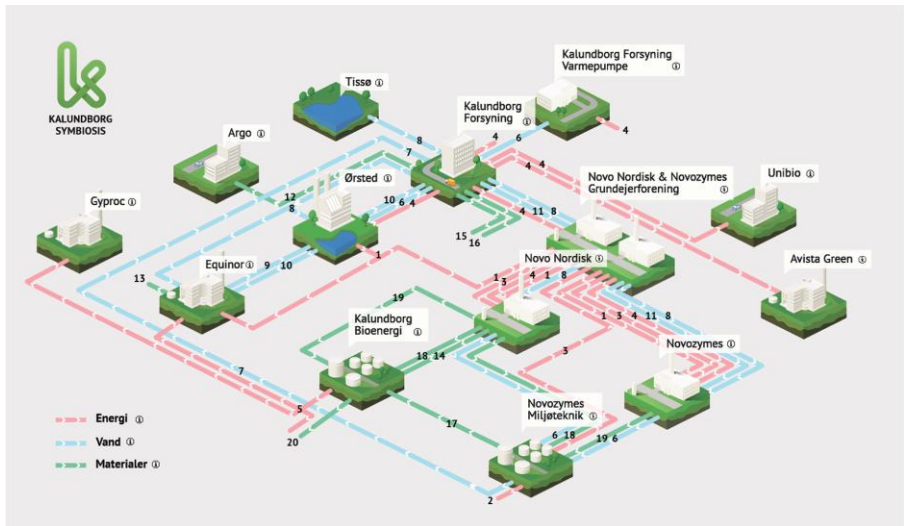
Fonte: www.tecmundo.com.br.

A Ecologia Industrial (também conhecida como Simbiose Industrial) é idealizada por Reid Lifset e Thomas Graedel, apresenta-se bem alinhada com a abordagem *Cradle to Cradle*. Está centrada em buscar soluções para problemas como utilização de materiais, consumo de água e manejo de resíduos, dentre outros. Defende o princípio de que a redução do consumo de recursos naturais (utilizados na manufatura) é um contributo importante para o crescimento econômico.

De acordo com Chertow (*in* TOGNATO, 2018), “a Ecologia Industrial está preocupada principalmente com os fluxos de materiais e energia através de sistemas em diferentes escalas, de produtos a fábricas e até os níveis nacional e global”. Nesta direção, observa-se como exemplo o modelo simbiótico de Kalundborg, Dinamarca (ilustrado na figura 5): 11 empresas (privadas e

públicas) uniram-se para o desenvolvimento de um projeto colaborativo, criando um ciclo rotacional de aproveitamento de resíduos. O direcionamento de todo o processo considera como possíveis recursos de uma empresa os resíduos gerados pela produção/comercialização de outra (BERKEL, 2005; TOGNATO, 2018; KALUNDBORG SYMBIOSIS, 2020).

Figura 5 – Modelo Kalundborg Symbiosis.



Fonte: Kalundborg (2020).

John T. Lyle foi o articulador do Design Regenerativo. Esse conceito orienta a aplicação de um planejamento sistêmico na busca do reequilíbrio ambiental via processos restaurativos. Implica também na regeneração das próprias fontes de energia e

matéria-prima. Essa escola de pensamento foi a base para a economia circular (cujo conceito geral incorporou as articulações das demais escolas), apresentando-se como a evolução da sustentabilidade. Essa “evolução” é explicada pelo fato de que a sustentabilidade propõe a diminuição dos impactos ambientais, enquanto o design regenerativo persegue a aplicação de formas diversas que possibilitem a natureza a se restaurar (MANG E HAGGARD, 2016; WAHL, 2019; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020).

E finalmente a *Blue Economy*, elaborada por Gunter Pauli, cuja estrutura lembra uma metodologia auxiliar de planejamento da ciência da administração conhecida como “Estratégia do Oceano Azul”. A abordagem utilizada por essa escola está centrada na utilização de elementos disponíveis na natureza e que não são normalmente valorizados. Propõe a busca da inovação com ações empreendedoras e novos modelos de negócios (que não valorize apenas o *core business*). O modelo incentiva a identificação de oportunidades com aproveitamento de recursos naturais disponíveis localmente, para adicionar valor e produzir bens úteis, contribuindo com a criação de novos postos de trabalho. Coloca ênfase na transformação de economias locais com a utilização de

ideias realistas e aplicáveis, visando o impacto econômico como resultado do potencial existente (PAULI, 2010).

Pelo que foi visto, não é possível eleger mais ou menos importantes escolas de pensamento, na medida em que todas oferecem contribuições para o entendimento, através da apresentação de adequados e relevantes aspectos. Tanto é assim que na observação do mais conhecido conceito de EC, não se verifica nenhum antagonismo, como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Contribuição de cada Escola de Pensamento para a formação do conceito de Economia Circular.

Abordagem / Escola de Pensamento	Foco como contribuição para o conceito de Economia Circular
Economia de Performance	Resultado econômico via maximização do uso dos recursos materiais e da energia, criando valor com a redução do consumo de recursos.
<i>Cradle to Cradle</i>	Eliminação do conceito de rejeito; tudo pode ser reutilizado como matéria prima para outros produtos. Principal escola a incentivar o uso de energias renováveis.
Biomimética	Aproveitamento de ideias de <i>design</i> no ecossistema, imitando-as na construção de novas habilidades e processos para aplicação em soluções.

Ecologia Industrial	Redução do consumo de recursos naturais (utilizados na manufatura) como contribuinte para o crescimento econômico.
Design Regenerativo	Aplicação de planejamento sistêmico para o reequilíbrio ambiental via processos restaurativos.
<i>Blue Economy</i>	Utilização de elementos disponíveis localmente na natureza que não são normalmente valorizados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A sintetização apresentada no quadro acima demonstra que o conjunto de abordagens é realmente capaz de formar o entendimento sobre o significado de EC, no que diz respeito ao menor consumo de recursos, eliminação do conceito de rejeito e reutilização permanente. E também é possível constatar que a utilização universal de *Cradle to Cradle* como representante do conceito de EC pode ser creditada à maior disseminação dessa abordagem.

O “Estado da Arte” Conceitual

EC é um tema emergente que cada vez mais tem atraído o interesse de pesquisadores acadêmicos e profissionais. Como

pontuado no início deste capítulo, a literatura sobre EC é vasta, mas também é notável uma diversidade e incompletude, no que tange ao seu significado e consequente conceituação. E qual a importância de um conceito? Pode-se considerar que o estabelecimento de um conceito, qualquer que seja, não é um posicionamento meramente teórico, mas sim um construto de entendimento. A falta de consenso e coerência em um conceito pode perpetuar o impasse, não só na pesquisa, mas também nas atividades práticas, porque implica impedir o desenvolvimento do conhecimento sobre o tema. Na medida em que existe um conceito formatado e sob maior consenso, o entendimento sobre o significado (e vice-versa) torna-se mais fácil. Mas o caminho até esse consenso geralmente não é tão fácil.

Considera-se como relativamente novo o conceito de EC. Ele é frequentemente citado através de combinações entre expressões como reduzir, reciclar e reutilizar, sendo que muitas vezes o aspecto da mudança sistêmica (importante!), por exemplo, não é evidenciado. Já vimos os conceitos defendidos por Ellen MacArthur Foundation (2010) e Ideia Circular (2020). Com o objetivo de mergulhar nesse “estado da arte”, recorreu-se ao abrangente estudo de Kirchherr, Reike e Hekkert (2017). Eles analisaram nada mais do que 114 definições de EC.

Como resultado dessa análise e dentre outras várias considerações, defendem que a EC representa antes de mais nada uma mudança sistêmica. Levam à percepção de que a aceitação dessa necessidade de mudança é o pano de fundo para a construção do seu significado e oferecem uma definição de EC:

“... como um sistema econômico que substitui o conceito de "fim de vida" com a redução, alternativa reutilização, reciclagem e recuperação de materiais em processos de produção, distribuição e consumo. Atua no nível micro (produtos, empresas, consumidores), nível meso (parques ecoindustriais) e nível macro (cidade, região, nação e além), com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, criando assim simultaneamente qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, em benefício das gerações atuais e futuras. É possibilitado por novos modelos de negócios e consumidores responsáveis”. (KIRCHHERR, REIKE e HEKKERT, 2017, p. 229).

Entretanto, a partir da definição acima e considerando – e aceitando-os direcionamentos das seis escolas de pensamento, é possível, em um arroubo de audácia, elaborar uma definição mais aprimorada e transparente de EC. Poderia ser descrita como: A EC é uma evolução da sustentabilidade, eliminando o conceito de “fim de vida”. Propõe uma transformação cultural e econômica sistêmica, com a maximização do uso dos recursos materiais e das energias renováveis, criando valor com a redução do consumo de

recursos. Entenda-se como redução, a reutilização via reciclagem e/ou recuperação, de materiais em processos de produção, distribuição e consumo, buscando a eliminação do rejeito. É uma fonte de inovação por excelência, direcionando para o aproveitamento de ideias identificadas no ecossistema, utilizando-as para aplicação de novos processos e soluções. Oportuniza o desenvolvimento do empreendedorismo em novos negócios com atenção na utilização de recursos naturais locais e utilização das tecnologias ambientais, contribuindo também para o reequilíbrio ambiental com processos restaurativos.

Como percebido, EC significa muito mais do que a “simples” sustentabilidade.

Certificação de Produtos - Uma Consequência da Mudança de Cultura

De uma maneira geral, já é possível perceber uma lenta, mas firme mudança na cultura com relação ao meio ambiente. A mudança diz respeito a novos hábitos de compra, uso e consumo por parte da população, que começa a aumentar o interesse por produtos “mais verdes”. Esse interesse diz respeito a produtos reconhecidamente fabricados em consonância com os preceitos de preservação ambiental. E é claro que isso já foi percebido pela

indústria, que começa a se movimentar para estrategicamente adaptar seus modelos de negócios às demandas do mercado.

Nesse contexto, a EC “pega uma carona”, com o *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* (Oakland, Califórnia, Estados Unidos), criador de um processo para a certificação de produtos e materiais. A organização avalia o impacto dos mesmos em relação ao ambiente e confere (ou não) um certificado, em uma das cinco categorias existentes. Trata-se da Certificação *Cradle to Cradle* (C2C) (Fraga, 2019), que vem provocando o interesse das empresas, na busca por produtos menos agressivos ao meio ambiente e ao mesmo tempo mais eficientes. O primeiro benefício visível da obtenção da Certificação C2C por parte de uma empresa é a sua imagem no mercado, contribuindo para uma maior competitividade ⁴.

A certificação segue um sistema de análise e verificação de todo o ciclo de vida do produto a partir da sua ideação, matérias primas utilizadas, materiais e seus processos produtivos, determinando a sua capacidade de retorno à origem (o berço). Sua linha de avaliação está centrada na relação entre a utilização dos recursos naturais e a criação de produtos que ao final de sua utilização,

⁴ A Certificação C2C confere um “selo”, que pode ser estampado na embalagem dos produtos e compor a identidade visual da empresa, por exemplo.

ofereçam condições de aproveitamento para novos produtos e a utilização dos recursos naturais. Segundo o *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* (2013), o programa de Certificação C2C teve início em 2005, já tendo realizado mais de 600 certificações em 30 países. E fica aqui a ideia de implantação futura de um “*Cradle to Cradle Brasil*”.

Casos de Sucesso

Alguns casos de sucesso serão apresentados a fim de incentivar o modelo de EC. O primeiro caso a ser discutido é a implementação de economia circular na China, em termos de ferro e aço.

Esforços governamentais relevantes têm sido usados para desenvolver um processo de economia circular para resolver o problema emergido na indústria de ferro e aço, e consequentemente a produção limpa. Para atender à grande demanda por minério de ferro, por vários anos a empresa WISG na cidade de Wuan (China) e outras empresas pré-trataram minérios de ferro de baixo teor.

Em 2010, as tecnologias evoluíram da fase inicial de investigação para uma tecnologia madura que poderia ser empregada em larga escala e tratar mais de 30% do minério de ferro, com uma taxa de utilização de recursos próxima a 85%. Tecnologias maduras de

pré-tratamento de minério garantiram, assim, o bom funcionamento dos altos-fornos e a redução de emissões de resíduos.

Em segundo lugar, a indústria de processamento de escória começou a prosperar nos últimos anos. Para otimizar o uso de resíduos sólidos enquanto minimiza a poluição de poeira, tecnologias para tratamento do pó de escória foram introduzidas e popularizadas na indústria siderúrgica local. Com base nessas tecnologias, a escória de alto-forno tem sido usada para substituir parte do cimento na produção do concreto, equivalente a 50%. Parte da escória do conversor é tratada com separação magnética para recuperar o ferro. Desta forma, a WISG formou uma cadeia industrial com utilização de recursos altamente eficiente. Outro recurso secundário na indústria do aço é a grande quantidade de gases emitidos pelos altos-fornos e conversores. Antes de 2008, esses gases, como subprodutos de altos-fornos ou conversores, eram geralmente queimados sem gerar calor ou eletricidade, especialmente em pequenas fábricas. Após a reorganização, eles foram reconhecidos como recursos valiosos e têm sido comumente usados como combustíveis nas siderúrgicas ou nas caldeiras de usinas equipadas para queimá-las (Ma *et al.*, 2014)

O segundo caso é da indústria alimentícia, que produz elevados desperdícios de alimento. A ideia principal é tratar o alimento para produção de adubo e energia.

Cerca de um terço dos alimentos são desperdiçados globalmente, desprezando recursos valiosos. Seguindo os princípios da economia circular, esses desperdícios precisam ser evitados. Uma visão do Reino Unido é apresentada, a fim de demonstrar o ganho com energia e adubação.

Quatro tratamentos são considerados para tratar o lixo orgânico: digestão anaeróbica⁵, compostagem em vasos, incineração e aterro.

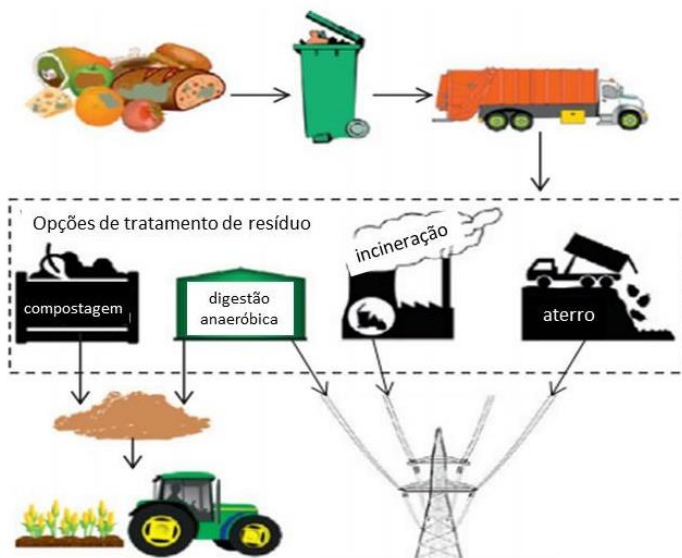
Slorach *et al.* (2019) defendem que a digestão anaeróbia tem os menores impactos ambientais, incluindo potencial de aquecimento global negativo líquido. O valor do carbono negativo é o valor líquido das emissões e remoções de carbono que ocorreram durante a fabricação do produto. A compostagem interna é a opção de menor impacto para a economia circular, pois só existe um beneficiário, em contraste com a preferência mundial,

⁵ A digestão anaeróbia pode ser considerada como um ecossistema onde diversos grupos de microrganismos trabalham interativamente na conversão da matéria orgânica complexa em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia, além de novas células bacterianas (atividaderural.com.br/artigos/4e9daadae639a.pdf).

que é a incineração. A incineração tem os custos de ciclo de vida mais baixos (£ 71/t), enquanto o aterro é a opção mais cara (£ 123/t). Tratando o total de 4,9 milhões de toneladas de resíduos alimentares coletados anualmente de residências pelas autoridades locais, esses custos chegam a £ 452 milhões no Reino Unido e geram 0,34 milhões de toneladas de CO₂. Ambientalmente, a melhor opção seria tratar todos os resíduos alimentares via digestão anaeróbica e gerar energia primária. Isso também levaria a uma economia de £ 251 milhões/ano em comparação com a situação atual.

Pensando a respeito da EC nesse processo, as empresas de coleta de lixo se desenvolveriam no processo de reciclagem, teríamos desenvolvimento de indústrias para compostagem, digestão anaeróbica, incineração e aterros, todas focadas em adubo e geração de energia. Alimentando de energia pequenas empresas locais e a própria cidade em si. A figura 5 apresenta o esquema do processo que seria levado em consideração para o sistema de desperdício zero na gestão de alimentos.

Figura 5 – Modelo desperdício zero na gestão de alimentos.



Fonte: Slorach *et al.* (2019).

Tecnologias Ambientais

De acordo com SILVA (2002, p. 1), o uso do termo “tecnologia” é oriundo da revolução industrial no final do Século XVIII, comumente associado aos campos da engenharia. Através do tempo, ele tem sido generalizado, levando muitas vezes a interpretações dúbias. Resgatando comentário anterior, o objetivo desta seção é alinhar o entendimento do que significa o termo “tecnologias ambientais”, a partir da definição de tecnologia.

Alinhando o Significado

Antes da alusão às TAs, é interessante formar a exata percepção do termo “tecnologia”, já que ele é utilizado de maneira que muitas vezes remete apenas à existência de algo com altíssimo grau de conhecimento, o que não é totalmente verdadeiro. Obviamente é preciso diferenciar os seus vários níveis, mas tecnologia nada mais é do que um conjunto de conhecimentos técnicos e/ou científicos (compostos por métodos, processos e ferramentas) para aplicação em um assunto específico (Trevisan, 2006).

Kuehr (2007, in JABBOUR, 2010, p. 8) consolida três definições de TAs, de onde foi selecionada uma, julgada mais apropriada e completa. Ela aponta que “as tecnologias ambientais fomentam a melhoria contínua de processos, produtos e serviços, por meio da adequada conservação de matérias-primas e energia, reduzindo o consumo de substâncias tóxicas, desperdícios de recursos naturais e geração de poluição durante o ciclo produtivo”.

Tem-se verificado que em várias situações, o significado de TAs é confundido com os seus próprios resultados. Todavia, elas representam o desenvolvimento e direcionamento do conhecimento produzido para a realização de soluções e ações

estratégicas necessárias à prevenção ou mitigação dos riscos ambientais (VOULVOULIS & BURGMAN, 2019). Além disso, a natural evolução do conhecimento científico proporciona a descoberta e elaboração de novas tecnologias utilizadas para novas soluções no âmbito da economia circular.

Tecnologias Ambientais como Motor da Economia Circular

De uma forma geral, a EC dita que tudo deverá ser reutilizado dentro de processos de produção e comercialização, além do próprio consumo. O foco é gerar a recirculação de produtos reciclados ou descartados, que servirão de matéria prima para outros produtos e/ou processos.

Nesse contexto, as tecnologias ambientais têm um papel predominante, na medida em que apresentam enormes possibilidades de diversificação de aplicações, oferecendo soluções para vários aspectos de desenvolvimento da EC.

Atores de qualquer mercado que queiram estar inseridos no conceito de EC, por já terem percebido os possíveis benefícios consequentes, precisam se adaptar e inovar. As TAs são parte de uma área abrangente e relativamente nova do conhecimento - tanto corporativa quanto acadêmica -, conhecida como Gestão da Tecnologia. Como um nicho natural da área tecnológica, estudos

e consequentes pesquisas sobre a utilização das TAs vêm ganhando importância cada vez mais crescente. Isso explica o título deste capítulo, que identifica as tecnologias ambientais como motor da economia circular.

De acordo com o princípio de aplicação do conceito de EC, as indústrias devem ser motivadas à utilização de matérias primas recicláveis, com o menor desperdício e o mais baixo impacto ambiental possíveis. E à utilização do descarte consciente, de forma que outras empresas possam utilizar seus resíduos de produção e produtos finais descartados, como composições parciais de outras matérias primas.

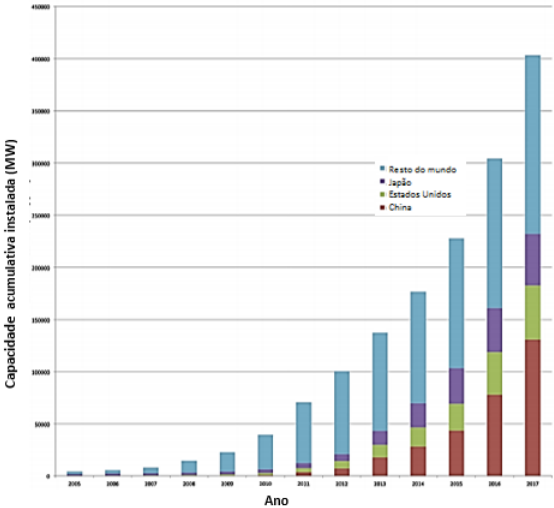
As indústrias em foco nesse contexto são as atuantes no mercado de energias renováveis, especialmente as de energia solar, com os painéis e células fotovoltaicas e seus componentes. Com um crescimento mundial de extrema importância, espera-se a ocorrência de descarte de seus sistemas nos próximos anos, gerando muito lixo industrial. Seus painéis de silício duram cerca de 25 a 30 anos, dependendo das condições ambientais, e são os que estão hoje em dia mais ajustados ao mercado mundial. Logo, propor soluções de reciclagem e EC através da aplicação de TAs é o foco em questão.

Energia Fotovoltaica no Mundo

O uso de tecnologias de energias renováveis tem crescido continuamente para reduzir a dependência da sociedade em combustíveis fósseis. Uma dessas tecnologias é a fotovoltaica, com crescimento acentuado. A capacidade de instalação global em 2017 foi de 403,3 GW (figura 6) (IRENA, 2018). Espera-se que isso cresça para 4500 GW até 2050 (figura 7). Estima-se que até 2040, 12,6% da demanda global de eletricidade seja atendida por PVs (ZHANG *et al.*, 2020).

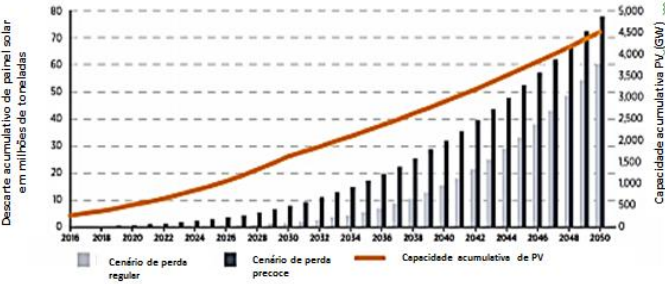
A vida útil média de um módulo PV de silício cristalino é 25-30 anos, logo os painéis instalados em 2005 serão reciclados em 2030. Com a demanda crescendo constantemente, os níveis de resíduos também irão aumentar e em 2050, o resíduo fotovoltaico cumulativo será cerca de 60-78 milhões de toneladas. Se esses PVs fossem recuperados, eles poderiam fornecer matéria-prima suficiente para fabricar novos, com capacidade equivalente a 630 GW (IEA-PVPS, 2016).

Figura 6 – Capacidade de geração de energia fotovoltaica no mundo.



Fonte: IRENA (2018).

Figura 7 – Projeção de energia acumulativa fotovoltaica até 2050 em GW.



Fonte: Kumar, Holuszko e Espinosa (2017).

Os maiores líderes em energia fotovoltaica no mundo são China, Japão e Estados Unidos. Como apresentado, o crescimento de energia fotovoltaica é exponencial e a previsão é de que em 2040 passe dos 2000 GW, chegando a mais que o dobro em 2050 de produção energética. Estima-se que em 2050 os resíduos fotovoltaicos na China cheguem a 20 milhões de toneladas, nos Estados Unidos a 10 milhões de toneladas e Japão e Índia em 7,5 milhões de toneladas cada (Figura 8). Tornando os Pvs fontes inesgotáveis de matéria prima reciclável.

Logo, programar estratégias de reciclagem de PV melhorado pode ajudar a conciliar a transição para energias renováveis com a necessidade de aplicação do conceito de EC, que minimiza economicamente o desperdício, maximiza a recuperação de materiais e mitiga o esgotamento de recursos relacionados a esse material.

Figura 8 - Projeção de massa acumulada de resíduos fotovoltaicos em Mt (milhões de toneladas).



Fonte: Heath *et al.* (2020).

Energia Fotovoltaica / Estrutura

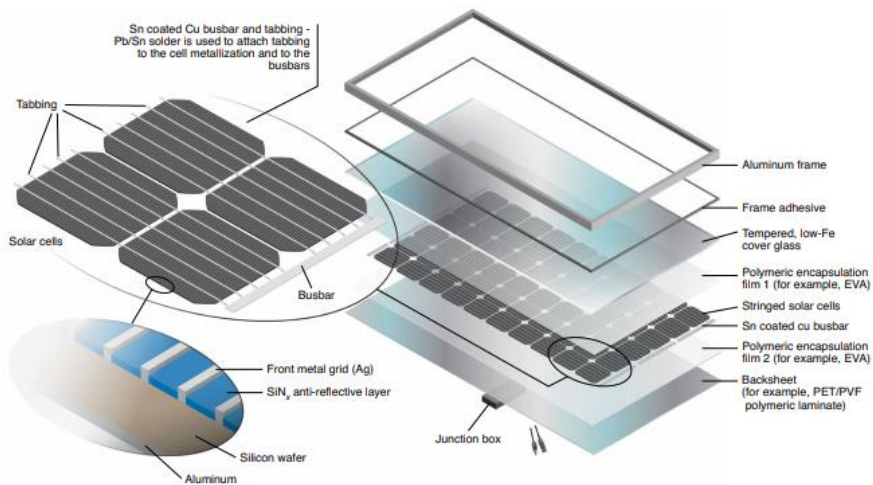
Módulos fotovoltaicos de primeira geração contêm metais finitos raros e preciosos que são extraídos da terra, como prata, cobre, alumínio, chumbo e estanho. E essa é uma lista de matérias-primas críticas. Então recuperar esse material se torna essencial para a indústria, para projetar novos produtos, a fim de se recuperar o valor mais facilmente.

A maioria dos módulos fotovoltaicos no mercado, hoje em dia, é de silício (c-Si), devido à sua alta eficiência, e seguem um padrão de design básico. Esta seção foca a reciclagem desses tipos de painéis, de primeira geração.

Os painéis possuem um design básico com células solares eletricamente interconectadas em série e encapsuladas em um módulo à prova d'água. As soldas são feitas de chumbo-estanho, as interconexões de cobre, a metalização à base de prata e as fitas de barramento de cobre revestidas de estanho. Uma lâmina de vidro temperado fornece suporte mecânico e uma barreira de umidade. Uma camada de polímero flexível, mais comumente chamado de (EVA - acetato-vinilo de etileno), acopla a camada da célula. Outra camada de folha de polímero de múltiplas camadas flexível isola eletricamente e protege a parte traseira do módulo. Folhas de polímero (PET-poli tereftalato de etila) são utilizadas para o isolamento elétrico, com uma fina camada de PVF (poli vinil fluoreto) para proteger a superfície externa da radiação UV (ultra violeta). Uma caixa de junção une as fitas dentro do módulo com os fios de cobre isolados fora do módulo (figura 9).

Pode-se então observar que basicamente o painel solar é feito de vidro com uma armação de alumínio, materiais metálicos, polímeros e silício puro dopado para ocorrer a corrente elétrica quando submetido à energia solar.

Figura 9 – Projeto fora de escala de um painel solar fotovoltaica padrão.



Fonte: Heath *et al.* (2020).

A Tabela 1 apresenta uma média dos valores de componentes solicitados para a composição de uma célula solar (FARREL *et al.*, 2020). A fim de investigar os valores de projeção para 2050 em termos de rejeitos de painéis fotovoltaicos, pode-se considerar o menor constituinte relatado na tabela 1, prata a 0,05 em peso de porcentagem. Sabendo que a projeção segundo o IEA-PVPS (2016) é de 60-78 milhões de toneladas de rejeitos de painéis no mundo em 2050, a prata significa o equivalente a uma fonte potencial de matéria prima reciclada em torno 0,03-0,039 milhões de toneladas. Isso também pode ser estendido para os outros constituintes dos módulos fotovoltaicos.

Tabela 1 – Componentes em peso de porcentagem de uma célula solar.

Componentes	Em peso de porcentagem (G.%)
Vidro	70,00
Armação	18,00
Encapsulante	5,10
Célula de Silício	3,65
Folha Traseira	1,50
Cabos	1,00
Condutor de Alumínio	0,53
Cobre	0,11
Prata	0,05
Chumbo e Estanho	0,05

Fonte: Adaptada pelos autores, de Gonen & Kaplanoglu (2019).

As projeções para 2050 incluem toneladas e toneladas de materiais decorrentes de PVs. Como não prever um processo de reciclagem desde agora? Inicialmente, com pouca relevância, fazendo testes motivados em menor consumo de energia e pouca poluição ambiental; depois agressivo, com grandes fábricas de reciclagem e reuso de materiais. Ainda há tempo para testar e escolher o melhor processo de reciclagem. No próximo item serão apresentados alguns processos de reciclagem.

Reciclagem

A maior contribuição em material e em custo do painel solar é a fonte de silício (c-Si), cerca de 50%. As reciclagens ainda convencionais dessa fonte aumentam o custo de US\$ 2 por kg para US\$ 10 por kg. O silício virgem ainda possui menor custo e maior viabilidade do que o silício reciclado (HEATH, 2020).

As etapas para a reciclagem dos módulos fotovoltaicos são a remoção manual da moldura de alumínio e caixa de junção. A destruição completa do módulo significa reciclar a camada de vidro, classificar o material previamente triturado, esmagar as camadas do laminado, separação e extração, dando fim aos materiais recuperados enviados aos respectivos recicladores. A saída desse processo são matérias primas secundárias e não produtos finais. Além disso, para que o silício seja usado em um circuito de processo fechado para produzir novos “wafers” e células, há um refinamento adicional e fundição necessária para remover impurezas e permitir a construção de um lingote de silício, mais uma vez (GRANATA *et al.*, 2014). Nesse modelo, não se leva em conta a quantidade de gasto de energia para a reciclagem, nem o consumo de água ou a emissão de carbono. São analisadas apenas a reciclagem e recirculação do produto.

Outro tipo de reciclagem é proposto pela empresa recicladora alemã *Impulstec GmbH* e permite a separação seletiva e

desmontagem de módulos fotovoltaicos usando um processo de reciclagem contínua de ondas de choque que ela fabrica chamado EHF 400. O módulo é mecanicamente pré-tratado e cortado em tamanhos menores antes do tratamento por ondas de choque. Isso pode tratar aproximadamente 4–10 módulos fotovoltaicos (c-Si) de 60 células padrão. A separação ocorre na interface entre o vidro frontal, EVA e camadas de silicone quando uma tensão entre 30 e 50 kV é usada. Os materiais constituintes (vidro, EVA, silício, cobre) alcançam mais de 90% de recuperação.

Existem diversos processos físicos, térmicos e químicos para tratar os componentes dos módulos fotovoltaicos, mas o encapsulante de EVA pode ser considerado o material mais problemático em módulos fotovoltaicos, devido à sua degradação ao longo do tempo. À medida que se degrada, menos luz é transmitida através das células solares e isso diminui o total de potência de saída do módulo. A delaminação dos módulos fotovoltaicos têm sido a etapa mais difícil da reciclagem. Segundo Farrel *et al.* (2020), a pirólise é o método que melhor se adapta aos conceitos de uma separação relativamente limpa das camadas, sem a necessidade de produtos químicos perigosos. Além disso, a pirólise pode fornecer energia para ajudar a auxiliar a delaminação de outros painéis e

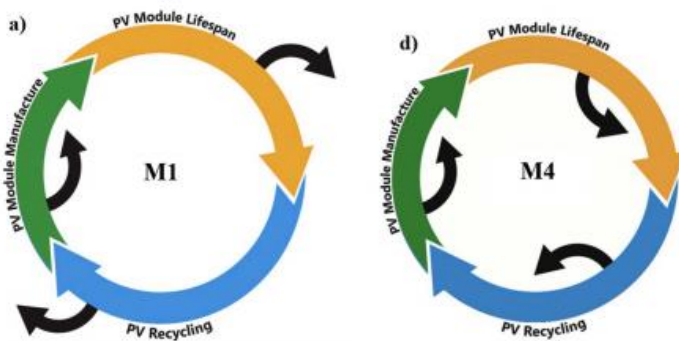
afetar positivamente a economia e a viabilidade do processo de reciclagem.

A pirólise é um método para remoção do EVA. Esse método envolve o aquecimento do módulo fotovoltaico em um ambiente inerte (com nitrogênio ou argônio) sob um regime de aquecimento restrito, de modo a controlar as tensões térmicas que ocorrem no módulo. A pirólise tem a vantagem de não envolver nenhum produto químico e evita a oxidação de qualquer componente do módulo (GORIS *et al.*, 2015). Como a pirólise envolve aquecimento, ela poderia contribuir positivamente para uma reciclagem terciária, processando os polímeros residuais em uma fonte potencial de combustível que poderia ser utilizada para deslaminar mais módulos ou usadas para uma aplicação de energia no local, facilitando assim a economia circular para os outros componentes do módulo fotovoltaico ou empresas locais.

A figura 10 (a) representa o modelo atual de módulo fotovoltaico onde toda a cadeia é de descarte, nada retornando para o ciclo. Os módulos são manufaturados e entram na cadeia de EC, mas quando perdem a vida útil saem da cadeia e nada é reciclado. A figura 10 (b) representa um modelo de EC ideal. Embora este modelo circular ainda não exista, ele representa um ciclo totalmente fechado, onde todo o processo pode ser reutilizado até

a volta completa do produto aos módulos fotovoltaicos para manufatura. A razão para que esse processo ainda seja teórico não é devido a restrições em torno de tecnologias de reciclagem, mas sim a uma questão fundamental em torno do design e construção atuais de painéis fotovoltaicos. O uso do EVA encapsulante cria uma estrutura laminada "tipo sanduíche" complexa, que só pode ser desintegrado com o uso de métodos térmicos ou agressivos e produtos químicos perigosos, o que não representa um bom design ecológico.

Figura 10 - (a): Modelo de economia circular de painéis fotovoltaicos atuais e (b): Modelo ideal.



Fonte: Adaptada pelo autor, de Farrell *et al.* (2020).

O design de módulos fotovoltaicos deve incluir projeto para reutilização, recuperação e reciclagem. Hunt *et al.* (2015) afirmam que essa filosofia não se destina a proibir o uso de elementos em

aplicações atuais, mas deve ser usada para promover estratégias de extração, fabricação, utilização e recuperação desses elementos. Essas atividades são vitais para o desenvolvimento de uma sustentabilidade global de economia circular.

Conclusão

Acredita-se que a originalidade e os objetivos propostos para este capítulo foram atingidos. E o seu título “Tecnologias ambientais: motor da economia circular?” não foi escolhido ao acaso. Ele instiga a reflexão do leitor para a concordância ou não, na medida em que demonstra que as TAs realmente alavancam a EC, que geralmente precisa ser aplicada em ciclos.

Se assim não fosse, não haveria a preocupação com a necessidade de se idealizar processos eficientes para reciclar e reutilizar os sistemas de PV, por exemplo. Torna-se claro, então, que a EC precisa ser entendida como processos de desenvolvimento parcial. No caso específico, refere-se a dois ciclos principais, com o aproveitamento da energia solar (primeiro ciclo) e a realização dos processos de reciclagem e reutilização dos materiais de “fim de vida” (segundo ciclo). E isso encontra-se bem demonstrado. Em ambos os ciclos se faz presente o uso das tecnologias, que por

estarem envolvidas no desenvolvimento da EC, são entendidas como tecnologias ambientais.

O estudo oportunizou também a apresentação de uma definição talvez mais aprimorada e transparente de EC, considerando que a literatura é vasta, mas também demonstra uma diversidade e incompletude. Isso foi fruto da observação de conceitos existentes na literatura, apoiados pela análise dos direcionamentos das suas escolas de pensamento.

É possível inferir que o conceito de sustentabilidade já é ultrapassado, sendo a EC o caminho mais adequado, mais completo. Isso porque a sustentabilidade leva à preocupação, como o próprio nome diz, com a sustentação e melhoria do status quo ambiental, com a sua preservação através de ações que contribuam para mitigar a degradação. A EC é algo que pode ser comparado ao conceito de visão na ciência administrativa, com a diferença de que não é possível ser projetada no tempo.

Entretanto, o trabalho em direção a essa visão precisa ser direcionado por uma bússola, guiando os objetivos e consequentes estratégias e ações planejadas e implementadas no mundo, hoje. O “plano de trabalho” deve orientar as necessárias e profundas

transformações nos processos de produção, distribuição, consumo e, antes de mais nada, na forma de pensar.

Se a economia circular não for eleita como um dos pilares industriais, entraremos em um futuro bem próximo de escassez de produtos elementares extraídos da natureza. O estudo de caso de painéis fotovoltaicos demonstra uma inconformidade com os conceitos apresentados no decorrer do texto. Isso traz à tona o dever de concertar o processo e administrá-lo de forma eficiente, de acordo com o conceito de EC, para os próximos anos.

E para futuros estudos, fica a sugestão sobre a viabilidade de implantação de uma “Certificação C2C Brasil”, como uma forma de incentivo à adoção do conceito de EC, a exemplo de várias outras certificações.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (Absolar). Disponível em: www.absolar.org.br. Acesso em: 08 nov. 2020.

BERKEL, R. V. The role of eco-efficiency in Industrial Ecology. **3rd international conference of the International Society for Industrial Ecology**. Stockholm, 2005. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/270564791_The_Role_of_Eco-Efficiency_in_Industrial_Ecology. Acesso em: 14 nov. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Brasília: Presidência da República, 1981.

BRASIL. **Constituição Federativa do Brasil. Promulgada em 5 de outubro de 1988**. Juarez de Oliveira (Org). 4. Ed. Série Legislação Brasileira. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRENER, W.; ADAMOVIC, N. A circular economy for photovoltaic waste - the vision of the european project CABRISS. (2017). **40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)**. Opatija: MIPRO, 2017. pp. 146-151.

BRUNDTLAND, G. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Oslo, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em 30. out. 2020.

CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE. 2013. Disponível em: <http://www.c2ccertified.org/>. Acesso em 02 nov. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Rumo à economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. Chicago: EMF, 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/fundacao-ellen-macarthur/a-fundacao>. Acesso em: 02 nov. 2020.

FARRELL, C. C. *et al.* Technical challenges and opportunities in realising a circular economy for waste photovoltaic modules. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109911>. Acesso em: 12 nov. 2020.

FRAGA, P. G. R. *et al.* Certificação Cradle to Cradle: análise dos produtos certificados. In: **Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. 2018. p. 494-503. São Paulo: Blucher, 2019.

FREITAS, V. P. **Direito administrativo e meio ambiente**. 3. ed. Curitiba: Juruá, 2001.

GEISSDOERFER *et al.* The Circular Economy - a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**. v. 143, 1. p. 757-768. Amsterdam: Elsevier, 2017.

GRANATA, G. *et al.* Recycling of photovoltaic panels by physical operations. **Sol Energy Mater Sol Cells**. 123. p. 239-248. Amsterdam: Elsevier, 2014.

GONEN, Ç.; KAPLANOGLU, E. Environmental and economic evaluation of solar panel wastes recycling. **Waste Manag Res** 2019; 37:412-8. <https://doi.org/10.1177/0734242X19826331>.

GORIS, M.J.A.; ROSCA, V.L.J.; GEERLIGS, B. de G. Production of recyclable crystalline Si PV modules. **European PV Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC)**. p. 14-18. Hamburg: EUPVSEC, 2015.

HARGROVES, K. J.; SMITH, M. H. **Innovation inspired by nature: Biomimicry**. 2006. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/285805738_Innovation_inspired_by_nature_Biomimicry. Acesso em: 13 nov. 2020.

HEATH, G.A.; SILVERMAN, T.J.; KEMPE, M. Research and development priorities for silicon photovoltaic module recycling to support a circular economy. **Nat Energy**. 5. p. 502–510 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0645-2>. Acesso em: 12 nov. 2020.

HUNT, A.J. *et al.* The importance of elemental sustainability and critical element recovery. **Green Chemistry**. v. 17. n. 4. p. 1949–1950. York: Green Chem, 2015.

IDEIA CIRCULAR. **O que é economia circular**. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Disponível em: www.irena.org. Acesso em: 13 nov. 2020.

IRENA, 2018. Corporate Sourcing of Renewables: Market and Industry Trends – Remade, Index 2018. **International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi**.

IRENA, & IEA-PVPS, 2016. End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels. **International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems**.

JABBOUR, C. J. C. Tecnologias ambientais: em busca de um significado. XXXI Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (Enanpad). **Revista de Administração Pública**. v. 44. n. 3. Rio de Janeiro: FGV, 2010.

JIBRIL, A. The concept and principles of sustainable development. 2011. **52nd Annual Conference Organised by the Association of Nigerian Geographers (ANG)**. Usmanu Danfodiyo University. Sokoto. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332593288_THE_CONCEPT_AND_PRINCIPLES_OF_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT. Acesso em: 17 nov. 2020.

KALUNDBORG SYMBIOSIS. Disponível em: www.symbiosis.dk. Acesso em: 14 nov. 2020.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 127. p. 221-232. Amsterdam: Elsevier, 2017.

MA, S. et.al. Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study in Wu'an city. **Journal of Cleaner Production**. v. 64. p. 505- 512. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.008>. Acesso em: 13 nov. 2020.

MANG, P. HAGGARD, B. Regenerative development and design: a framework for evolving sustainability. 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119149699.fmatter>. Acesso em: 14 nov. 2020.

MARTIN, J. L.; MARIS, V.; SIMBERLOFF, D. S. The need to respect nature and its limits challenges society and conservation science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. n. 22. v. 113. Washington, DC: PNAS, 2016. p. 6105-6112.

MATHUR, N.; SINGH, S.; SUTHERLAND, J.W. Promoting a circular economy in the solar photovoltaic industry using life cycle symbiosis. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 155. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104649>. Acesso em 21 nov. 2020.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Toward a sustaining architecture for the 21st century: the promise of Cradle to Cradle design, industry & environment**. 2003. Disponível em: <https://mcdonough.com/writings/toward-sustaining-architecture-21st-century/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle – criar e recicar ilimitadamente**. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://pactoglobal.org.br/ods/>. Acesso em 01 nov. 2020.

PAULI, G. **Blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs**. Taos (N. Mexico): Paradigm, 2010.

SILVA, J. C. T. Tecnologia: conceitos e dimensões. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Curitiba: ENEGEP, 2002.

SILVA, T.C. **O meio ambiente na Constituição Federal de 1988. Direito Constitucional**, 2009. Disponível em:

<https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/4873/O-meio-ambiente-na-Constituicao-Federal-de-1988>. Acesso em: 30 out. 2020.

SILVA, F.P. *et al.* Certificação Cradle to Cradle: análise dos produtos certificados. In: **Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design** (2018). p. 494-503. São Paulo: Blucher, 2019.

PETER, C. *et al.* Environmental and economic implications of recovering resources from food waste in a circular economy. **Science of The Total Environment**. v. 693. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.322>. Acesso em: 20 nov. 2020.

STAHEL, W. R. **The performance economy**. 2. ed. UK: Palgrave Macmillan, 2006. Disponível em: https://www.globe-eu.org/wp-content/uploads/THE_PERFORMANCE_ECONOMY1.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.

TOGNATO, C. **Economia circular e as escolas de pensamento**. 2018. Disponível em <https://medium.com/@carlatog92/economia-circular-e-as-escolas-de-pensamento-d969909df137>. Acesso em 14 nov. 2020.

TREVISAN, R. **Michaelis moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 2006.

VOULVOULIS, N.; BURGMAN, M. A. (2019). The contrasting roles of science and technology in environmental challenges. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**. p. 79-106. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2019.1565519>. Acesso em: 08 nov. 2020.

WAHL, D. **Design de culturas regenerativas** (do original em inglês *Designing regenerative cultures*). 1. ed. Rio de Janeiro: Bambual, 2019.

ZHANG, X. *et al.* Selective separation and recovery of rare metals by vulcanization-vacuum distillation of cadmium telluride waste. **Sep. Purif. Technol.** v. 230. art. 115864. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115864>. Acesso em: 24 nov. 2020.

Sobre os autores

Paulo Wilton da Luz Camara

Doutor em Ciência Política (IUPERJ) e Pós-doutor em Ciências Militares (Gestão e Economia de Defesa, ECEME). Mestre em Gestão Estratégica em Negócios (UFRRJ) e Especialista em Marketing (ESPM), com graduação em Administração. Professor dos cursos de graduação em Administração, pós-graduação no Mestrado em Ciências Ambientais e Supervisor do Núcleo de Inovação

Tecnológica (NIT) da Universidade de Vassouras. Analista do Núcleo de Estudos Estratégicos em Defesa e Segurança (NEEDS / UFSCar) e membro efetivo da Associação Brasileira de Estudos de Defesa (ABED). Membro do Grupo de Pesquisa em Monitoramento Ambiental / IoT / RNA (Universidade de Vassouras) e do Grupo de Pesquisa em Energias Renováveis no Âmbito da Defesa (GPERD / CNPq). Áreas de pesquisa: Gestão e Economia de Defesa, Ensino de Administração, Energias Renováveis e Economia Circular.

Ana Carolina Cellular Massone

Doutora (COPPE) e Mestre (IME) em Engenharia Mecânica, com graduação em Matemática. Professora do Centro Universitário La Salle - UniLasalle e da Universidade Candido Mendes em cursos de graduação e pós-graduação, nas disciplinas de Engenharia de Produção, Engenharia Civil e Fundamentos da Logística. Membro da equipe docente do MBA em Supply Chain Management da Universidade de Vassouras. Membro do Grupo de Pesquisa em Monitoramento Ambiental / IoT / RNA (Universidade de Vassouras) e do Grupo de Pesquisa em Energias Renováveis no Âmbito da Defesa (GPERD / CNPq). Áreas de pesquisa, com projetos desenvolvidos em: Matemática Aplicada, Dinâmica Não Linear e Caos, Mecânica dos Fluidos, Energias Renováveis, Economia Circular e Redes Neurais Artificiais.

Capítulo 4 - A importância dos dípteros muscoides na disseminação de bactérias e de seu controle populacional

Autores: Lorrane de Andrade Pereira; Daislany Andreia da Silva Alves; Isabel Nogueira Carramaschi, Viviane Zahner

Resumo: Os dípteros muscoides são insetos altamente sinantrópicos e endofílicos, pois estão amplamente distribuídos na região urbana e sempre muito próximos ao homem e de sua residência. As larvas se alimentam de matéria orgânica e podem se alimentar de tecido humano e animal, causando miíases. Estes insetos são de grande importância médica-veterinária, sanitária e forense, com ampla relevância na saúde pública, pois sua importância não se limita às miíases, já que são capazes de carrear uma enorme diversidade de microrganismos patogênicos. Os microrganismos podem ser transportados por toda superfície do seu corpo piloso e conteúdo estomacal, tanto através das fezes como da regurgitação. O alto grau de sinantropia desses insetos e os danos que causam incentivam as pesquisas de seu controle populacional, principalmente em áreas urbanas, onde seu desenvolvimento é beneficiado devido às más condições sanitárias, ao clima e ao acúmulo de matéria orgânica. Desta forma, o controle biológico tem sido uma alternativa ao químico,

pois o uso de inseticidas além de gerar resistências nos insetos, pode ser tóxico para os seres vivos e ao meio ambiente. As bactérias entomopatogênicas destacam-se por serem biodegradáveis e altamente específicas ao alvo. *Brevibacillus laterosporus* possui potencial entomopatogênico contra diferentes espécies de moscas. Esta bactéria caracteriza-se por apresentar um corpo parasporal em forma de canoa aderido ao esporo e apresenta amplo espectro de ação contra diferentes ordens de insetos. Sua ampla bioatividade está associada a uma variedade de moléculas cepa-específica, pois as diferentes cepas podem abrigar inúmeros fatores putativos de virulência como as proteínas de superfície de esporo, que são sugeridas como associadas a fatores suplementares de virulência em insetos. Este capítulo tem o intuito de apresentar exemplos dos dípteros muscoides na disseminação de bactérias, principalmente aquelas resistentes aos antimicrobianos e explicar sobre o controle de dípteros muscoides com o uso de *B. laterosporus*.

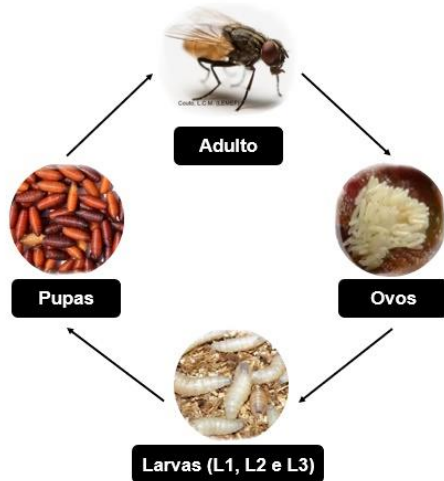
Palavras-chave: Dípteros muscoides; bactérias resistentes; patógenos; controle biológico; *Brevibacillus laterosporus*.

Dípteros muscoides

Os dípteros muscoides, conhecidos popularmente como moscas, são insetos pertencentes à subordem Brachycera, e são característicos por apresentarem um par de olhos compostos grandes, que estão situados em cada lado de sua cabeça. São insetos holometábolos, ou seja, apresentam metamorfose completa, seguindo as fases de ovo, larva (apresentando três instares larvais: L1, L2 e L3), pupa e adulto (Figura 1). Estes insetos se alimentam de matéria orgânica que pode estar em estado de decomposição ou não, sendo frequentemente encontrados em lixos, carniças, frutas e esterco. Para se alimentar, as moscas lançam enzimas digestivas sobre o alimento, por meio da regurgitação (saliva), para então dissolvê-lo e consumi-lo, uma vez que este só pode ser ingerido sob a forma líquida ou pastosa.

Ao regurgitar e defecar as moscas liberam parte de seu conteúdo estomacal, disseminando os diferentes microrganismos que ali habitam. Por onde estes insetos percorrem e pousam deixam manchas, sendo que as manchas claras são causadas pela regurgitação e as escuras são produzidas pelo armazenamento de suas fezes (Figura 2).

Figura 1: Ciclo de desenvolvimento dos dípteros muscoides.



Fonte: Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF/IOC/FIOCRUZ).

Figura 2: Gaiola de criação de dípteros muscoides em madeira coberta com tela de tecido escaline onde se encontram as manchas resultantes de fezes e de regurgitação.



Fonte: Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF/IOC/FIOCRUZ).

As moscas são consideradas, em sua maioria, insetos sinantrópicos e endofílicos, pois estão amplamente distribuídas na região urbana e sempre muito próximas ao homem e de sua residência. Algumas espécies têm apresentado ao longo da história grande variação de sinantropia, validando a hipótese de que determinadas espécies possuem forte capacidade de adaptação ao ambiente transformado pelo homem.

Estes insetos têm seu desenvolvimento favorecido em países tropicais e em regiões de clima quente, pois a frequência relativa e a atividade dos muscoides têm relação direta com a temperatura ideal ($27 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) e umidade relativa do ar adequada ($70 \pm 10\%$). Os valores de umidade e temperatura podem variar para cada espécie.

Os dípteros muscoides são insetos de importância médica, veterinária, econômica e de grande acuidade nas diversas áreas da entomologia, principalmente na entomologia forense. Nesta última área são utilizados para cálculo de estimativa do intervalo post mortem (IPM), na entomotoxicologia e na estimativa geográfica, pois são capazes de colonizar corpos em decomposição. No entanto, estes insetos já foram relatados como pragas, tendo sido citados como a quarta praga bíblica, no Egito:

“enxames de moscas enevoaram o ar e atacaram homens e animais (Êxodo 9: 24)”.

As larvas de dípteros muscoides se alimentam de matéria orgânica, e apresentam uma intensa atividade alimentar durante seus três estágios larvais. Estes imaturos podem se alimentar de tecido humano e animal, desta forma podem causar miíases, que são afecções produzidas pela infestação de larvas de moscas na pele, tecidos, orifícios e/ou mucosas. As miíases ocasionadas por estas larvas, podem ser classificadas como primárias ou secundárias. A miíase primária, também conhecida como obrigatória ou biontófaga, é caracterizada pela infestação de larvas em tecido vivo, já na miíase secundária, também conhecida como facultativa ou necrobiontófaga as larvas se alimentam de matéria orgânica em estado de decomposição, mas eventualmente, podem atingir tecidos necrosados de um hospedeiro vivo.

O corpo dos adultos é repleto de cerdas, facilitando a adesão e o acúmulo de microrganismos nas regiões como pernas, cabeça e abdômen, pois todo o seu corpo pode abrigar diferentes patógenos. Estudos tem relatado a presença de diversos microrganismos a partir de moscas, sendo isolados de todo corpo, conteúdo estomacal e fezes.

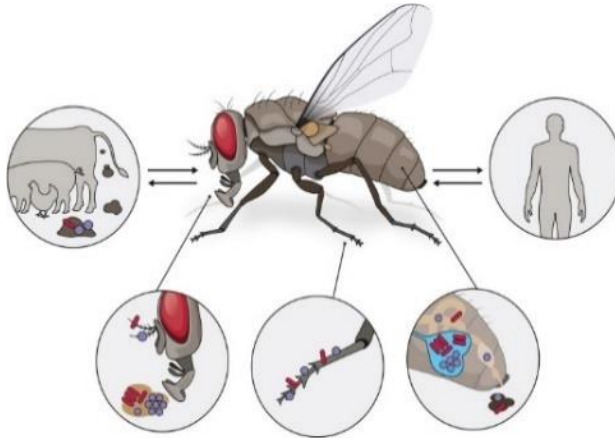
Dípteros muscoides como carreadores de bactérias resistentes a antibióticos

Dípteros muscoides são identificados como importantes vetores de patógenos de seres humanos e animais, por estarem presentes em grandes áreas urbanas e rurais. No Brasil, são encontradas amplamente distribuídas as famílias Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae e Fannidae. Esses insetos podem compartilhar algumas características semelhantes como a capacidade de voar longas distâncias e poder carrear diversos patógenos como bactérias, protozoários, vírus e ovos de helmintos, que são capazes de causar disenteria, diarreia infantil, febre tifoide, intoxicação alimentar, cólera, helmintíase, infecções nosocomiais, entéricas e antropozoonóticas.

Diferentes microrganismos podem se multiplicar no intestino e aparelho bucal das moscas, potencializando sua transmissão (Figura 3). Ainda é comum que as moscas compartilhem os mesmos genótipos bacterianos entre humanos e animais. Exemplo comum é a evidenciação de bactérias entéricas presentes em animais de criação, suas fezes, ração, superfícies e em moscas, todos compartilhando um mesmo ambiente. Diversos fatores podem influenciar a rota de transmissão mosca-bactéria-homem,

tais como: clima, geografia, cadeia alimentar, proximidade de fazendas de criação animal e condições sanitárias.

Figura 3: O papel das moscas na disseminação da resistência antimicrobiana.

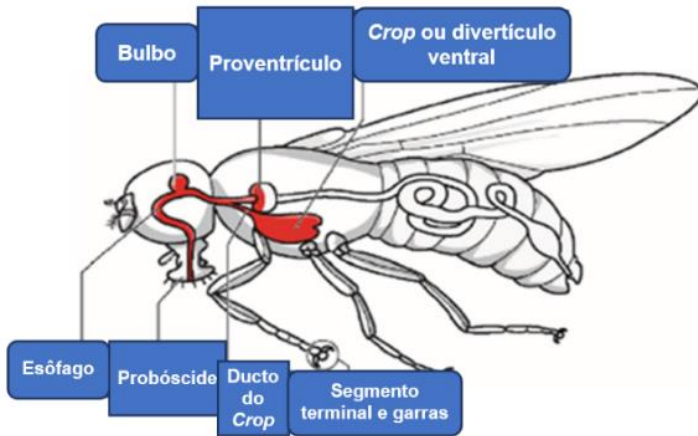


Fonte: doi.org/10.1016/j.tmaid.2018.02.007

Tem sido relatado que o *crop*, ou divertículo ventral, é uma região do aparelho digestório capaz de amplificar a disseminação de bactérias uma vez que funciona como “refúgio” para alguns microrganismos, devido à baixa presença de peptídeos antimicrobianos neste local. O *crop* funciona também como uma região onde ocorre a troca gênica bacteriana. Essa estrutura, portanto, pode ser considerada menos hostil às bactérias, quando comparada às outras regiões do aparelho digestório. O animal, então, ao regurgitar transmite os microrganismos presentes neste compartimento às superfícies em que pousam, suscitando uma

constante contaminação, (Figura 4) que é dependente da carga bacteriana inicial, ou do tempo de permanência no substrato.

Figura 4: Estruturas internas dos dípteros muscoides.



Fonte: <https://doi.org/10.1016/bs.aiip.2019.10.001>
Adaptado de Stoffolano *et al.*, 2019.

Existe uma preocupação mundial em torno da resistência antimicrobiana e de seu monitoramento, de modo que em 2015 foi elaborada a Assembleia Mundial da Saúde afim de criar um plano de ação desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em coordenação com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) e Organização Mundial da Saúde Animal (OIE).

Tal plano foi necessário para dar diretrizes em âmbito nacional e internacional a uma das grandes problemáticas do século, que é a

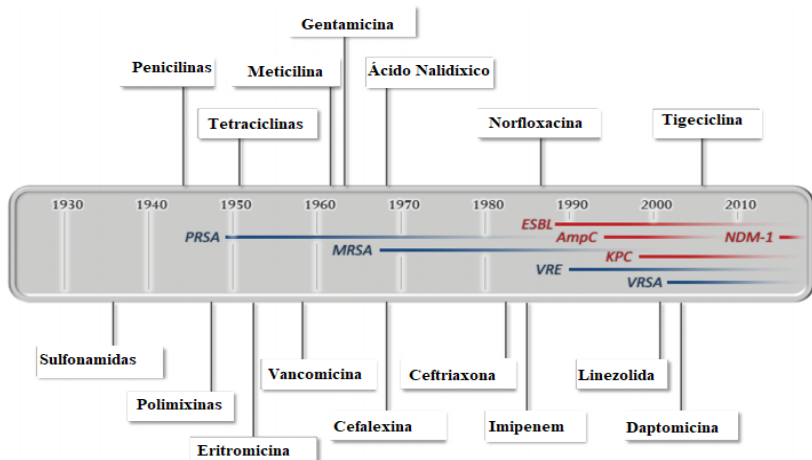
resistência antimicrobiana, numa tentativa de minimizar os impactos consequentes ao uso indevido de medicamentos antimicrobianos na saúde humana, animal e agricultura. Um dos principais objetivos em torno desse plano de ação global é o de garantir o tratamento e prevenção de doenças infecciosas com os fármacos já existentes e que ainda se comprovem eficazes, podendo ser utilizados pelo máximo de tempo possível, sendo acessíveis, seguros e indicados de forma responsável, além da prevenção às doenças infecciosas.

O desenvolvimento desse plano buscou minimizar os impactos que os antibióticos têm proporcionado ao longo dos últimos anos. Além disso, a problemática em torno desses medicamentos é que a sua produção não tem acompanhado a pressão seletiva advinda pela presença dos antibióticos que as bactérias têm sido expostas. Assim, esses fármacos não conseguem ser introduzidos na mesma velocidade em que as bactérias resistentes surgem (Figura 5), gerando não apenas um impacto financeiro, mas também um grave problema de saúde pública.

Embora programas de vigilância promovam a prevenção e o controle da resistência antimicrobiana, ainda é fato que a presença de bactérias resistentes em ambiente hospitalar e não hospitalar, inclusive em dípteros muscoides, ainda é preocupante. Relatos na

literatura apontam para a presença destes microrganismos nesses animais, inclusive daquelas bactérias que fazem parte do acrônimo ESKAPE: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterobacter spp.*, que se caracterizam pela importante virulência, resistência e prevalência em ambiente hospitalar. Ressalta-se aqui a ocorrência de *E. coli* e *K. pneumoniae* produtoras de carbapenemases isoladas a partir de moscas capturadas em fazendas de criação animal.

Figura 5: Linha do tempo de resistência aos antibióticos.



Fonte: DOI: 10.1093/cid/cit020. Adaptado de Molton *et al.*, 2013.

Bactérias pertencentes ao grupo das Enterobacterales produtoras de beta-lactamase de espectro estendido (ESBL) são um problema

crescente em diferentes continentes. Ressalta-se que genes que codificam para carbapenemases e ESBLs podem ser transmitidos, via conjugação, entre bactérias de diferentes espécies. Locais com pouca higienização possuem grandes chances de apresentarem *Escherichia coli* naquela área e assim, gerar consequências graves à saúde humana, pois estas bactérias são agentes etiológicos de diarreia simples até casos mais graves de disenteria.

Klebsiella pneumoniae é um importante patógeno, capaz de causar infecções adquiridas em hospitais e na comunidade, tais como: pneumonia, sepse, infecção do trato urinário e meningite, por exemplo. Há uma preocupação mundial em relação a essa espécie, quanto a facilidade de aquisição de plasmídeos, que podem converter cepas sensíveis em virulentas e resistentes aos antibióticos atuais. No Brasil, essas bactérias foram isoladas a partir de moscas ocorrendo dentro e fora do ambiente hospitalar, e positivas para genes de resistência. Esses resultados reforçam como o mecanismo de resistência tem-se ampliado rapidamente e de como as moscas podem então potencializar a disseminação da resistência aos antibióticos para diferentes ambientes.

Destaca-se ainda que além do Plano de Ação Global, a OMS elaborou uma lista de 12 famílias de bactérias que representam os "Agentes Patogênicos Prioritários" resistentes aos antibióticos,

contendo a finalidade de orientar e destacar a importância de encontrar novas formas de tratamento para essa ameaça, que inclui principalmente as bactérias Gram-negativas. A lista é dividida em três categorias indicadas como prioridade crítica, alta ou média. Dentro do grupo crítico estão incluídas espécies já isoladas a partir de moscas: *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp. e Enterobacterales, como *Klebsiella*, *E. coli*, *Serratia* spp. e *Proteus* spp., que estão frequentemente ligadas às infecções graves, como pneumonia e infecção da corrente sanguínea. O segundo e terceiro nível da lista, em que se destacam as categorias de prioridade alta e média, contêm outras bactérias que são cada vez mais resistentes aos fármacos e provocam doenças comuns, como gonorreia (*Neisseria gonorrhoeae*) ou intoxicação alimentar causada por *Salmonella* spp.

Importante reforçar a participação dos dípteros muscoides dentro do conceito da Saúde Única no que tange a disseminação de bactérias resistentes para animais, homem e ambiente. Um bom exemplo refere-se à utilização mundial em larga escala e, por longo tempo, da colistina para diferentes finalidades, principalmente na agropecuária como promotor de crescimento animal. Entretanto, em 2015 na China, foi reportada pela primeira vez a ocorrência de um gene mediador da resistência à colistina

(mcr-1). Este gene está localizado em um plasmídeo transferível e tem sido detectado em diferentes espécies bacterianas. Essa pressão seletiva tem se tornado frequente e sido observada em diferentes regiões do globo. No Brasil, país que é grande exportador de alimentos de origem animal, dados apontam a ocorrência desse gene em fazendas de produção e associada a animais e alimentos. Os estudos estão relacionados principalmente a carnes de aves, bovinos e suínos portadores de *Salmonella* sp., *E. coli* e *Staphylococcus aureus*.

Além da observação desse gene em configuração de origem pecuária, esforços de triagem em âmbito nacional identificam sua prevalência na água de praias urbanas, no solo, na vegetação, em aves migratórias e amostras fecais de indivíduos saudáveis. Embora o Brasil tenha produzido planos estratégicos de contenção e vigilância, a evidência de que o gene mcr-1 pode se disseminar dentro de ambientes hospitalares, mesmo na ausência de colistina e dentro da comunidade, sugere uma preocupação com esse tipo de resistência.

Além da observação desse gene em configuração de origem pecuária, esforços de triagem em âmbito nacional identificam sua prevalência na água de praias urbanas, no solo, na vegetação, em aves migratórias e amostras fecais de indivíduos saudáveis.

Embora o Brasil tenha produzido planos estratégicos de contenção e vigilância, a evidência de que o gene *mcr-1* pode se disseminar dentro de ambientes hospitalares, mesmo na ausência de colistina e dentro da comunidade, sugere uma preocupação com esse tipo de resistência.

A intensa relação entre moscas, animais de produção e humanos, demonstra a importância de se entender a associação entre agentes patogênicos que são multiplicados e disseminados por insetos. Bactérias resistentes a antimicrobianos podem ser encontradas em diferentes lugares, principalmente em locais com algum tipo de atividade humana, como em ambientes hospitalares e esgotos domésticos, demonstrando uma rede que liga diferentes fatores a um mesmo problema. A figura 6 apresenta o Ciclo de Resistência aos antibióticos destacando uma distribuição generalizada no meio ambiente.

Atualmente, diversos estudos evidenciam a relação dos insetos na disseminação de bactérias multirresistentes. Alguns desses trabalhos destacam, principalmente, a presença de moscas domésticas, pois é uma espécie encontrada massivamente dentro dos diferentes ambientes (Figura 6), embora espécies da família Calliphoridae também tenham sido destacadas.

Figura 6: Ciclo de resistência aos antibióticos.



Fonte: Adaptado de: envchemgroup.com/celia-manaia.html

Na literatura são encontrados inúmeros artigos que apresentam bactérias carregadas por moscas e mais recentemente aquelas portando resistência a antibióticos de importância clínica. *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus spp.* e *K. pneumoniae* estão dentre os principais microrganismos isolados a partir de moscas, estando presentes tanto em ambiente nosocomial como fora dele.

Em instalações hospitalares é comum a captura de moscas domésticas portadoras de *S. aureus* resistentes à meticilina e *Klebsiella spp.* (principalmente *K. pneumoniae*) resistente a

estreptomicina, tetraciclina, cefalexina, cloromicetina, eritromicina e ampicilina.

As moscas são capazes de estar em todo tipo de local, em associação a animais de produção, feiras, mercados e lixo. Nesta ampla distribuição no ambiente, carregam e disseminam genes de resistência antimicrobiana, como bla CMY-2 e bla CTXM-1. Na China, o sequenciamento de genoma completo identificou a presença de *E. coli* portadora de gene de resistência importante, bla NDM, tanto em superfícies de fazendas como em moscas; fato este que demonstra a ampla contaminação ambiental por *E. coli* resistente a carbapenemas.

Genes de resistência como o blaTEM têm sido encontrados nos gêneros *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Escherichia* e *Aeromonas* isoladas também a partir de moscas das famílias Calliphoridae, Muscidae e Sarcophagidae. Já as espécies *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *E. coli* e *Enterococcus* spp., resistentes fenotipicamente à eritromicina, ampicilina, tetraciclina, canamicina, cloranfenicol, sulfametoxazol-trimetoprim, ciprofloxacina, nitrofurantoína e cefotaxima foram isoladas a partir de moscas domésticas.

Recentemente, *K. pneumoniae* resistente à colistina foi encontrada em moscas domésticas coletadas em caminhão de lixo. Mercados

de peixes são locais onde a presença de moscas é abundante de forma que não foi surpreendente o encontro de *Salmonella* spp. e *E. coli* produtoras de ESBLs em moscas domésticas nestes locais.

A resistência antimicrobiana identificada em bactérias isoladas a partir de dípteros muscoides não se restringe, apenas às espécies sinantrópicas. No Brasil, foi detectada a presença de *Raoultella ornithinolytica* produtora de KPC-2 (*Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase do tipo 2) isolada a partir da espécie *Malacophagomyia filamenta*, o que reforça a rápida disseminação da resistência no ambiente. Este isolado apresentou resistência fenotípica a alguns antibióticos tais como a tetraciclina, cefepima, ceftazidima, gentamicina e trimetoprim / sulfametoxazol.

Portanto, torna-se evidente que as moscas podem veicular bactérias multirresistentes tanto em ambiente hospitalar, quanto no ambiente extra-hospitalar, demonstrando que os problemas da resistência nem sempre possuem origem nosocomial. Conclui-se que a disseminação da resistência bacteriana aos antimicrobianos é multifatorial estando então ligada às atividades econômicas, sociais e culturais de cada país. O Brasil possui relevante problema de saneamento básico, o que deve ser levado em consideração quando se analisa a relação entre meio ambiente e resistência antimicrobiana.

Controle de dípteros muscoides

O alto grau de sinantropia desses insetos e os danos que causam incentivam as pesquisas de controle populacional, principalmente em áreas urbanas, onde seu desenvolvimento é beneficiado devido às más condições sanitárias, ao micro clima e ao acúmulo de matéria orgânica, que muitas vezes é mal remanejada, como por exemplo os resíduos de descarte (lixo).

Estudos realizados em países desenvolvidos comprovaram que há uma relação mútua e bastante significativa entre o controle de mosca e a diminuição de doenças infecciosas. As pesquisas apontam que ao controlar as populações de moscas em uma determinada localidade, as doenças infecciosas neste mesmo local têm uma queda significativa em seu índice.

No Brasil, o controle desses insetos é realizado quase que exclusivamente através de inseticidas. Com a grande demanda do uso de inseticidas junto à necessidade de controlar pragas, assim como combater os efeitos danosos e indesejáveis causados por insetos. Diversas indústrias, após a Segunda Guerra Mundial, passaram a pesquisar e a produzir substâncias químicas com atividade inseticida. Embora os inseticidas organossintéticos tenham trazido benefícios por um tempo, sendo uma alternativa

naquela época, o emprego indiscriminado desses produtos vem gerando danos irreversíveis ao longo dos anos.

Estas substâncias químicas, além de serem tóxicas aos insetos e aos microrganismos indesejáveis, tem resultado na degradação dos recursos naturais, como a contaminação do solo, das águas e dos alimentos, incluindo a morte de peixes e de animais silvestres. Seus efeitos podem variar, indo de intoxicações até o desenvolvimento de câncer, pois grande parte destes compostos químicos são carcinogênicos, gerando implicações na saúde humana.

Além dos inseticidas serem tóxicos para os seres vivos e ao meio ambiente, estes também tem induzido um aumento gradativo de resistência nos insetos. Este fato tem sido relatado em diversos estudos ao longo dos últimos anos, pois a resistência nada mais é do que um processo evolutivo, no qual seu desenvolvimento é uma questão de pressão de seleção e tempo. Estes insetos também têm a capacidade de desenvolver diferentes mecanismos metabólicos e comportamentais, a fim de evitar e se desintoxicar dos inseticidas.

O DDT (diclorodifeniltricloroetano), considerado o primeiro pesticida moderno, foi amplamente utilizado durante e após a

Segunda Guerra Mundial para combater insetos pragas de agricultura e vetores de doenças. No entanto, poucos anos após a sua introdução no mercado, a resistência em *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae) foi observada. Ao longo dos anos novos produtos têm sido implementados a partir da combinação de compostos existentes e de novos compostos químicos. Entretanto, os dípteros muscoides continuaram e continuam a adquirir resistência, até mesmo aos inseticidas de última geração como: Indoxacarb, Spinosad, imidaclorapida e Malation.

A resistência cruzada, que é definida como a capacidade de um único mecanismo de resistência existente no inseto conferir resistência a dois ou mais compostos químicos tem sido um grande desafio para indústria química, pois esta resistência tende a encurtar a vida efetiva do que se acreditava ser um novo composto útil para o controle de insetos.

Devido às características negativas dos inseticidas, ao custo elevado dos produtos químicos de última geração e a ineficiência dessas substâncias a longo prazo, métodos de controle alternativos têm sido bastante empregados. No entanto, como supra citado, o Brasil ainda é um dos países que mais utiliza agrotóxicos e inseticidas químicos para o controle de pragas. O

mercado brasileiro de biopesticidas regula em torno de 3 a 7% do total de agrotóxicos comercializados, este setor é comandado pela Europa que é o maior mercado comercial de agentes de controle biológico de invertebrados, enquanto a América do Norte tem as maiores vendas de produtos com princípio ativo de origem microbiana.

O controle biológico surge em 1919, com o objetivo de controlar pragas e insetos vetores, a partir da utilização de seus inimigos naturais. Trata-se de uma alternativa ao controle químico, por ser menos tóxico para os trabalhadores que realizam a aplicação dos produtos e também para as pessoas que vivem em comunidades agrícolas e em áreas de pulverização. Além disso é sustentável, pois não há desenvolvimento de resistência contra artrópodes inimigos naturais, nenhum dano fitotóxico e nem ao meio ambiente, pois os níveis máximos de resíduos (NMR) são abaixo daqueles de pesticidas químicos, e apresentam melhores rendimentos e custo-benefício.

Atualmente, existe uma série de alternativas aos inseticidas químicos convencionais para o controle de moscas, uma delas é a utilização de outros artrópodes como besouros predadores, já que estes se alimentam de ovos e larvas de dípteros muscoides. Ainda, Hymenoptera: Pteromalidae que pode atuar como parasitoide de

larvas e pupas de *Ornidia obesa* (Fabricius, 1775) (Diptera: Syrphidae) e de *M. domestica*. As próprias moscas podem preda outras espécies como as larvas da mosca *Hydrotaea* do gênero *Ophyra* que são predadoras facultativas de larvas de mosca doméstica. Larvas de *Chrysomya albiceps* (Wiedeman, 1819) (Diptera: Calliphoridae) também podem ser predadoras de outras larvas de diferentes espécies de moscas.

Agentes microbianos e botânicos têm sido bastante empregados no controle de moscas, com formulações eficazes e comerciais. Estudos utilizando substratos que são favoráveis a sobrevivência de nematoides, avaliaram que as larvas de moscas são altamente suscetíveis a nematoides entomopatogênicos. No entanto, os adultos são menos suscetíveis ao parasitismo do que as larvas. Adultos de *M. domestica* também são suscetíveis à infecção ocasionada por fungos patogênicos como *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae). Esta espécie é produzida comercialmente para o controle de moscas em vários países.

O vírus Hytrosaviridae (MdSGHV) de hipertrofia das glândulas salivares de moscas, apresentou atividade contra moscas tsé-tsé e moscas domésticas. No entanto, a formulação de um biopesticida MdSGHV tem suas limitações, sendo que a principal se concentra na baixa viabilidade do patógeno em iscas.

Na natureza as plantas, com o intuito de sobrevivência, são capazes de produzir uma série de compostos “defensivos químicos” conhecidos como aleloquímicos que são usados para evitar ataques de potenciais herbívoros. As preparações de materiais vegetais obtidos a partir dos diversos órgãos das plantas têm sido utilizados há muito tempo para repelir ou matar dípteros muscoides. Os óleos naturais ou essenciais, são complexos de muitos ativos biológicos incluindo diferentes álcoois, terpenos, ácidos, aldeídos alifáticos, cetonas monocíclicas, fenóis aromáticos, ésteres, entre outros compostos. Diferentes óleos essenciais como da raiz de *Carlina acaulis*, extrato do neem, óleos essenciais de alecrim *Rosemarinus officinalis*, óleos essenciais de hortelã-pimenta e extratos das cascas de laranja *Citrus sinensis* apresentaram atividades como toxicidade, repelência e fumigação contra moscas, especialmente *M. domestica*. A combinação de óleos essenciais de hortelã-pimenta e alecrim deu origem ao produto *EcoExempt IC* comercializado pelos Estados Unidos da América para o controle de moscas.

Embora todos esses compostos botânicos forneçam propriedades potentes para o controle de moscas, apresentando vantagens que os inseticidas químicos não podem oferecer, existem algumas desvantagens, tais como a rápida degradação, na qual exige

muitas aplicações para obtenção do controle satisfatório. Ainda, os compostos bioativos variam de acordo com a espécie vegetal, toxicidade a organismos não-alvo e disponibilidade, uma vez que a maior parte dos compostos botânicos com potencial biopesticida ainda não está disponível comercialmente. Além disso, a falta de dados correspondentes às pesquisas relacionadas ao modo de ação, aos efeitos secundários, níveis de toxicidade crônica e sua eficácia são alguns pontos negativos.

Bactérias entomopatogênicas são utilizadas tanto como agentes microbianos no controle de pragas da agricultura, como de insetos vetores de importância médica-veterinária e sanitária. Entre as bactérias com potencial de produção em larga escala estão *Bacillus thuringiensis israelensis* (Barjac, 1978) e *Lysinibacillus sphaericus* (Meyer e Neide, 1904), ambas as espécies são conhecidas por serem produtoras de toxinas efetivas contra diferentes ordens de insetos.

A atividade entomopatogênica de uma bactéria esporulada foi descrita pela primeira vez em 1902, sendo responsável pela mortalidade de *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Nove anos depois, Berliner reescreve a mesma bactéria isolada a partir de *Anagasta kuhniella* (Lepidoptera: Pyralidae) e após quatro anos passou a chamá-la de *Bacillus thuringiensis* em homenagem à

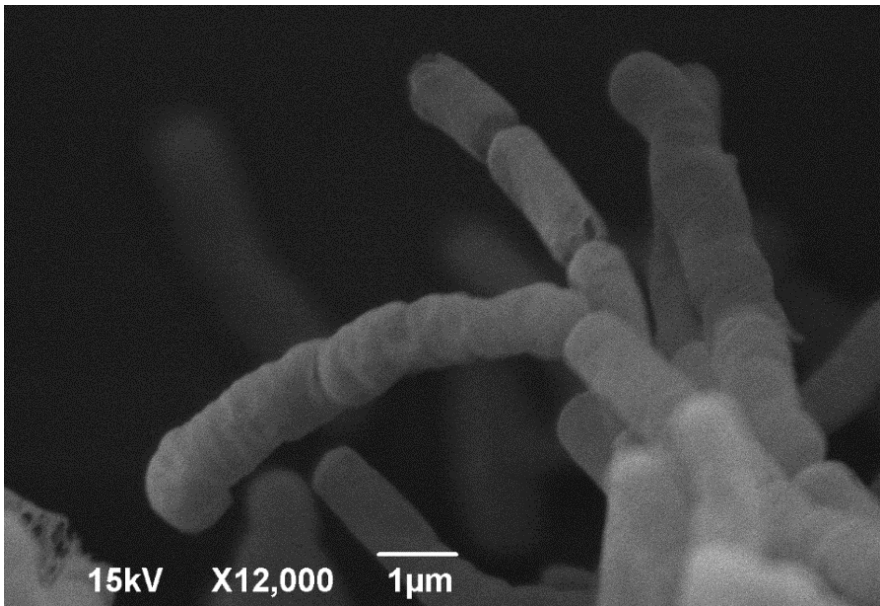
região da Turíngia, Alemanha, onde as lagartas foram coletadas. O gênero *Bacillus* constitui um grupo consistente de bactérias em forma de bastão (Figura 7), aeróbias, Gram-positivas, produtoras de endósporos e de diversas toxinas. Esse endósporo se forma quando o crescimento vegetativo é interrompido por escassez de nutrientes, desta forma, este esporo pode permanecer por longo tempo latente sob condições adversas. A mais importante estratégia de sobrevivência é a esporulação, esse processo consome mais energia e tempo do que a divisão celular normal para completar esta divisão chamada assimétrica.

As diferentes espécies de *B. thuringiensis* são encontradas normalmente em solo, mas diferentes estirpes também podem ser isoladas a partir de insetos, vegetais, grãos armazenados, amostras de água de rios e lagos e de diferentes alimentos.

Bacillus thuringiensis é uma espécie capaz de produzir durante a esporulação, uma inclusão proteica parasporal em forma de cristal, que apresenta elevada toxicidade contra diferentes ordens de insetos pragas da agricultura e vetores de doenças humanas e animais. A maior parte dos cristais de *B. thuringiensis* são constituídos por proteínas *Cry*, também conhecidas como δ -endotoxinas, que são codificadas por genes (*cry*) que estão geralmente localizados em plasmídeos, mas também podem ser

localizados no cromossomo bacteriano, no entanto, com menor frequência. Além das proteínas *Cry*, uma variedade de toxinas pode ser produzida, tais como: proteínas *Cyt*, β -exotoxina (thurigiensina), α -exotoxina, enterotoxinas, hemolisinas, fosfolipases, quitinases, proteínas inseticidas vegetativas (VIPs) e proteases.

Figura 7: Imagem de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de células vegetativas de *Bacillus thuringiensis* var. *kyushuensis*.



Fonte: Disponível em: arca.fiocruz.br/handle/icict/34081(PEREIRA, 2019).

A atividade entomopatogênica ocorre quando o inseto ingere os esporos de *B. thuringiensis* contendo as pró-toxinas (cristais proteicos). Assim, quando o cristal contendo as proteínas *Cry* é

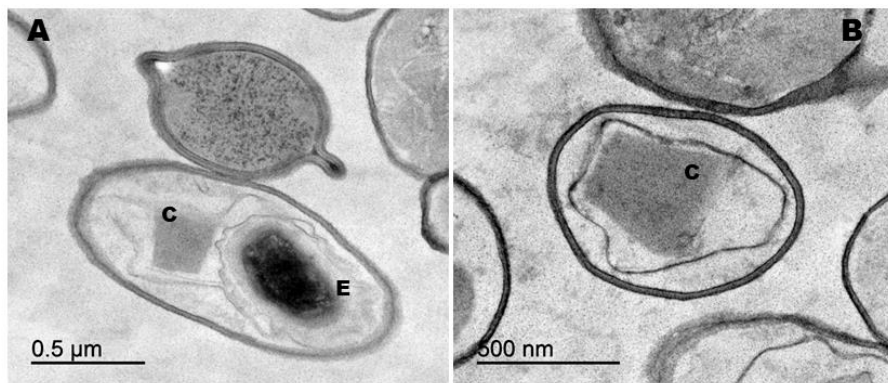
ingerido pelo inseto suscetível, ocorre a solubilização da pró-toxina em pH alcalino do intestino médio das larvas (lepidópteros, dípteros e alguns coleópteros), assim a pró-toxina é processada (clivada) por proteases presentes no intestino médio dos insetos, e então ocorre a liberação da toxina em sua forma ativa. A principal protease digestiva presente em insetos suscetíveis é a serino-protease, encontrada em lepidópteros e dípteros. A clivagem proteolítica (ativação de enzimas) é um dos principais fatores de determinação da especificidade. Uma vez ativadas, as toxinas se ligam a receptores específicos presentes nas microvilosidades intestinais do intestino médio dos insetos, possibilitando a inserção desta toxina na membrana citoplasmática, e induzindo a formação de poros ou sua abertura total, aumentando a permeabilidade da célula. Após a ruptura da membrana e a desestabilização do gradiente osmótico ocorre então a morte celular. As bactérias são bons agentes de controle biológico por serem altamente específicas a seus alvos, completamente biodegradáveis e inofensivas aos humanos, plantas e animais vertebrados, tendo diversas estirpes recomendadas pela Organização Mundial de Saúde. Neste sentido, o Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF) do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) no Rio de Janeiro,

RJ, Brasil, dentro das suas diferentes linhas de pesquisas, têm o controle microbiano como uma de suas vertentes, onde diferentes estirpes de bactérias entomopatogênicas foram testadas contra diversas espécies de dípteros muscoides.

Nosso grupo investigou o potencial inseticida de *Bacillus thuringiensis* var. *kyushuensis* Btk176 sobre larvas e adultos de *M. domestica* e comprovou a eficácia desta variedade para o controle de mosca doméstica. A presença de um cristal proteico bipiramidal também foi observada por microscopia eletrônica (Figura 8) e a presença do gene *cry1Ba* detectada pela técnica de PCR, sugerem que este cristal proteico seja o responsável, ou um dos responsáveis pela atividade entomopatogênica desta estirpe.

Neste estudo, o sobrenadante da cultura também foi avaliado e não causou mortalidade estatisticamente significativa nem para as larvas, nem para os adultos em teste, indicando então que a estirpe Btk 176 não seja produtora de β -exotoxina. Esta é uma exotoxina termoestável que é secretada no sobrenadante. A β -exotoxina, também conhecida como thuringiensina (*thu*) possui toxicidade contra diferentes ordens de insetos, com trabalhos indicando isolados de *B. thuringiensis* produtores de thuringiensina, com atividade entomopatogênica contra *M. domestica*.

Figura 8: Imagens de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) de *Bacillus thuringiensis* var. *kyushuensis* Btk176, (A) C: cristal; E: esporo - x 13100 -(B) C: cristal - x 15000.



Fonte: Disponível em: doi.org/10.1590/0037-8682-0135-2019

Na década de 1990, a Organização Mundial de Saúde passou a não recomendar a utilização de estirpes produtoras de thuringiensina na formulação de biopesticidas, pois sua ação tóxica não se limita aos invertebrados, pois também possui atividade citolítica e hemolítica contra organismos não-alvo, animais vertebrados e humanos.

Sua ação inseticida é proveniente da semelhança ao ATP (trifosfato de adenosina), desta forma, esta exotoxina atua inibindo a ação da RNA polimerase, através da competição pelo ATP, acarretando efeitos mutagênicos e teratogênicos. Nesse sentido, a produção de thuringiensina tem sido um fator limitante

na seleção de novas estirpes de *B. thuringiensis* com potencial entomopatogênico.

A estratégia para obtenção de novos produtos para o controle de insetos, precisa ser baseada no isolamento e no uso de novas espécies bacterianas. Atualmente, existe uma variedade de espécies e de estirpes com potencial entomocida descrito contra diferentes insetos, inclusive os dípteros muscoides. *B. thuringiensis* como agente no controle de pragas está muito bem descrito e elucidado, no entanto, a presença de thuringiensina, dificuldade de crescimento, resistências ao nível de receptor do inseto e eficiência restrita da expressão de toxinas, tendem a limitar o número de alternativas de agentes entomopatogênicos. Conseqüentemente se faz necessário o isolamento de novas estirpes que sejam capazes de superar tais problemas.

O potencial de *Brevibacillus laterosporus* no controle de dípteros muscoides

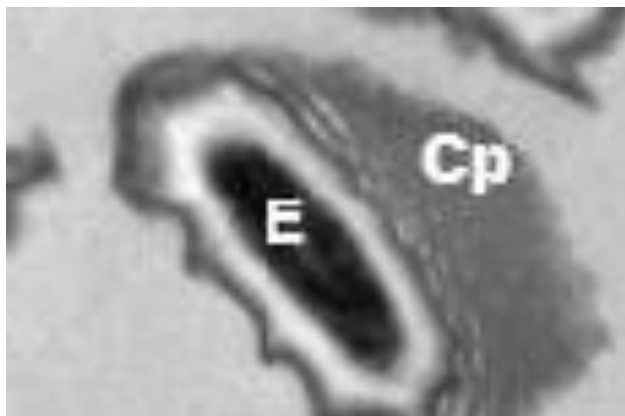
Brevibacillus laterosporus Laubach surge como possibilidade de agente no controle biológico em 1985. No entanto, seu primeiro relato na literatura foi em 1912 quando White isolou uma nova espécie bacteriana atuando como invasora secundária de abelhas e conferiu-lhe o nome de *Bacillus orpheus* White. Quatro anos

depois Laubach isolou uma cepa diferente nomeando-a *Bacillus laterosporus*. McCray, em 1917, isolou diferentes bactérias formadoras de endósporos e descreveu detalhadamente esta espécie. Através dos estudos taxonômicos mais recentes baseados na análise molecular (rRNA 16S), esta espécie foi realocada para o novo gênero *Brevibacillus*.

Brevibacillus laterosporus é uma espécie caracterizada por apresentar um corpo parasporal em forma de canoa aderido ao esporo (Figura 9), é Gram-positiva (Figura 10), aeróbica e suas diferentes estirpes foram isoladas a partir de águas de lagos, rios e mares, corpos de insetos vivos e mortos, diferentes tipos de alimentos e vegetais.

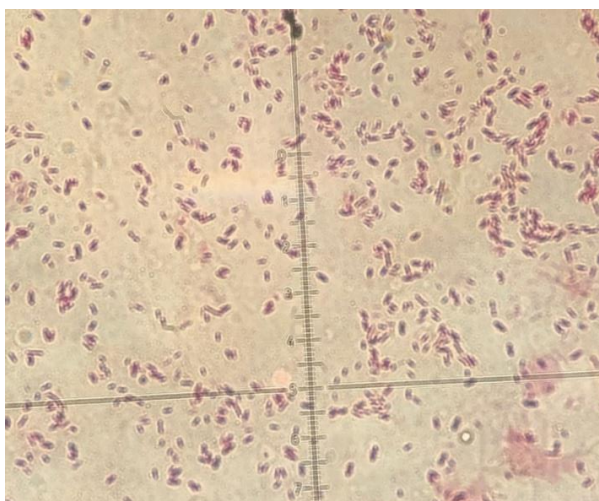
Diferentes hipóteses em relação ao corpo parasporal (Figura 9-Cp) têm sido levantadas, principalmente sobre suas funções e possíveis papéis. Tais hipóteses envolvem perguntas relacionadas ao fato destas estruturas estarem envolvidas com a proteção do esporo ou se são apenas uma parede acessória deformada. As perguntas ainda são muitas, pois o papel específico deste corpo parasporal em forma de canoa ainda não foi totalmente elucidado.

Figura 9: Imagem de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) de esporo de *Brevibacillus laterosporus*. E: esporo; Cp: corpo parasporal.



Fonte: Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF/IOC/FIOCRUZ).

Figura 10: Imagem de Microscopia de luz de esporos de *Brevibacillus laterosporus* corados com a técnica de coloração de Gram.



Fonte: Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF/IOC/FIOCRUZ).

Estudos mostram que os principais componentes do desta estrutura são fósforo e nitrogênio, mas além destes, acredita-se que aproximadamente 25% do peso do corpo parasporal seja de proteína extraível, que correspondem a matriz da canoa.

Nos últimos anos, o genoma de algumas estirpes de *B. laterosporus* foi sequenciado, o que disponibilizou então uma série de informações cepa-específicas, como: toxinas mosquitocidas e antifúngicas, diferentes antibióticos, variedade de peptídeos antimicrobianos, fatores suplementares de virulência contra insetos e outros inúmeros fatores putativos de virulência que as diferentes cepas desta espécie podem abrigar. Ainda foi visto que esta bactéria tem a competência de degradar e de remover poluentes e contaminantes, sendo capazes de promover a desintoxicação de metais em complexos de águas residuais, de realizar a biossorção de metais tóxicos de soluções áqueas e de degradar taninos vegetais, acetato, álcool polivinílico e fenol.

Estudos observaram que a administração oral de esporos de *B. laterosporus* pode melhorar a conversão alimentar e o ganho de peso em aves, e também ser probiótico para mamíferos.

Desta forma, esta bactéria apresenta grande potencial biotecnológico, uma vez que são benéficas aos mamíferos, ao meio

ambiente e não induzem resistência nos insetos quando utilizadas como bioinseticida. Ainda apresentam vantagens como carregar suas toxinas firmemente presas ao esporo, se destacando de outras espécies entomopatogênicas que dependem da co-ingestão acidental dos esporos e dos cristais proteicos.

A atividade entomocida de *B. laterosporus* sobre dípteros muscoides foi patenteada pelo grupo de Floris em 2001, com uma estirpe e a metodologia para o controle de *M. domestica*. Em 2004, Oliveira e colaboradores foram pioneiros ao apresentar o amplo espectro entomopatogênico de cepas desta bactéria, contra diferentes ordens de insetos, incluindo: larvas de determinadas espécies de coleópteros, lepidópteros, dípteros e molusco *Biomphalaria glabrata* (Pulmonata: Planorbidae).

Este grupo ainda estudou variabilidade genética entre as trinta e três cepas de *B. laterosporus* catalogadas, incluindo três novas cepas isoladas a partir de amostras de solo brasileiro.

O interesse deste grupo em estudar a variabilidade genética de *B. laterosporus* iniciou em 1999, quando Zahner e colaboradores, através de metodologias variadas de tipagem, examinaram a variação em 13 genes cromossômicos desta espécie. Nenhuma das técnicas possibilitou a identificação de um marcador molecular

adequado para estirpes entomopatogênicas, no entanto, um primer específico amplificou apenas o DNA de quase todas as estirpes com atividade mosquitocida. Embora muitos estudos tenham demonstrado a capacidade entomocida de *B. laterosporus*, ainda são poucos os trabalhos com dípteros muscomorfos.

Posteriormente, os estudos de controle biológico com *B. laterosporus* contra diferentes espécies de moscas foram publicados pelo LEMEF/IOC/FIOCRUZ, mostrando a atividade entomopatogênica desta bactéria contra *Lucilia cuprina* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Calliphoridae), *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1818) (Diptera: Calliphoridae), *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) e *M. domestica*.

Dentre as diferentes cepas de *B. laterosporus* testadas, Bon 707 tem se mostrado a mais promissora, uma vez que sua mortalidade foi bastante significativa, sendo tóxica tanto para as larvas quanto para os adultos tratados. Foi observada atividade entomopatogênica de *B. laterosporus* ao nível celular, e comprovada que esta ação está de fato relacionada à ingestão pelo inseto da bactéria em sua fase esporulada, o que causa alterações degenerativas no intestino médio das larvas, como: deformação e ruptura de microvilosidades, vacuolização do citoplasma e

desorganização geral com lise celular, corroborando achados prévios de Ruiu e colaboradores em 2012. Os efeitos da entomopatogenicidade de *B. laterosporus* são muito parecidos com os de *B. thuringiensis*, embora, ainda não esteja claro quais são os reais fatores tóxicos de *B. laterosporus*, uma vez que a existência de prótoxinas ou de toxinas ativas como os cristais proteicos de *B. thuringiensis*, não tenham sido identificados nesta estirpe e em outras com atividade entomopatogênica.

Nosso grupo apresentou o draft do genoma da estirpe Bon 707 e identificou os genes que codificam para as proteínas ExsC, CHRD e CpbA. Esses genes também foram identificados em outras estirpes de *B. laterosporus* entomopatogênicas. Desta forma, estudos sugerem essas proteínas como associadas a fatores suplementares de virulência em insetos e estão relacionados com a produção do corpo parasporal.

Em 2017 na Itália, o grupo de Marche clonou essas proteínas de superfície de esporo e as testou em *M. domestica*, no entanto, nenhuma das proteínas isoladas resultaram em atividade entomopatogênica estatisticamente significativa. A proteína CpbA mostrou-se patogênica, mas sua atividade tóxica não chegou a 50%.

Importante salientar que quando os insetos ingerem esporos contendo todas essas proteínas e/ou outras proteínas e fatores tóxicos desconhecidos, a mortalidade é de 90-100%. Estas correlações levam a questionamentos sobre sua atividade entomocida, se esta é determinada pela diversidade de toxinas ainda desconhecidas, ou pela atuação sinérgica das proteínas de superfície de esporos, ou proteínas adicionais, ou se ainda há fatores suplementares adicionais que também são desconhecidos. Tais especulações acerca dos fatores de virulência de *B. laterosporus* só poderão ser confirmadas através de mais estudos. Nesta perspectiva, alguns grupos de pesquisas, assim como o nosso, têm investigado esta bactéria com intuito de apontar mais um agente de controle biológico que seja eficiente e seguro para o meio ambiente e a população, no controle desses dípteros muscoides que exercem um importante papel na disseminação de diferentes patógenos, entre estes, bactérias resistentes aos antimicrobianos.

Referências

ADANG, M. J.; CRICKMORE, N.; JURAT-FUENTES, J. L. Chapter Two - Diversity of *Bacillus thuringiensis* Crystal Toxins and Mechanism of Action. In: DHADIALLA, T. S.; GILL, S. S. (Eds.).

Advances in Insect Physiology. Insect Midgut and Insecticidal Proteins. [s.l.] Academic Press, 2014. v. 47p. 39–87.

ANGELO, E. A.; VILAS-BÔAS, G. T.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. *Bacillus thuringiensis*: características gerais e fermentação. **E. A.**, v. 31, n. 4, p. 945–958, 2010.

ANSARI, M. S.; MORAIET, M. A.; AHMAD, S. Insecticides: Impact on the Environment and Human Health. In: MALIK, A.; GROHMANN, E.; AKHTAR, R. (Eds.). **Environmental Deterioration and Human Health: Natural and anthropogenic determinants**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 99–123.

ANVISA. Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana nos Serviços de Saúde. **Agência Nac Vigilância Sanitária - ANVISA**. 2017; 1-81.

AOYAGI, T. *et al.* Leuhistin, a new inhibitor of aminopeptidase M, produced by *Bacillus laterosporus* BMI156-14F1. **The Journal of Antibiotics**, v. 44, n. 6, p. 573–578, 1991.

ARAMORI, I. *et al.* Isolation of soil strains producing new cephalosporin acylases. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 72, n. 4, p. 227–231, 1991.

ARANGO, J. A.; ROMERO, M.; ORDUZ, S. Diversity of *Bacillus thuringiensis* strains from Colombia with insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, n. 3, p. 466–474, 2002.

ARGÔLO-FILHO, R. C.; LOGUERCIO, L. L. *Bacillus thuringiensis* is an Environmental Pathogen and Host-Specificity Has Developed as an Adaptation to Human-Generated Ecological Niches. **Insects**, v. 5, n. 1, p. 62–91, 2013.

AVILA, A. F. D. Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa metodologia de referência. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2008.

BAMBARADENIYA, Y. T. B. *et al.* Myiasis incidences reported in and around central province of Sri Lanka. **International Journal of Dermatology**, v. 58, n. 3, p. 336–342, 2019.

BARROS, K. A. Estudo químico-quântico do potencial carcinogênico de agrotóxicos. masterThesis – [s.l.] **Universidade Federal de Pernambuco**, 2010.

BELDER, E.; ELDERSON, J. The introduction of Integrated Pest Management in the Ethiopian Horticultural Sector. **Plant Research International, part of Wageningen UR**, p. 1–13, 2010.

BLOOMCAMP, C. L.; PATTERSON, R. S.; KOEHLER, P. G. Cyromazine resistance in the house fly (Diptera: Muscidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 80, n. 2, p. 352–357, 1987.

BRAVO, A.; GILL, S. S.; SOBERÓN, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon: Official Journal of the International Society on Toxinology**, v. 49, n. 4, p. 423–435, 2007.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. Segunda edição ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007.

CAN UCAN, M. *et al.* Myiasis Caused by *Musca domestica* Larvae in a Child: A Case Study. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 16, p. 2149–2152, 2011.

CARRAMASCHI, I. N. *et al.* First report of *Raoultella ornithinolytica* carrying blaKPC-2 isolated from a dipteran muscoid collected in a garbage from a public hospital in Rio de Janeiro, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 61, p. e32, 2019.

CARRAMASCHI, I. N. *et al.* Preliminary screening of the larvicidal effect of *Brevibacillus laterosporus* strains against the blowfly *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera:

Calliphoridae). **Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical**, v. 48, n. 4, p. 427–431, 2015.

CARRAMASCHI, I. N. *et al.* Laboratory evaluation of *Brevibacillus laterosporus* strains as biocidal agents against *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 146, p. 69–72, 2017.

CELIA MANAIA. Disponível em: <<https://www.envchemgroup.com/celia-manaia.html>>. Acesso em: 23 out. 2020.

CHARLES, J. F.; DELÉCLUSE, A.; ROUX, C. N. **Entomopathogenic Bacteria: from Laboratory to Field Application**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2013.

CHESTUKHINA, G. G. *et al.* The main features of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxin molecular structure. **Archives of Microbiology**, v. 132, n. 2, p. 159–162, 1982.

COPPING, L. G.; MENN, J. J. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. **Pest Management Science**, v. 56, n. 8, p. 651–676, 2000.

CORNAGLIA, G.; GIAMARELLOU, H.; ROSSOLINI, G. M. Metallo- β -lactamases: a last frontier for β -lactams? **The Lancet Infectious Diseases**, v. 11, n. 5, p. 381–393, 2011.

CRIALESI-LEGORI, P. C. B. *et al.* Interação de proteínas Cry1 e Vip3A de *Bacillus thuringiensis* para controle de lepidópteros-praga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 79–87, 2014.

CYOIA, P. S. *et al.* Distribution of ExPEC Virulence Factors, blaCTX-M, fosA3, and mcr-1 in Escherichia coli Isolated from Commercialized Chicken Carcasses. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, 2019.

DEHGHANI, R.; SEDAGHAT, M.; BIDGOLI, M. S. Wound Myiasis due to *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in Persian Horned Viper *Pseudocerastes persicus* (Squamata: Viperidae). **Journal of Arthropod-Borne Diseases**, v. 6, n. 1, p. 86–89, 2012.

DIK, B. *et al.* The first case of traumatic myiasis caused by *Musca domestica* in a dog in Konya, Turkey. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 42, n. 5, p. 492–495, 2018.

DJUKIC, M. *et al.* Genome Sequence of *Brevibacillus laterosporus* LMG 15441, a Pathogen of Invertebrates. **Journal of Bacteriology**, v. 193, n. 19, p. 5535–5536, 2011.

EARP, D. J.; ELLAR, D. J. *Bacillus thuringiensis* var. morrisoni strain PG14: nucleotide sequence of a gene encoding a 27kDa crystal protein. **Nucleic Acids Research**, v. 15, n. 8, p. 3619, 1987.

FAVRET, M. E.; YOUSTEN, A. A. Insecticidal activity of *Bacillus laterosporus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 45, n. 2, p. 195–203, 1985.

FERNANDES, M. R. *et al.* Silent dissemination of colistin-resistant *Escherichia coli* in South America could contribute to the global spread of the *mcr-1* gene. **Eurosurveillance**, v. 21, n. 17, p. 30214, 28 abr. 2016.

FERREIRA, V. DOS S. B. *et al.* Larvicidal activity and effects on post embryonic development of laboratory reared *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae), treated with *Brevibacillus laterosporus* (Laubach) spore suspensions. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 137, p. 54–57, 2016.

FLORIS, I. *et al.* ***Brevibacillus laterosporus* strain compositions containing the same and method for the biological control of dipters**, 2001. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/EP2079314B1/en>>. Acesso em: 19 set. 2018.

FRAGOSO, D. DE B. Duro de matar: os superinsetos resistentes a inseticidas da agricultura! - Portal Embrapa. **Fronteira Agrícola**. Anais. Embrapa Pesca e Aquicultura: 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes//publicacao/1043503/duro-de-matar-os-superinsetos-resistentes-ainseticidas-da-agricultura>>. Acessoem: 14 nov. 2020

FRANKENHUYZEN, K. VAN. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 101, n. 1, p. 1-16, 2009.

FURLANETTO, S. M. P. *et al.* Microrganismos enteropatogênicos em moscas africanas pertencentes ao gênero *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) no Brasil. **Revista de microbiologia**, v. 15, p. 170-174, 1984.

GADELHA, B.; FERRAZ, A.; AGUIAR-COELHO, V. A importância dos Mesembrinelíneos (Diptera: Calliphoridae) e seu potencial como indicadores de preservação ambiental. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 664, 2009.

GEDEN, C. J. Status of biopesticides for control of house flies. **J Biopest**, 5 (Supplementary), p. 1-11, 2012.

GEORGHIOU, G. P.; LAGUNES-TEJEDA, A. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. n. Roma: **FAO**, 1991.

GALZER, E. C. W.; AZEVEDO FILHO, W. S. Utilização do *Bacillus thuringiensis* no controle biológico de pragas. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 1, no. 1, p. 1-4, 2016.

GHAZANCHYAN, N. L. *et al.* *Brevibacillus laterosporus* as perspective source of new bioinsecticides. **Annals of Agrarian Science**, v. 16, n. 4, p. 413-415, 2018.

GUENTHER, S. *et al.* Environmental emission of multiresistant *Escherichia coli* carrying the colistin resistance gene *mcr-1* from

German swine farms. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 72, n. 5, p. 1289–1292, 2017.

GUIMARÃES, J. H.; PRADO, K. P. L. A.; LINHARES, A. X. Three newly introduced blowfly species in southern Brazil (Diptera: Calliphoridae). 1978.

HAGHI, F. M. *et al.* The first report of pathogenic bacteria isolated from blow flies *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) in Sari city, North of Iran. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 2, p. 2056–2061, 2018.

HANSKI, I. Carrion fly community dynamics: patchiness, seasonality and coexistence. **Ecological Entomology**, v. 12, n. 3, p. 257–266, 1987.

HEMMATINEZHAD, B. *et al.* Molecular detection and antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa* from houseflies (*Musca domestica*) in Iran. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 21, p. 1–5, 2015.

HENRIQUE MARCHIORI, C.; MAGNO MIRANDA, J. Primeira ocorrência de *Spalangia cameroniperkins* (Hymenoptera: Pteromalidae) como parasitoide de *Ornidia obesa* Fabricius (Diptera: Syrphidae) no Brasil. **Semina Ciências Agrárias**, v. 30, n. 4, p. 931–934, 2009.

HOFFMANN, K. H.; LORENZ, M. W. Recent advances in hormones in insect pest control. **Phytoparasitica**, v. 26, n. 4, p. 323–330, 1998.

HOLAIL, H.; AL-BAHADLY, A.; OLAMA, Z. **Detoxification of hexavalent chromium Cr (VI) by *Bacillus laterosporus* and its application in Lebanese waste water**. In: WIT TRANS. ECOL. ENVIRON. 2011

HONG, H. A.; DUC, L. H.; CUTTING, S. M. The use of bacterial spore formers as probiotics. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 29, n. 4, p. 813–835, 2005.

HOWARD, L. O. **The house fly, disease carrier; an account of its dangerous activities and of the means of destroying it.** New York,: Frederick A. Stokes Company, 1911.

IVES, J. Biological controls in botanic gardens. **Sibbaldia: the International Journal of Botanic Garden Horticulture**, n. 18, p. 117–125, 2020.

JEYASEELAN, A.; SIVASHANMUGAM, K.; JAYARAMAN, K. Comparative applications of bioreactor and shake flask system for the biodegradation of tannin and biotreatment of composite tannery effluents. v. 27, p. 371–375, 2008.

KALALAH, A. *et al.* Complete Genome Sequence of a Colistin-Resistant *Klebsiella pneumoniae* Isolate from Houseflies (*Musca domestica*) in a Trash Disposal Truck in the United States. **Microbiology Resource Announcements**, v. 9, n. 22, 28 maio 2020.

KAMIYAMA, T. *et al.* Bacithrocin A, B and C, novel thrombin inhibitors. **The Journal of Antibiotics**, v. 47, n. 9, p. 959–968, 1994.

KAPPEL, H. B. *et al.* Non-biting flying insects as carriers of pathogenic bacteria in a Brazilian hospital. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 46, n. 2, p. 234–236, abr. 2013.

KIEFFER, N. *et al.* Genetic and Functional Characterization of an MCR-3-Like Enzyme-Producing *Escherichia coli* Isolate Recovered from Swine in Brazil. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 62, n. 7, 1 jul. 2018.

KUŞÇU, F. *et al.* Furuncular Myiasis Caused by *Dermatobia hominis* in a Traveler Returning from the Amazon Jungle. **Turkiye Parazitolojii Dergisi**, v. 41, n. 3, p. 173–176, 2017.

KRÜGER, R. F.; RIBEIRO, P. B.; CARVALHO, C. J. B. DE. Desenvolvimento de *Ophyra albuquerquei* Lopes (Diptera, Muscidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 4, p. 643–648, 2003.

LENTZ, S. A. *et al.* Letter to the editor: *Escherichia coli* harbouring mcr-1 gene isolated from poultry not exposed to polymyxins in Brazil. **Eurosurveillance**, v. 21, n. 26, p. 30267, 30 jun. 2016.

LERTCANAWANICHAKUL, M. *et al.* Bacteriocin-like protein produced *Brevibacillus laterosporus* that can inhibit the growth of drug resistant bacteria. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Developmental Research**, v. 6, n. 1, p. 012–015, 2020.

LIAO, W.; LIU, Y.; ZHANG, W. Virulence evolution, molecular mechanisms of resistance and prevalence of ST11 carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in China: A review over the last 10 years. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 23, p. 174–180, 1 dez. 2020.

LI JIYUN *et al.* Inter-host Transmission of Carbapenemase-Producing *Escherichia coli* among Humans and Backyard Animals. **Environmental Health Perspectives**, v. 127, n. 10, p. 107009, [s.d.].

LIM, J.-G.; PARK, D.-H. Degradation of Polyvinyl Alcohol by *Brevibacillus laterosporus*: metabolic Pathway of Polyvinyl Alcohol to Acetate. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 11, n. 6, p. 928–933, 2001.

LIMA, G. M. DE S. PROTEÍNAS BIOINSETICIDAS PRODUZIDAS POR *Bacillus thuringiensis*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife**, v. 7, n. 0, p. 119–137, 2010.

LINDSAY, S. W. *et al.* *Chrysomya putoria*, a Putative Vector of Diarrheal Diseases. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 6, n. 11, 2012.

LIU, Y. *et al.* MULTI-DRUG RESISTANT GRAM-NEGATIVE ENTERIC BACTERIA ISOLATED FROM FLIES AT CHENGDU AIRPORT, CHINA. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**, v. 44, n. 6, p. 9, 2013.

LIU, Y.-Y. *et al.* Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: a microbiological and molecular biological study. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 16, n. 2, p. 161-168, 2016.

LONC, E. T.; LACHOWICZ, M.; JEDRYKA, U. Insecticidal activity of various strains of *Bacillus* against larvae of house flies (*Musca domestica*). **Wiad Parazytol**, v. 37, p. 357-365, 1991.

MAAGD, R. A. *et al.* Structure, Diversity, and Evolution of Protein Toxins from Spore-Forming Entomopathogenic Bacteria. **Annual Review of Genetics**, v. 37, n. 1, p. 409-433, 2003.

MADEIRA, N. G. Would *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae) be a beneficial species? **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 2, p. 1-5, 2001.

MARCHE, M. G. *et al.* Spore surface proteins of *Brevibacillus laterosporus* are involved in insect pathogenesis. **Scientific Reports**, v. 7, p. 43805, 2017.

MARCHE, M. G. *et al.* Survey of *Brevibacillus laterosporus* insecticidal protein genes and virulence factors. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 155, p. 38-43, 2018.

MARCHIORI, C. H. *et al.* Dípteros muscoides de importância médica e veterinária e seus parasitoides em Goiás. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, p. 350-353, 2000.

MARILUIS, J. C. Notes about metallic flies, its sanitary importance and ecology (Diptera: Calliphoridae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 58, n. 1-2, 1999.

MENDES OLIVEIRA, V. R.; PAIVA, M. C.; LIMA, W. G. Plasmid-mediated colistinresistance in Latin America and Caribbean: A systematic review. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v. 31, p. 101459, 1 set. 2019.

Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano – Português (Brasil). Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/feffmercado-de-biodefensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

MOHAPATRA, R. K. *et al.* Reduction of Chromium (VI) by Marine Bacterium *Brevibacillus laterosporus* Under Varying Saline and pH Conditions. **Environmental Engineering Science**, v. 34, n. 9, p. 617-626, 2017.

MOLTON, J. S. *et al.* The Global Spread of Healthcare-Associated Multidrug-Resistant Bacteria: A Perspective from Asia. **Clinical Infectious Diseases**, v. 56, n. 9, p. 1310-1318, 2013.

MONTE, D. F. *et al.* Chicken Meat as a Reservoir of Colistin-Resistant Escherichia coli Strains Carrying mcr-1 Genes in South America. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 61, n. 5, 1 maio 2017.

MOREIRA, M. D. *et al.* Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. **Manejo Integrado de Doenças e Pragas. Suprema Gráfica e Editora**, p. 577-606, 2007.

MORENO, L. Z. *et al.* First report of mcr-1-harboring *Salmonella enterica* serovar Schwarzen grund isolated from poultry meat in Brazil. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v. 93, n. 4, p. 376-379, 1 abr. 2019.

MWAMBURI, L. A.; LAING, M. D.; MILLER, R. Laboratory and Field Evaluation of Formulated *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* as a Feed Additive and Using Topical Applications for Control of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) Larvae in Caged-Poultry Manure. **Environmental Entomology**, v. 40, n. 1, p. 52–58, 2011.

OLIVEIRA, V. C. DE; MELLO, R. P. DE; D'ALMEIDA, J. M. Muscoid dipterans as helminth eggs mechanical vectors at the zoological garden, Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 5, p. 614–620, 2002.

OLIVEIRA, E. J. *et al.* Molecular Characterization of *Brevibacillus laterosporus* and Its Potential Use in Biological Control. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 11, p. 6657–6664, 2004.

ONWUGAMBA, F. C. *et al.* The role of “filth flies” in the spread of antimicrobial resistance. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v. 22, p. 8–17, 2018.

PALMA, L. *et al.* *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. **Toxins**, v. 6, n. 12, p. 3296–3325, 2014.

PALMEIRA, A. *et al.* SEROVARS AND ANTIMICROBIAL RESISTANCE OF *Salmonella* spp. ISOLATED FROM TURKEY AND BROILER CARCASSES IN SOUTHERN BRAZIL BETWEEN 2004 AND 2006. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 58, 2016.

PECLAT, L. V. *et al.* Occurrence and seasonality of muscoids dipterous (Diptera, Calliphoridae) at Colégio Pedro II campus Niterói, Barreto, Niterói, RJ, Brazil. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 21, n. 1, p. 1–11, 2020.

PEREIRA, L. DE A. *et al.* Bioactivity under laboratory conditions of *Brevibacillus laterosporus* towards larvae and adults of

Chrysomya putoria (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 158, p. 52–54, 2018.

PEREIRA, L. DE A. **Efeito da bioatividade de estirpes de bactérias entomopatogênicas sobre larvas e adultos de *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae) e *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1818) (Diptera: Calliphoridae) em laboratório.** Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Saúde) - Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, 2019.

PEREIRA, L. DE A. *et al.* Larvicidal and adulticidal effects and ultrastructural changes of larvae midgut epithelium of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) fed with *Bacillus thuringiensis* var. *kyushuensis*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 52, p. 1–4, 2019.

PEREZ, J. M.; GRANADOS, J. E.; RUIZ-MARTINES, I. Etiologia y biologia [Miasis]. v. v.49, n. Ovis. Espanha, p. 13–31, 1997.

PESSANHA, R. R. *et al.* Evaluation of larvicidal activity and effects on post embrionary development of laboratory reared *Lucilia cuprina* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Calliphoridae), treated with *Brevibacillus laterosporus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 128, p. 44–46, 2015.

PAVELA, R. *et al.* Outstanding insecticidal activity and sublethal effects of *Carlina acaulis* root essential oil on the housefly, *Musca domestica*, with insights on its toxicity on human cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 136, p. 111037, 2020.

PORUBCAN, R. **Administering *Bacillus laterosporus* to increase poultry feed conversion and weight gain**, 29 maio 2003. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US20030099624A1/en>>. Acesso em: 7 nov. 2019.

POUDEL, A. *et al.* Multidrug-Resistant *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* and *Staphylococcus* spp. in Houseflies and Blowflies from Farms and Their Environmental Settings. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 19, 25, 2019.

PROMPIBOON, P. *et al.* *Musca domestica* salivary gland hypertrophy virus, a globally distributed insect virus that infects and sterilizes female houseflies. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 4, p. 994–998, 2010.

QUIROGA, C.; NASTRO, M.; DI CONZA, J. Current scenario of plasmid-mediated colistin resistance in Latin America. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 51, n. 1, p. 93–100, 1 jan. 2019.

RABELLO, R. F. *et al.* Antimicrobial Resistance in Farm Animals in Brazil: An Update Overview. **Animals**, v. 10, n. 4, p. 552, abr. 2020.

RAHMAN, A. *et al.* Cutaneous myiasis of scalp in a young girl related to *Musca domestica*. **Dermatology Online Journal**, v. 21, n. 11, 2015.

RAHUMA, N. *et al.* Carriage by the housefly (*Musca domestica*) of multiple-antibiotic-resistant bacteria that are potentially pathogenic to humans, in hospital and other urban environments in Misurata, Libya. **Annals of Tropical Medicine & Parasitology**, v. 99, n. 8, p. 795–802, 1 dez. 2005.

REDA, A. B.; ASHRAF, T. A. H. Optimization of bacterial biodegradation of toluene and phenol under different nutritional and environmental conditions. **Journal of Applied Sciences Research**, n. 6, p. 1086–1095, 2010.

REY, L. **Dípteros Braquíceros: Moscas e Motucas**. In: *Parasitologia*. 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 1991.

REY, L. **Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nas Américas e na África**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001.

ROH, J. Y. *et al.* *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 547–559, 2007.

ROMÁN-BLANCO, C. *et al.* Numbers and species of *Bacillus* during the manufacture and ripening of Castellano cheese. **Milchwissenschaft**, v. 54, p. 385–388, 1999.

RUIU, L. *et al.* Toxicity of a *Brevibacillus laterosporus* strain lacking parasporal crystals against *Musca domestica* and *Aedes aegypti*. **Biological Control**, v. 43, n. 1, p. 136–143, 2007.

RUIU, L. *Brevibacillus laterosporus*, a Pathogen of Invertebrates and a Broad-Spectrum Antimicrobial Species. **Insects**, v. 4, n. 3, p. 476–492, 2013.

RUIU, L.; SATTA, A.; FLORIS, I. Observations on house fly larvae midgut ultrastructure after *Brevibacillus laterosporus* ingestion. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 111, n. 3, p. 211–216, 2012.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996.

SACRAMENTO, A. G. *et al.* Genomic analysis of MCR-1 and CTX-M-8 co-producing *Escherichia coli* ST58 isolated from a polluted mangrove ecosystem in Brazil. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 15, p. 288–289, 1 dez. 2018.

SATO, J. P. H. *et al.* Associação entre fatores de virulência e resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* enterotoxigênicas isoladas de leitões com diarreia no Brasil. **Acta Sci. vet.**, p. 1–7, 2015.

SCHNEPF, E. *et al.* *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.**, v. 62, n. 3, p. 775–806, 1998.

SELLERA, F. P. *et al.* *Escherichia coli* carrying IncX4 plasmid-mediated *mcr-1* and *blaCTX-M* genes in infected migratory Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 72, n. 4, p. 1255–1256, 1 abr. 2017.

SHARMA, C. B. S. R.; SAHU, R. K. Cytogenetic hazards from agricultural chemicals: I. A preliminary study on the responses of root meristems to exotoxin from *Bacillus thuringiensis* a constituent of a microbial insecticide, thuricide. **Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects**, v. 46, n. 1, p. 19–26, 1977.

SHONO, T.; SCOTT, J. G. Spinosad resistance in the housefly, *Musca domestica*, is due to a recessive factor on autosome 1. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 75, n. 1–2, p. 1–7, 2003.

SHONO, T.; ZHANG, L.; SCOTT, J. G. Indoxacarb resistance in the house fly, *Musca domestica*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 80, n. 2, p. 106–112, 2004.

SILVA, P. C.; GUIMARÃES, F. L.; FERREIRA, F. N. C. **Controle de vetores - Procedimento de segurança**. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2001.

SOBERÓN, M.; LÓPEZ-DÍAZ, J. A.; BRAVO, A. Cyttoxins produced by *Bacillus thuringiensis*: A protein fold conserved in several pathogenic microorganisms. **Peptides, Invertebrate Neuropeptides XIII**. v. 41, p. 87–93, 2013.

SONGE, M. *et al.* Antimicrobial Resistant Enteropathogenic *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in Houseflies Infesting Fish in Food Markets in Zambia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 1, p. 21, 2016.

STEIN, A. E. K. *Bacillus thuringiensis* para controle de *Musca domestica*: seleção de estirpes e avaliação do perfil de hemócitos em larvas. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2017.

STOFFOLANO, J. G. Fly foregut and transmission of microbes. In: **Advances in Insect Physiology**. [s.l.] Elsevier, v. 57p. 27-95, 2019.

TOJO, A.; AIZAWA, K. Dissolution and Degradation of *Bacillus thuringiensis* δ -Endotoxin by Gut Juice Protease of the Silkworm *Bombyx mori*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 45, n. 2, p. 576-580, 1983.

THAMLIKITKUL, V. *et al.* Contamination by Antibiotic-Resistant Bacteria in Selected Environments in Thailand. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 19, p. 3753, 2019.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

TSAI, S.-F. *et al.* Role of oxidative stress in thuringiensin-induced pulmonary toxicity. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 216, n. 2, p. 347-353, 2006.

UMEZAWA, K.; TAKEUCHI, T. Spergualin: a new antitumour antibiotic. **Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie**, v. 41, n. 5, p. 227-232, 1987.

UNICEF; ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Diarrhoea: why children are still dying and what can be done**. New York: United Nations Children's Fund, 2009.

VAN LENTEREN, J. C. *et al.* Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 39-59, 2018.

VARZANDEH, M.; BRUCE, W. N.; DECKER, G. C. Resistance to Insecticides as a Factor influencing the Biotic Potential of the House Fly. **Journal of Economic Entomology**, v. 47, n. 1, 1954.

WASALA, L. *et al.* Transfer of *Escherichia coli* O157:H7 to spinach by house flies, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Phytopathology**, v. 103, n. 4, p. 373–380, 2013.

WANG, R. *et al.* The global distribution and spread of the mobilized colistin resistance gene *mcr-1*. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 1179, 21 mar. 2018.

WANG, Y. *et al.* Comprehensive resistome analysis reveals the prevalence of NDM and MCR-1 in Chinese poultry production. **Nature Microbiology**, v. 2, n. 4, p. 1–7, 6 fev. 2017.

WEN, Z.; SCOTT, J. G. Cross-Resistance to Imidacloprid in Strains of German Cockroach (*Blattella germanica*) and House Fly (*Musca domestica*). **Pesticide Science**, v. 49, n. 4, p. 367–371, 1997.

WEST, L. S. **The housefly. Its natural history medical importance and control.** Ithaca, NY: Comstock Publishing Company, 1951.

WETZKER, W. *et al.* Extended-Spectrum Beta-Lactamase (ESBL)-Producing *Escherichia coli* Isolated from Flies in the Urban Center of Berlin, Germany. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 9, p. 1530, 2019.

WHITE, G. F. (GERSHOM F.; UNITED STATES. BUREAU OF ENTOMOLOGY; UNITED STATES. DEPT. OF AGRICULTURE. **The cause of European foul brood.** [s.l.] Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Bureau of Entomology, 1912.

WHO. **Guideline specifications for bacterial larvicides for public health use. Report of the WHO informal consultation in Geneva.**

Disponível em: <https://www.who.int/malaria/publications/atoz/who_cds_cpc_whopes_99_2/en/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

WIEST, S. L. F.; JÚNIOR, H. L. P.; FIUZA, L. M. Thuringiensin: a toxin from *Bacillus thuringiensis*. **Bt Research**, v. 6, n. 0, 2015.

World Health Organization. Worldwide country situation analysis: response to antimicrobial resistance: summary. No. WHO/HSE/PED/AIP/2015.1. World Health Organization, 2015.

YU, C. G. *et al.* The *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A lyses midgut epithelium cells of susceptible insects. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 63, n. 2, p. 532–536, 1997.

ZAHNER, V. *et al.* Genotypic Diversity among *Brevibacillus laterosporus* Strains. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 11, p. 5182–5185, 1999.

ZHANG, J. *et al.* Housefly (*Musca domestica*) and Blow Fly (*Protophormia terraenovae*) as Vectors of Bacteria Carrying Colistin Resistance Genes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 84, n. 1, p. 12–15, 2017.

ZHANG, Y. *et al.* Multiple mutations and overexpression of the MdaE7 carboxylesterase gene associated with male-linked malathion resistance in housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Scientific Reports**, v. 8, p. 1–9, 2018.

ZHONG, C. *et al.* Characterization of a *Bacillus thuringiensis* δ -Endotoxin Which Is Toxic to Insects in Three Orders. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 76, n. 2, p. 131–139, 2000.

ZHOU, J.; XU, Z.; CHEN, S. Simulation and prediction of the thuringiensin abiotic degradation processes in aqueous solution by a radius basis function neural network model. **Chemosphere**, v. 91, n. 4, p. 442–447, 2013.

ZOUBOULIS, A. I.; LOUKIDOU, M. X.; MATIS, K. A. Biosorption of toxic metals from aqueous solutions by bacteria strains isolated

from metal-polluted soils. *Process Biochemistry*, v. 39, n. 8, p. 909–916, 2004.

ZUMPT, F. **Myiasis in Man and Animals in the Old World: A Textbook for Physicians, Veterinarians, and Zoologists**. London: Butterworths, 1965.

Sobre os autores

Lorrane de Andrade Pereira

Bióloga, mestre em Ciências pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz), especialista em Docência do Ensino Superior e Tutoria de Educação a Distância pelo Instituto Pedagógico de Minas Gerais (IPEMIG) e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde (IOC/Fiocruz).

Daislany Andreia da Silva Alves

Bióloga, especialista em Entomologia Médica pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) e mestranda em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo (IOC/Fiocruz).

Isabel Nogueira Carramaschi

Mestre e Doutora pelo Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz, ambos na área de microbiologia aplicada. Desenvolveu seu mestrado no tema controle biológico de vetores (dípteros mucoides) e no doutorado desenvolveu a tese sobre o papel de dípteros muscoides como transmissores de bactérias resistentes aos antimicrobianos e mecanismos de resistência bacterianos. Atualmente é professora da Secretaria Municipal de Educação de Volta Redonda, RJ.

Viviane Zahner

Mestre em Biologia Parasitária pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) e doutora em Biologia Celular e Molecular pelo

Instituto Oswaldo Cruz e Heriot-Watt University (Edimburgo/Escócia). Realizou pós doutorado no Laboratório de Fisiologia de Insetos no Serviço Canadense de Florestas em New Brunswick, Canadá. Pesquisadora Titular do Instituto Oswaldo Cruz, chefe substituta do Laboratório de Entomologia Médica e Forense (IOC/Fiocruz) e membro do corpo docente permanente do Curso de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz).

Capítulo 5 - Contexto histórico do saneamento no Brasil e a perspectiva para o setor após o novo marco do saneamento - Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020

Autores: Queren Cabral de Abreu, Irineu Vieira da Silva Júnior;
Anieli de Souza Marques, Irenilda Reinalda Barreto de Rangel
Moreira Cavalcanti

Resumo: A origem das ações de saneamento no Brasil está associada ao controle de doenças infecto-contagiosas. A história do saneamento no Brasil pode ser contada paralelamente à histórica política/econômica do país. A atuação conjunta do Ministério da Saúde e do Ministério das Cidades busca cumprir parâmetros estabelecidos na legislação a fim de proporcionar saúde e qualidade de vida aos brasileiros. O novo Marco Regulatório do Saneamento -Lei nº 14.026- apresenta uma nova estratégia para que a universalização do acesso ao saneamento seja alcançada até o ano de 2033. Esta estratégia vem sendo debatida pela comunidade acadêmica e pela sociedade civil, e diferentes argumentos vêm sendo utilizados endossando e criticando os instrumentos propostos. O debate de ideias é uma ferramenta importante para a descentralização e este trabalho apresenta alguns argumentos dos diferentes pontos de vista.

Palavras-chave: saneamento; novo marco do saneamento; universalização.

Contextualização histórica do saneamento no Brasil

A origem das ações de saneamento no Brasil (e em todo o mundo ocidental), enquanto solução coletiva, está associada ao controle de doenças infectocontagiosas, a partir de meados do século XIX (Costa, 1994). As primeiras manifestações de preocupação ambiental têm suas raízes em problemas de saúde pública, nas doenças originadas por déficit dos serviços sanitários, na contaminação atmosférica e nas condições de moradia e trabalho (DIAS, 2003).

No início do século XXI, ainda prevalecem no país grandes deficiências no atendimento por serviços de saneamento, especialmente no que diz respeito à coleta e tratamento de esgotos sanitários e à disposição de resíduos sólidos (MURTHA, CASTRO & HELLER, 2015).

Desde a publicação da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 o saneamento urbano no Brasil tem sido muito discutido, e entender o contexto histórico do saneamento do país possibilita a percepção

das mudanças no dia a dia do consumidor a partir da implantação do novo Marco Regulatório.

Em 1930, a partir de um dos primeiros atos do Governo Provisório de Getúlio Vargas, o Brasil passou a ter um Ministério de Educação e Saúde Pública. A instituição desenvolvia atividades pertinentes a vários ministérios atuais, como saúde, esporte, educação e meio ambiente (SILVA, 2017). Neste período, a educação foi considerada prioridade, levando a avanços históricos no setor, mas a saúde pública também avançou e começou a ser regulamentada e estruturada no país. Neste momento os serviços de saneamento eram municipais, com ações locais e pontuais.

No final da Segunda Guerra Mundial, com a presença dos norte-americanos no Brasil, inicia-se uma proposta para a gestão pública do saneamento em regime de cooperação técnica entre Brasil e Estados Unidos através da Fundação Rockefeller (SANTOS & FARIA, 2003). Em 1942, foi criado o Serviço Especial de Saúde Pública -SESP- estreitando a relação entre o governo brasileiro e o norte-americano, tendo como objetivo o acesso ao saneamento da população de regiões produtoras de matérias-primas, como a borracha da região amazônica e o minério de ferro e mica do Vale do Rio Doce (RENOVATO & BAGNATO, 2010).

Em 1960, o SESP foi transformado em Fundação Serviço de Saúde Pública - FSESP-, mas a partir de 1990 foi extinta e passou a integrar, junto com a Superintendência Nacional de Campanhas-Sucam-, a Fundação Nacional de Saúde -Funasa- (PESSOA, 2017).

Em 1969 foi institucionalizado o PLANASA- Plano Nacional de Saneamento, que se respaldava financeiramente nos recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço - FGTS para financiar a implantação ou expansão dos serviços de água e esgoto (DIAS, 2003) e atuava no sistema de abastecimento de água (prioritariamente) e esgotamento sanitário, além de drenagem urbana (COSTA, 1994). A partir dos objetivos e das metas do Plano Nacional de Saneamento, com o apoio financeiro do Banco Nacional da Habitação-BNH, foram constituídas as Companhias Estaduais de Saneamento - SAAEs. A criação dos Serviços Autônomos marca o início de um período de obras estruturais de saneamento no Brasil, pois até então as ações eram teóricas, estruturantes e pontuais.

Os benefícios do BNH eram destinados aos municípios que concediam a prestação de serviços de saneamento às companhias autônomas de água e esgoto. Um instrumento utilizado para este financiamento foi o subsídio cruzado, visando a universalização do acesso e viabilizando este acesso aos municípios pobres.

Durante a década de 1970, o meio ambiente passou a ser mais discutido no meio político no Brasil e em 1981 foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente. O saneamento, que antes era discutido pelo viés da saúde pública e da estratificação social, passa a ser debatido também pelo viés do meio ambiente. A Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA - estipulando os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, como responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental no país (BRASIL, 1981).

Em 1988, o termo “Saneamento básico” foi utilizado pela primeira vez na legislação brasileira, no texto da Constituição Federal. O art. 21, XX, atribui exclusivamente à União a “competência para instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”. O art. 23, IX, estabelece a competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios para a “promoção de programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”. Por último, o art. 200, IV, dispõe que compete ao Sistema Único de Saúde - SUS, nos termos da lei, “participar da formulação da política e da execução das ações de

saneamento básico” (BRASIL, 1988). A partir da redação do artigo 21 da Constituição foi publicada a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. A Lei nº 11.445/2007 foi recentemente atualizada pela Lei nº 14.026, em 15 de julho de 2020, o Novo Marco do Saneamento Brasileiro (FREIRE, 2020).

Na década de 1990, seguindo os passos do meio ambiente, a saúde também iniciou seu processo de estruturação. Baseando-se no artigo 196 da Constituição Federal, onde é garantido que a saúde é direito de todos e dever do Estado (BRASIL, 1988), foi criado o Sistema Único de Saúde - SUS para garantir seus objetivos, de acordo com as diretrizes de descentralização, atendimento integral e participação popular, respeitando os princípios de universalidade, integralidade e igualdade firmados na própria Constituição (Ministério da Saúde, 2008).

Em 1991, foi criada a Fundação Nacional de Saúde - Funasa - que foi resultado da fusão entre a Superintendência de Campanhas de Saúde Pública - SUCAM e a Fundação Serviços de Saúde Pública - FSESP. A Funasa é vinculada ao Ministério da Saúde e exerceu papel relevante na efetivação da reforma sanitária promovida pelo

Ministério da Saúde e teve ação decisiva na implantação e ampliação do Sistema Único de Saúde - SUS (FUNASA, 2018).

Ainda em 1991, orientado pelo Banco Mundial, durante o governo Collor de Mello sob a forma de um projeto piloto, foi implantado o Programa de Modernização do Setor Saneamento - PMSS. O programa surgiu como uma possível solução para a crise institucional, financeira e operacional por que passava o setor saneamento no Brasil no início da década de 1990 e tinha como meta a universalização do serviço até o ano de 2010. A proposta de universalização do serviço a partir da abertura ao setor privado entrou em desacordo com os interesses do Ministério do Bem Estar Social, então órgão responsável pela política de saneamento do Governo Federal (SALLES, 2009). Segundo Salles (2009), a Fundação Nacional de Saúde, vinculada ao Ministério da Saúde, foi excluída do PMSS, pois sua direção, articulada às diretrizes do Sistema Único de Saúde se opunha à privatização do setor.

Em 1995, foi publicada a Lei das Concessões - Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos (BRASIL, 1995), marcando o início da regulamentação da concorrência entre empresas privadas por meio de licitação.

Em 1996, foi proposto um projeto de lei PLS 266/96 que viabilizaria a privatização do setor de saneamento. A apresentação do projeto fez com que os grupos de interesse se mobilizassem para impedir o que foi considerado como um passo para a privatização do setor (SOUSA & COSTA, 2011), a mobilização levou ao veto do projeto.

Paralelamente, em 1997, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), estruturando outro pilar institucional atual do saneamento no Brasil.

Em junho de 1997, a SABESP estreou na Bolsa de Valores de São Paulo com a alienação de, aproximadamente, 4% do seu capital (GAMEZ, 1997) e marcou uma mudança importante na economia do setor. Em 1999, o capital social estava distribuído nos seguintes percentuais (VIANA, 2020):

- a) 85,43% da Fazenda do Estado de São Paulo;
- b) 3,03% do Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE;
- c) 11,54% com outros acionistas.

Após novas distribuições secundárias de ações em 2004 e 2007, o percentual de ações da SABESP negociadas no mercado passou de

28,5% para 49,7% de seu capital social, reduzindo a participação do Estado para 50,3% (VIANA, 2020).

Em 1998, o Estado do Paraná alienou aproximadamente 40% das ações ordinárias da SANEPAR para a sociedade Dominó Holdings S/A (da qual faziam parte o grupo francês Vivendi, a Construtora Andrade Gutierrez, o Banco Opportunity e a COPEL) (VIANA, 2020).

Em 1998, foi autorizada legalmente a alienação de parte das ações da COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais, resguardado o controle governamental. O processo de venda foi retomado em 2003 e concluído em 2006. Atualmente, o Estado possui 50,04% do capital social (COPASA, 2019).

Com a assessoria do Banco Mundial, o Governo Federal apresentou no início de 2001 a proposta de um novo marco regulatório para o setor com pedido de votação em urgência constitucional, o PL 4147/01 (SOUSA & COSTA, 2011). A Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental, a partir de reivindicações e protestos levou o projeto a ser vetado pelo chefe do executivo.

Em 2003, baseando-se nos problemas sociais de moradia, de saneamento ambiental (que agrega água, esgoto, drenagem e coleta e destinação de resíduos sólidos), de transporte público e de

mobilidade urbana, é criado o Ministério das Cidades e uma Secretaria Nacional do Saneamento (MARICATO, 2006), se tornando o endereço institucional do saneamento em Brasília-DF.

Em 2004, foi publicada a Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004, que instituiu as normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública (BRASIL, 2004).

Já em 2005, o arranjo público-público também teve suas normas debatidas e instituídas pela Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005 (BRASIL, 2005).

Em 2007, o Brasil teve o primeiro marco legal para o saneamento a partir da publicação da Lei nº 11.445, que conceitua o saneamento básico abrangendo a promoção da saúde pública, a proteção ambiental, a infraestrutura urbana e a cidadania (RESENDE & HELLER, 2008). Ela estabeleceu as diretrizes nacionais e os princípios fundamentais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

O Marco legal para o saneamento de 2007 não tratou apenas de água e esgoto, ele tinha como objetivo a universalização também da prestação de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

A Lei nº 11.445 estipulou que os serviços de saneamento seriam prestados de forma direta, pelos próprios municípios, de forma indireta, a partir de contratos com companhias autônomas estaduais ou com consórcios municipais; ou ainda por contratos de concessão à iniciativa privada, antecedido por licitação.

O marco legal determina a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), sob a coordenação do Ministério das Cidades, a fim de planejar as ações do setor. Em 2013, 40 anos após o PLANASA, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental divulgou o PLANSAB, que contém uma análise situacional do saneamento no Brasil, apresenta cenários para a política de saneamento básico no país, metas, necessidades de investimentos, estratégias e programas como, o Programa de Saneamento Básico Integrado, o Programa de Saneamento Rural, o Programa de Saneamento Estruturante (BRASIL, PLANSAB-Plano Nacional de Saneamento Básico, 2013).

O PLANSAB estipulou metas de longo prazo como: 100% de cobertura do serviço de abastecimento de água, 90% do esgoto coletados e 80% dos resíduos coletados até 2033. Porém, o setor não recebeu os investimentos esperados e nem mesmo as metas de curto prazo foram cumpridas.

O novo marco do saneamento - Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.

O ano de 2020 já é considerado marcante na história mundial por advento da pandemia causada pela doença COVID-19. Um dos grandes desafios no enfrentamento da epidemia no Brasil tem sido a desigualdade do acesso à água e ao saneamento. Neste contexto, foi sancionado o novo marco legal do saneamento do Brasil.

O novo marco regulatório não é exatamente uma nova regulação, mas o estabelecimento de importantes alterações na Política Nacional de Saneamento, a Lei 11.445/2007 (GONÇALVES e SILVA, 2020). As principais, e mais polêmicas, alterações dizem respeito a participação de empresas privadas na prestação de serviços no saneamento do Brasil, além de atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico -ANA- competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento no Brasil.

Com a atribuição à ANA de novas funções entende-se que agência terá que se estruturar institucionalmente para atender ao setor, contudo, o marco não aponta nenhum instrumento que deve ser utilizado para que ocorra uma reestruturação da agência para que inicie a atuação em uma nova frente.

No saneamento, há uma convergência de pensamentos quanto a necessidade de intervenção na prestação do serviço no Brasil, porém, existe uma divergência quanto às medidas que devem ser tomadas para que haja a reestruturação do setor. Um entendimento é que o setor privado pode ser um aliado do poder público, e outro que esta participação não contribui para a universalização do saneamento.

Iniciativa privada no saneamento

No ano da publicação da Lei das Concessões - Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995 - foi fundada a Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto - ABCON - e em 2001 foi fundado o Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto - SINDCON (ABCONSINDCON, 2020). Em um contexto de regulamentação das relações público-privadas por lei no Brasil, as empresas iniciaram um processo de organização, buscando cooperação técnica e representatividade no setor.

Os contratos de prestação de serviço de saneamento são considerados contratos de retorno longo. Após a regulamentação e a associação das empresas do setor os contratos passaram a ter

prazo maior do que cinco anos, tornando viável e atrativa a concorrência entre prestadoras privadas.

A ABCON-SINDCON publica anualmente um Panorama da Associação Privada no Saneamento. Após 25 anos do início da participação privada no saneamento no Brasil, o Panorama de 2020 apresenta as cidades paulistas de Limeira e Ribeirão Preto como exemplos de sucesso, buscando endossar o argumento de benefícios da inserção privada no setor.

Com pouco mais de 300 mil habitantes, Limeira, no interior de São Paulo, possui concessão privada de serviços de água e esgoto há 25 anos. É o município com mais tempo em operação nesse modelo (ABCON-SINDCON, 2020). Segundo o Panorama, a cidade possui os serviços universalizados de 2011, com histórico de R\$ 463 milhões investidos pela concessionária.

A parceria firmada para o esgotamento sanitário pelo município de Ribeirão Preto-SP com o município também completou 25 anos, e segundo a Abcon-Sindcon (2020) em virtude disso a cidade alcançou resultados expressivos na prestação dos serviços, e hoje utiliza tecnologia para transformar o biogás, produzido a partir do lodo gerado no processo de tratamento do esgoto, em fonte de energia.

Atualmente no Brasil existem 178 contratos em vigor da iniciativa privada com o poder público e são distribuídos da seguinte forma: Concessão plena: 59%, Concessão parcial: 30%, Parceria Público-Privada-PPPs: 8% e outros: 3% (ABCON-SINDCON, 2020).

Com a publicação do marco regulatório do saneamento, a participação da iniciativa privada passou a ser amplamente debatida no setor de saneamento. Entretanto, é sabido que a publicação de uma lei por si só não possui ferramentas para mudar o panorama de um setor no Brasil. Para cumprir o objetivo de promover uma prestação de serviço de qualidade, a lei precisa ser regulamentada e a Agência Nacional de Águas precisa elaborar normas de referência para o setor. O arranjo da regionalização, que busca a geração de ganhos de escala e a garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico financeira dos serviços, também precisa ser regulamentado (SCARTEZZINI, 2020).

O setor público no saneamento

Nos últimos anos, a pauta sobre a venda de companhias estaduais de saneamento deixou de ser assunto pontual e passou a ser abordada de forma recorrente. Segundo estudiosos este

comportamento pode ser considerado uma evidência da tendência de alienação do setor.

Os principais argumentos utilizados na defesa prestação de serviços de saneamento pelo serviço público são: a gestão integrada e descentralizada, prevista na Política Nacional de Saneamento, e a presumida redução das tarifas.

Contrariamente ao princípio de gestão descentralizada da Lei nº 11.445/2007, o novo marco regulatório do saneamento centraliza as atividades na Agência Nacional das Águas e amplia suas funções, determinando que a ANA seja responsável tanto pela regulação do abastecimento de águas quanto do serviço de saneamento (GONÇALVES & SILVA, 2020).

Em relação à redução de tarifas, alguns casos de remunicipalização no setor de saneamento no mundo têm sido discutidos e utilizados como *cases* de insucesso, como os casos de Paris, Buenos Aires, Atlanta, Gana e Berlin (GO ASSOCIADOS, 2018). Em Paris, por exemplo, houve redução de 8% nas tarifas após a remunicipalização.

Além dos argumentos já citados acima, o exemplo do fracasso da inserção do mercado privado na prestação de serviços de saneamento em Buenos Aires também é um dado importante

neste debate. Segundo um parecer elaborado pela empresa GO Associados (2018), houve falhas no modelo de concessão, pouca experiência e capacitação técnica da concessionária e descumprimentos contratuais, levaram ao insucesso da parceria. Por fim, o grande endividamento da prestadora com o governo impediu que a continuidade da operação.

Ainda sobre o modelo de concessão Argentino, outro fator apontado para o fracasso da parceria público-privada no país seria o isolamento da agência reguladora a partir de negociações realizadas diretamente entre o governo e a prestadora, a partir de certo momento, comprometendo a regulação externa e independente (GO ASSOCIADOS, 2018). A mesma preocupação tem sido demonstrada no Brasil, pois no novo marco regulatório condiciona o recebimento de recursos pelos prestadores à observância das normas de referência da ANA, podendo oferecer risco à autonomia das agências reguladoras.

Considerações Finais

O setor de saneamento possui interfaces com diversos serviços essenciais. A história dos avanços e retrocessos do setor pode ser contada pela perspectiva política/econômica do Brasil, tamanho o

entrelace entre a história do país e as políticas públicas relacionadas ao setor.

A publicação do novo marco regulatório marca distribuição de uma maior “fatia” do serviço de saneamento no Brasil para a iniciativa privada, e deve ser seguida de regulamentações e decretos que irão ditar os termos de trabalho no setor.

Este é um momento sem precedentes na história do saneamento no Brasil, pois nenhuma proposta de aumento da participação da iniciativa privada no setor chegou tão longe.

A partir de agora os dados deverão ser analisados e posteriormente discutidos a fim de que guiem os próximos passos rumo à tão objetivada universalização do acesso ao saneamento no Brasil.

Referências

ABCON SINDCON. (2020). Acesso em 26 de nov de 2020, disponível em: <https://www.abconsindcon.com.br/sindcon-2/>

ABCON SINDCON. (2020). Panorama da participação privada no saneamento. 2020, tempo de avançar.

Agência FIOCRUZ de Notícias. (25 de abril de 2005). Fiocruz. Acesso em 14 de novembro de 2020, disponível em Portal Fiocruz: <https://portal.fiocruz.br/noticia/revolta-da-vacina->

COSTA, A. M. **Análise histórica do saneamento no Brasil. Rio de Janeiro:** Tese apresentada a Escola Nacional de Saúde Pública para obtenção do grau de Mestre, 1994.

DIAS, A. P. (2003). **Análise da Interconexão dos Sistemas de Esgotos Sanitário e Pluvial da Cidade do Rio de Janeiro: Valorização das Coleções Hídricas sob Perspectiva Sistêmica.** UERJ, FEN. Rio de Janeiro: Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

FREIRE, A. L. (1 de jul de 2020). Enciclopédia jurídica da PUC. Acesso em 23 de nov de 2020, disponível em <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/325/edicao-1/saneamento-basico:-conceito-juridico-e-servicos-pub>

FREIRE, A. L. (1 de julho de 2020). Enciclopédia Jurídica da PUCSP. Acesso em 16 de 11 de 2020, disponível em <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/325/edicao-1/saneamento-basico:-conceito-juridico-e-servicos-pub>

FUNASA. (9 de nov de 2018). Acesso em 23 de nov de 2020, disponível em Funasa: <http://www.funasa.gov.br/a-funasa1>

GALVÃO JUNIOR, A. (2009). Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, 548-556.

GAMEZ, M. (1997). Acesso em 24 de nov de 2020, disponível em Folha de São Paulo: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi090614.htm>

GONÇALVES, L. S. & SILVA, C. R. (2020). Pandemia de Covid-19: sobre o direito de lavar as mãos e o "novo" marco regulatório de saneamento básico. **Revista Científica Foz**, 71-92.

MARICATO, E. (12 de fev de 2006). **O Ministério das Cidades e a política nacional de desenvolvimento urbano.** IPEA.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2008). Acesso em 23 de nov de 2020, disponível em https://conselho.saude.gov.br/web_sus20anos/sus.html

MURTHA, N. A., CASTRO, J. E. & HELLER, L. (2015). UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA DAS PRIMEIRAS POLÍTICAS PÚBLICAS. **Ambiente & Sociedade**, 193-210.

PESSOA, T. A. (09 de Ago de 2017). Acesso em 19 de novembro de 2020, disponível em PNRS em construção: <http://pnrs.desa.ufmg.br/sesp-75-anos-de-luta-pela-saude-publica/>

RENOVATO, R. D. & BAGNATO, M. H. (2010). O serviço especial de saúde pública e suas ações de educação sanitária nas escolas primárias. **Educar em Revista**, 277-290.

RESENDE, S. & HELLER, L. (2008). O SANEAMENTO NO BRASIL: POLÍTICAS E INTERFACE.

RESENDE, S. & HELLER, L. (2008). **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2. ed. rev e ampl. Belo Horizonte: UFMH.

SALLES, M. J. (2009). **Política Nacional de Saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca.

SANTOS, L. A. & FARIA, L. R. (2003). **A Reforma Sanitária no Brasil. Bragança Paulista**: Editora Universitária São Francisco.

SCARTEZZINI, A. C. (15 de jul de 2020). O Saneamento e a Prestação Regionalizada. portal saneamento básico.

SILVA, R. A. (2017). A Criação do Ministério da Educação e Saúde Pública no Brasil. **Trilhas Pedagógicas**, 7(7), 291-304.

SOUSA, A. C. & COSTA, N. D. (2011). Ação coletiva e veto em política pública: o caso do saneamento no Brasil (1998-2002). **Ciência & Saúde Coletiva**, 3541-3552.

VIANA, C. R. (2020). Impactos da Abertura de Capital de Empresas Estatais na Prestação de Serviços Públicos de Saneamento Básico: Um Estudo de Caso da SABESP. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas.

Sobre os autores

Queren Cabral de Abreu

Bióloga e Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade de Vassouras.

Irineu Vieira da Silva Júnior

Engenheiro químico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Gestor ambiental pela Gallile College de Israel. Pós-graduação em Gestão Ambiental na Fundação Getúlio Vargas - FGV. Pós-graduação em Gestão Tecnológica e de Negócio na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ em parceria com Instituto Nacional de Tecnologia - INT. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras e Professor da Universidade de Vassouras.

Anieli de Souza Marques

Engenheira Ambiental pela Universidade de Vassouras. Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ.

Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

Doutora em História Social, concentração em História Colonial, pela Universidade Federal Fluminense. Professora Adjunta I e Pesquisadora da Universidade de Vassouras. Atua nos cursos de Graduação, Pós-Graduação Lato Sensu e no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Capítulo 6 - Educação, um caminho para Novas Ações e Boas Práticas

Autores: Karla Barros Félix; Cristiane Borborema Chaché, Paloma Martins Mendonça

Resumo: O capítulo em questão aborda a importância das aprendizagens significativas e essenciais com destaque no ensino baseado em uma metodologia aplicada nos espaços não formais onde a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de competências voltadas a Educação Ambiental são estratégias essenciais para uma aprendizagem efetiva. A proposta é demonstrar que o desenvolvimento de um trabalho pedagógico deve valorizar a aprendizagem global e incentivar ações dinâmicas condizentes com a vivência e o contexto do aluno, que despertem a curiosidade intelectual, desenvolva competências, exercite o senso crítico e promova reflexões já que as salas de aula trazem em sua essência, um ensino tradicional em que os professores, em geral, transmitem oralmente os seus conhecimentos sem nenhuma interação ou participação ativa dos discentes e não ousam fazer experimentações que possibilitem, de fato, as aprendizagens que ocorrem no tempo de cada envolvido. Espera-se fomentar a possibilidade de instituir salas temáticas,

laboratórios vivos ou similares em escolas que permitem ao aluno uma aprendizagem sistemática e significativa. Permite que as escolas criem projetos pedagógicos que identifiquem os saberes trazidos pelos alunos e a partir deles conduzem aprendizagens de forma prazerosa, interdisciplinar, dinâmica, interativa, desafiadora, que provoquem o aluno a formular hipóteses e “aprender a pensar” buscando relações entre as Ciências da Natureza e a vida.

Palavras-chave: Ensino, educação ambiental; aprendizagem significativa; espaço não formal; interdisciplinaridade.

A distância tomada pelo homem em relação a natureza nos últimos anos tem como causa a cegueira provocada pelo consumo exagerado, conforme afirma Lutzenberger (1994 *apud* ELISA; STEIN, 2011, p.10). Para o autor, não há mais sensibilidade no homem para reverenciar a natureza, nem consciência para ver suas belezas. O consumo exagerado gerou um novo formato social em que as pessoas consomem o seu tempo em ações desnecessárias que os levam a buscar, a cada dia, mais e mais itens para um consumo desenfreado imperceptível, causador de inúmeras consequências, inclusive de impactos ambientais.

Por isso, Elisa e Stein (2011, p.10) enfatizam a necessidade de desenvolver uma consciência global das questões relacionadas ao meio ambiente por meio da Educação Ambiental. O foco é criar um posicionamento harmônico com os valores e a proteção do meio para uma melhor qualidade de vida. É preciso ter um olhar holístico para observar o quanto a natureza gera benefícios a todos os seres vivos, como ela proporciona elos entre os seres humanos e traz a nitidez de que não é possível dissociar os problemas sociais do meio ambiente.

O ecocentrismo demonstra essa interação do homem com a natureza e enfatiza a necessidade da intervenção da Educação Ambiental com amplitude social, educacional, e cultural pois traz, em sua dinâmica pedagógica, informações que serão a base das concepções pessoais atreladas às condições afetivas de cunho emocional de cada ser humano no que tange às mudanças comportamentais e também dos valores ambientais de cada um. Segundo Maloney e Ward (1973 *apud* PIRES *et al.*, 2014), a questão ambiental é um problema de ordem psicológica e a destruição característica da presença do homem no ambiente revela um comportamento patológico, que prejudica a sobrevivência de outras formas de vida e constitui uma ameaça, inclusive ao próprio homem.

Dunlap (2008 *apud* PIRES *et al.*, 2014) define ecocentrismo como o grau em que as pessoas se conscientizam sobre os problemas ambientais e são capazes de empenhar esforços para contribuir na solução ou ao menos demonstrar vontade de engajar-se pessoalmente na questão ambiental.

Convém ressaltar que, em uma visão mais moderna da relação entre homem-natureza, o ecossistema passa a ser o sistema primordial e que os seres humanos fazem parte de um sistema mais complexo, não se encontrando no topo da hierarquia ética, surgindo a necessidade de repensar todas essas relações, segundo a visão ecocêntrica (ALMEIDA, 2007).

É fato que a Educação Ambiental aponta um caminho para tratar de questões tão relevantes e importantes da relação homem versus natureza. Segundo Deaker *et al.* (2009), as instituições de ensino precisam ter programas educacionais que promovam de forma apropriada o conhecimento, o que envolve um currículo estruturado e específico que aborde a questão da sustentabilidade.

Segundo Cunha e Leita (2009 *apud* KAUST; ROMAGNOLO, 2019, p.56), devido a exploração descontrolada dos recursos naturais, é preciso desenvolver programas de educação e percepção ambiental. Da mesma forma, Reigota (1999 *apud* ELISA; STEIN,

2011, p.10) declara a importância da Educação Ambiental para promover a integração dos indivíduos na sociedade em si e não somente nos serviços provenientes dela. O mesmo entendimento é visto em Barcelos (2008 *apud* ELISA; STEIN, 2011, p.23) que afirma que a Educação Ambiental deve levar a compreensão de que somos integrantes de uma sociedade e não simplesmente estamos ao seu serviço.

Sendo assim, se faz necessário uma proposta de aprendizagem não só de conceitos, mas também de valores, da convivência em grupos, do enfrentamento de desafios e de outras características e isso tem feito com que as saídas a campo sejam cada vez mais valorizadas, segundo Marandino & Selles (2009, p.146-147 *apud* FREITAS, 2017, p.10). É no campo, próximo ao meio, que as percepções da natureza são criadas e o ensino ganha afetividade. A fronteira decisiva para o alcance de uma gestão mais harmoniosa com o ambiente está no estudo das percepções ambientais dos homens na atualidade, segundo Amorim Filho (1992, p.16 *apud* FREITAS, 2017, p.8). Por isso, dá-se a importância de entender o funcionamento da percepção ambiental e de desenvolver meios de estimulá-la a fim de reconectar o homem ao seu meio.

Pesquisas como a de Freitas (2017, p.72) demonstram que estudantes após contato com trilhas ecológicas tiveram a percepção sobre sua inserção no Meio Ambiente aumentada também em relação ao ambiente urbano, destacando as modificações antrópicas ocorridas. O estudo realizado por Elisa e Stein (2011) dissocia a educação ambiental da sala de aula e usa a natureza. Ambos citam o uso da natureza como fator significativo e necessário para os educandos nos dias atuais. Além disso, criticam a inconsistência entre a sala de aula tradicional, que é morna e lenta, e o mundo frenético em que os educandos vivem, sendo que o maior desafio para a Educação Ambiental é ser um estudo atrativo e significativo.

Freitas (2017, p.72) afirma que as trilhas realizadas com estudantes em suas pesquisas geraram descoberta e valorização de temas que muitas vezes são conceituados de forma abstrata, forçando o poder de associação dos alunos de forma ineficiente. Ou seja, o contato com o objeto de estudos, fora de um espaço formal de ensino fez com que conceitos se tornassem concretos e valiosos na compreensão dos estudantes. Para Bernardo (2018, p.47), o estímulo multissensorial em uma trilha ecológica leva o aluno a uma diversidade de experiências que se sobrepõem a explicação

verbal, sendo somente dessa forma que um indivíduo absorverá o conhecimento.

Evolução Histórica da Educação

É perceptível que no século XXI, há uma problemática em relação ao ensino das Ciências Ambientais visto que a Educação Brasileira vem evoluindo de maneira gradativa e lenta durante alguns anos quanto à inclusão da disciplina no currículo.

Na ocasião da colonização, no século XV, chegou em terras brasileiras um modelo de educação trazido pelos portugueses com características do catolicismo imposto pela Igreja.

De acordo com o exposto por David *et al.* (2014), os primeiros professores da Nova Terra, no aspecto da educação formal, foram os padres jesuítas. A influência da educação jesuítica não se deu somente durante o período em que a Companhia esteve estabelecida no Brasil (1549-1759), mas, isso sim, ultrapassou períodos e deixou, em todos eles, uma maior ou menor quantidade de tradições, conhecimentos e noções daquela forma de educação.

Vale destacar que a educação preconizada era elementar e difundida apenas nas classes sociais mais elevadas, pois somente

a elite poderia dar continuidade aos estudos em Portugal. Não demorou muito e os jesuítas foram expulsos, deixando o Brasil.

Sendo assim, foi instituída a primeira reforma na Educação liderada pelo Marquês de Pombal, que criou duas escolas, uma feminina e outra masculina, nos moldes de aulas régias, onde os alunos aprendiam aulas de Grego, Latim e Retórica, mas não existia conexão entre elas, o estudo era independente e sem continuidade, ficou estagnado por um bom tempo e não houve crescimento educacional (DAVID *et al.*, 2014, p. 5)

Em 1808, com a chegada da família Real ao Brasil, houve investimento somente na educação superior. A educação para o povo não foi desenvolvida, as crianças e os jovens mais uma vez não tinham a oportunidade e o acesso à instrução. A política da época fomentava uma educação voltada para cursos de nível superior nas áreas científicas (DAVID *et al.*, 2014, p. 6).

Somente em 1824, com a declaração de independência brasileira em 1822, foi outorgada a primeira Constituição no Brasil a qual preconizava uma educação voltada para todos os cidadãos. Porém, o contexto social não era propício porque as atividades agrárias predominavam e todas as famílias envolviam-se nos mecanismos voltados a agricultura (DAVID *et al.*, 2014, p.7).

No ano de 1889, com o início do período Republicano no Brasil, criou-se expectativas para que uma nova era educacional fosse institucionalizada. Aconteceram reformas de ensino no período da Primeira República (1889 a 1930), em que tentaram unificar um currículo para todo o país. Foi nesse período que grandes e importantes iniciativas tiveram destaque. A Escola Nova foi o primeiro movimento liderado por Anísio Teixeira que defendia a ideia da escola pública gratuita para todos os níveis de aprendizagem e um ensino baseado na experiência do aluno, de maneira concreta, com algum significado para ele. A ideia era criar um mecanismo que oportunizasse a educação de forma igualitária e formasse cidadãos reflexivos e conscientes do seu papel na sociedade (DAVID *et al.*, 2014, p.9).

No período da Segunda República (1930 a 1937), aconteceu uma grande crise na economia que atingiu também a educação e uma nova estrutura foi estudada para que houvesse um olhar baseado na industrialização que nascia nessa época, pois além das altas classes sociais, os operários das indústrias clamavam por uma oportunidade de crescimento educacional. Esse período foi conhecido como a Era Vargas, ocasião em que os estudiosos se atentaram para a importância de melhorar e tentar tornar horizontal a desigualdade social que ainda assolava a educação,

porém era nítido que o ensino continuava sendo um privilégio da elite, mesmo diante das tentativas de mudança trazidas pelo interesse da classe trabalhadora (DAVID *et al.*, 2014, p.11).

Getúlio Vargas instituiu a reforma do Ensino Secundário e do Ensino Superior com a intenção de desmitificar o que sempre foi preconizado no que se referia a intenção de utilizar o Ensino secundário como preparatório para o Superior, porém com toda a sua estrutura modificada ainda era perceptível que o conteúdo curricular continuava sendo trabalhado para uma elite que era beneficiada pela classe social favorável ao ingresso no Ensino Superior. Foi em 1932 que pessoas de grupos diferentes (de um lado os intelectuais liberais, comunistas e socialistas e do outro os conservadores e católicos) reuniu-se para defender um sistema educacional que fosse próprio para a educação brasileira e que tivesse como objetivo minimizar os problemas sociais, econômicos e políticos que assolavam o Brasil e criaram “ Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova” (DAVID *et al.*, 2014, p11).

Segundo Marinho (2020):

“De acordo com os pioneiros, o domínio da evolução social permitiria um avanço no poder de organização, ou seja, resolveria o estado em que a educação se encontrava e tornaria o educador mais consciente das capacidades administrativas que deveria desempenhar. Os métodos e técnicas científicas

serviriam de base para avaliar a situação e os resultados após sua aplicação. Surgia uma nova política educacional, pautada na formação do profissional da educação e nas influências industriais vigentes na época, como a esperança de mudança no sistema educacional e o emprego efetivo do pensamento científico nas ações da escola”.

Assim, a Educação caminhou até a promulgação da Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil em 1934, que trouxe para o documento, basicamente as discussões do Manifesto. Porém, três anos depois, com a implantação da ditadura, foi imposto por Vargas, nova constituição com características fascistas que minimiza as obrigações do Estado e desobriga a implementação de um sistema de ensino ora conquistado anteriormente (PALMA FILHO, 2010, p. 9).

Somente no ano de 1942, o Ministro da Educação, Gustavo Capanema começa a dar nova diretriz a educação com a criação de vários Decretos-lei que começam a dar esperança e novo formato ao ensino brasileiro. Dentre outros assuntos, os decretos versavam sobre Educação Industrial, a criação do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), retornavam com o Ensino Secundário e implantavam o Ensino comercial. Após a derrubada do presidente Getúlio Vargas outras leis foram criadas pelo novo ministro da pasta Raul Leitão da Cunha: Lei Orgânica do Ensino

Primário, Lei orgânica do Ensino Normal, Lei Orgânica sobre o Ensino Agrícola e o Senac (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial) (PALMA FILHO, 2010, p. 11)

No ano de 1946, foi instituída nova Constituição Federal que obrigava o estado a promover o Ensino Primário de forma gratuita. Tal fato impulsionou o governo a elaborar nova proposta de reforma geral da Educação através de três comissões divididas para discutir sobre Ensino Primário, Ensino Médio e Ensino Superior, dando formato a primeira Lei de Diretrizes Básicas que somente depois de treze anos foi sancionada através da Lei nº 4.024 de 20 de dezembro de 1961 (DAVID *et al.*, 2014, p.12-13).

Foi em 1964 que a ditadura militar impôs leis rígidas que reprimiam a possibilidade de desenvolvimento reflexivo, de raciocínio, da livre expressão e defesa de ideias.

Passados vinte e quatro anos, com a Constituição Brasileira de 1988, os governantes determinaram um prazo de dez anos para a Universalização do Ensino e a erradicação do analfabetismo. Neste período, grandes avanços aconteceram: a institucionalização do SAEB (Sistema Brasileiro do Ensino Básico); a implantação do FUNDEF (Fundo de Manutenção do desenvolvimento do Ensino Fundamental) através da Lei Federal

9424/96 - atualmente FUNDEB (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica); a criação da Lei Federal 9131/95 que origina o Conselho Nacional de Educação e criação da Nova LDB (Nova Lei de Diretrizes e Bases), Lei 9394/96 que ainda rege a Educação Brasileira até os dias atuais. (DAVID *et al.*, 2014, p.14).

Uma Proposta Significativa

Para Carvalho (2001 *apud* FREITAS, 2017, p.3), a Educação Ambiental não pode ser referida como forma única ou monolítica. A Educação Ambiental é interdisciplinar e deve permear todas as disciplinas do currículo escolar, segundo a Lei Federal nº 9.795/1999 (BRASIL, 1999 *apud* FREITAS, 2017, p.3). Em uma ótica similar, Reigota (2009, p.68 *apud* ELISA; STEIN, 2011, p.10) liga a Educação Ambiental a interdisciplinaridade, onde docentes de diferentes disciplinas realizam atividades em comum, transmitindo assim uma pluralidade de interpretações sobre o mesmo assunto.

Todavia, a interdisciplinaridade não pode acontecer sem estímulos. Elisa e Stein (2011, p.47) afirmam que a Educação Ambiental não deve acontecer de forma impositiva, mas sim por meio de motivações, significados e influências à sensibilização de

conservar a natureza. O teor efetivo durante o ensino pode tanto fortalecer, quanto asfixiar o conhecimento, segundo Morin (2001 *apud* SENICIATO; OSMAR, 2004, p.141). Sendo assim, as pesquisas apresentam associação entre o desenvolvimento intelectual com a afetividade.

Seniciato & Osmar (2004, p.133) afirmam que relacionar aspectos educacionais e afetivos levam a aprendizagem a um nível mais significativo. Lopes (2017, p.1) apresenta a curiosidade como o fator essencial para despertar o interesse ou sede pelo conhecimento. Além da curiosidade, o contato com o meio e a percepção ambiental trouxe sensações e sentimentos que fertilizaram o ensino. A pesquisa de Seniciato & Osmar (2004, p.136) em uma aula de campo em ambientes naturais apresentou resultados sensoriais nos alunos que acarretou um conforto exterior e também interior, com sensações de paz, calma, liberdade e empatia com a natureza.

Freinet (2004 *apud* BERNARDO, 2018, p.34) é enfático ao dizer que nenhuma técnica terá efeito sobre um educando sem apetite. Além disso, o autor alerta para o risco de gerar uma espécie de aversão fisiológica pelo conteúdo ensinado caso o educador faça uso de qualquer autoridade bruta para forçá-lo a aprender mesmo sem interesse devido.

Damásio (2001 *apud* SENICIATO; OSMAR, 2004, p.140) valoriza a importância do papel das emoções no desenvolvimento da racionalidade humana para tomadas de decisões sensatas e respeitando a vida. O autor incentiva a preocupação em proporcionar emoções positivas para os alunos durante as aulas. "O raciocínio não está sozinho: as sensações e as emoções florescem nas aulas de campo em um ambiente natural", afirmam Seniciato & Osmar (2004, p.135)

Freitas (2017, p.3) acredita na subjetividade da percepção, tendo cada observador experiências anteriores únicas que serão usadas durante a percepção. Alves (1995 *apud* FREITAS, 2017, p.6) complementa ao dizer que tudo acontece durante uma interação com o meio e no diálogo entre diferentes áreas. Sendo assim, as pesquisas apontam um vínculo entre a interdisciplinaridade da Educação Ambiental com o meio em que se ensina, que é capaz de fomentar sensações úteis para a fixação do conteúdo.

As Salas de Aula são “Frias”

Diante dessa formulação de um contexto interdisciplinar e com apelos afetivos, as pesquisas questionam a fragmentação e a frieza das salas de aula tradicionais, ditos espaços formais. Como definição da formalidade para exposição das críticas, pode-se citar

Jacobucci (2008 *apud* LOPES, 2017, p.3) que caracteriza o espaço formal como aquele com sistema organizado, com currículo e com garantias da lei, enquanto o espaço não formal é todo aquele que não seja a escola mas que seja utilizado para ação educativa. O mesmo autor também define os espaços não formais em institucionalizados e não institucionalizados. A diferença está no fato dos institucionalizados possuírem regulamentação, estrutura física e contarem com equipe técnica qualificada, enquanto o não institucionalizado não conta com tais características.

Lopes (2017, p.2) define a Ciência ensinada no ensino formal como estática, reducionista e utilitarista, enquanto vê que, quando ensinada em espaços não formais, é ampliada, fazendo com que o estudante se veja como parte integrante do meio e compreende a complexidade. Enquanto isso, Freinet (2004, p.110 *apud* BERNARDO, 2018, p. 30) caracteriza a escola tradicional, baseada em rígidos manuais oficiais, como "escola da saliva e da explicação", que não aguça o interesse do educando e nem mesmo permite a experimentação.

Freire (1987 *apud* ELISA; STEIN, 2011, p.10) critica a rigidez das posições onde o educando se mantém passivo, em silêncio, ouvindo as palavras do educador, tornando o educador o sujeito e o educando um mero objeto. A estrutura escolar pode ser

inapropriada para alguns dos objetivos educativos e carece de meios e ambientes educativos que se complementam, afirma Trilla (1993 *apud* BERNARDO, 2018, p.16).

Lopes (2017, p.3) também atenta para o fato da vida em si ser dinâmica e não estática. Sendo assim, exige que, a partir de observações próprias, o indivíduo construa seu próprio conhecimento. Porém, esse contexto não é refletido na escola. O trabalho do professor torna-se exaustivo quando tem que manter estudantes que aspiram a liberdade e a vida dentro de prédios escolares, diz Freinet (2004 *apud* BERNARDO, 2018, p.30). O autor faz analogia a pastores mantendo confinado seu rebanho enquanto ao redor há montanhas, florestas e campos a serem desbravados, chamando isso de disciplina e exigindo silêncio. Para ele também não há possibilidade de um tateamento experimental quando no ambiente se tem carteira enfileiradas e professor ao centro.

"Só se aprende a andar andando e a falar falando", diz Freinet (1975 *apud* BERNARDO, 2018, p.31). Sendo assim, não basta apenas receber a explicação, é necessário tatear e experimentar. Por isso, o autor vai ressaltar a influência do meio para que o procedimento de tatear aconteça de forma estimulante. Mas essa necessidade não consegue ser suprida. Bernardo (2018, p.12)

afirma que a organização curricular e as exigências dos programas para o ano letivo restringem o professor quanto a tempo, que passam a se ater às atividades expositivas do conteúdo dentro da sala e carecem de auxílio para qualquer atividade extra fora da sala. O autor até percebe que, mesmo com os desafios encontrados, os professores têm aplicado práticas de ensino menos tradicionais e que busquem maiores motivações e diversificação, chegando a atividades extraclasse em campo.

Diferente das aulas tradicionais encontradas, a Educação Ambiental acontece com objetivo de formar cidadãos capazes de identificar os problemas e serem ativos na solução e prevenção, afirmam Elisa & Stein (2011). Sendo assim, diante desse quadro crítico, Trilla (2008 *apud* BERNARDO, 2018, p.23) sugere a criação de outros meios e ambientes destinados à educação não formal para vencer os limites apresentados pelas escolas. Para a UNESCO (1990, p.4 *apud* BERNARDO, 2018, p.18), torna-se necessário buscar oportunidades pedagógicas fora da escola para suprir necessidades básicas da aprendizagem.

É sob essa necessidade que surge a educação não formal. Gohn (2001 *apud* BERNARDO, 2018) observa que a formação não formal surge sob a valorização da aprendizagem em grupo e da busca de aprendizagem de habilidades não obtidas na educação escolar.

Para o autor, foi necessário o surgimento de organizações não governamentais para atender várias demandas da educação que não estavam conseguindo suprir e que isso foi denominado de educação não formal.

Há advertências realizadas por Cortela (2007 *apud* BERNARDO, 2018, p.20) quanto a comparação de inferioridade ou superioridade entre ensino formal e não formal. O autor deixa claro que são funções diferentes, complementares e de igual importância. Trilla (2008, p.18 *apud* BERNARDO, 2018, p.22) segundo Dewey, afirma que há uma superestimação do que é aprendido na escola em relação ao que é aprendido na vida e a correção disso não está no extremo oposto, mas sim em uma avaliação sincera e equilibrada que impulse na melhoria dos procedimentos dentro das escolas. Por outro lado, a educação não formal não deve ser confundida com educação sem metodização e, por isso, inferior, alerta Gadotti (2005, p.2 *apud* BERNARDO, 2018). O autor afirma que a diferença está na flexibilização do tempo de aprendizagem e no respeito a individualidade durante o aprendizado.

Em uma afirmação semelhante quanto às diferenças de papéis e igualdade de importância, entre o ensino formal e não formal, Marandino & Selles (2009 *apud* FREITAS, 2017, p.9) observam que

o crescimento do uso de espaços não formais está em paralelo com o crescimento da tecnologia e o desenvolvimento científico. Os mesmos autores chamam a atenção para que esses espaços não sejam vistos como uma negação ao espaço formal, mas um complemento a eles.

Conclui-se, mediante a argumentação das pesquisas, que a Educação Ambiental não se adequa ao entendimento tradicional de ensino ou da formalização estipulada, sendo necessário complementos através de ensinamentos não formais que tragam afetividade ao ensino, interdisciplinaridade e contato com o meio. Sem esse acréscimo ao ensino formal, prova-se pela literatura ser ineficiente a tentativa de romper a distância entre o homem e a natureza.

O Uso do Campo para o Ensino

O homem não se vê como parte da natureza e está alienado do meio. Para Loureiro (2012 *apud* FREITAS, 2017, p.3), há uma intenção capitalista por trás dessa alienação do homem em relação à natureza. O autor afirma que o fortalecimento da identificação com o virtual em detrimento do natural, gera apoio e interesse da massa na extração dos recursos naturais ao máximo para que obtenham o que tanto se identificam. Porém, o alcance do que se

é produzido com tudo isso é privilégio de uma minoria, enquanto se aliena a massa, geram-se problemas para toda a humanidade.

O capital apresenta um modelo de qualidade de vida que faz com que muitos sejam atraídos para os centros urbanos, afirma Freitas (2017, p.3). O autor continua dizendo, que esses atraídos acabam vivendo em periferias e em áreas impróprias para moradia, criando problemas socioambientais. Além do entendimento de não ser parte do meio ambiente, Machado (1982 apud SENICIATO; OSMAR, 2004, p.137) alerta para o fato das crianças urbanas associarem florestas a seres imaginários geralmente maus que são ouvidos em histórias infantis e também a seres reais ferozes como leões e tigres.

Reflexos disso são vistos no ensino de Ciências, onde o modelo tradicional tem apresentando ineficácia quanto à precisão técnica absorvida pelos alunos. Os alunos não conseguem alcançar a precisão transmitida pelos professores de Ciências por não estarem conectados com o meio ambiente. A pesquisa de Seniciato & Osmar (2004, p.144) evidenciou a dificuldade dos alunos em formular um conceito cientificamente preciso em relação ao meio ambiente durante uma aula teórica. Os alunos utilizaram suas concepções comuns para tentar chegar ao conceito ensinado, mas sem uma precisão bem sucedida por não terem tido contato, como

por exemplo, na associação das raízes com um cordão umbilical. Os mesmos autores evidenciaram que após uma aula em campo houve um aumento na precisão da compreensão desses conceitos altamente abstratos.

Sendo assim, aulas em campo trouxeram uma reconexão dos alunos com a natureza e catalisaram o aprendizado. Até mesmo durante essas aulas em campo pode ser notado a distância entre homem e a natureza. Durante a pesquisa de Seniciato & Osmar (2004, p.133), houve alguns casos de desconforto apresentados por alunos quanto a falta de lugar para descansar, falta de banheiro, incômodo com galhos secos e espinhos. Os autores associam esses desconfortos com a mentalidade adquirida pelo homem com o passar dos anos, de não serem como os animais que estão por lá e de não estarem acostumados com aquele ambiente. Além disso, os autores resumem a sensação de desconforto em uma sensação de ser um intruso no ambiente natural.

Segundo Guimarães (2011 *apud* FREITAS, 2017, p.68), da mesma forma histórica em que a aproximação homem-natureza foi desconstruída, ela pode ser reconstruída. Segundo Romeiro (2010 *apud* FREITAS, 2017, p.8) para Siebenhuener, a Educação Ambiental é capaz de recuperar os sentimentos harmoniosos em

relação à natureza, que são geneticamente condicionados, mas que são "amortecidos" pelo processo de civilização.

Machado (1982 *apud* SENICIATO; OSMAR, 2004, p.134) diz que só se cuida, respeita e preserva aquilo que se conhece. Além disso, o autor afirma que a ignorância traz uma visão distorcida da realidade. Isso foi comprovado no estudo de Freitas (2017, p.59) que evidencia através de estatísticas, que foram geradas a partir de respostas em questionários antes e após a realização de uma trilha ecológica, que 10% a mais dos estudantes passaram a responder perguntas a respeito da importância da água com uma visão mais globalizante do recurso.

O resultado da pesquisa de Freitas (2017, p.67) com trilhas ecológicas chegou à conclusão que houve uma melhora na percepção ambiental dos estudantes de acordo com as respostas dadas nos questionários aplicados antes e depois da atividade na trilha. Da mesma forma, Kaust & Romagnolo (2019, p.64) concluem, em sua pesquisa usando trilhas interpretativas para ensino de Ciências, que a natureza é capaz de potencializar o aprendizado de diversos conceitos sobre o meio ambiente, principalmente utilizando atividades interdisciplinares, e assim aprendem também a conservá-lo.

Mas há alguns cuidados a serem tomados e identificados nas pesquisas para que esse resultado possa ser alcançado. Iniciando com a complexidade de uma aula em campo que faz os alunos se depararem com mais fenômenos do que em uma aula tradicional, afirmam Lopes & Allain (2002 *apud* SENICIATO; OSMAR, 2004, p.134). Por isso, os autores alertam para a possibilidade de haver confusões na construção dos conceitos e ser necessário um professor bem preparado que tenha habilidade para estabelecer de forma clara os objetivos.

Além disso, Seniciato & Osmar (2004, p.134) reafirmam a necessidade apontada pelas pesquisas de o professor conhecer bem o ambiente a ser visitado e do ambiente ser limitado para ser possível atender os objetivos da aula. Essa necessidade é parte do que foi observado pelos autores quanto a confiança depositada pelo aluno no professor, como o adulto capaz de instruí-lo, com domínio do assunto e protegê-lo no meio ambiente, para que a aula tivesse eficácia.

Essa necessidade de visitação e at e mesmo de capacita o no local   devido a existência de uma lacuna na forma o dos professores para ensinarem em ambientes não formais e também a falta de programas de forma o continuada, como aponta Prazeres (2009 *apud* BERNARDO, 2018, p.25). O autor também indica a

ocorrência de uma reprodução de aula expositiva destinada a ambientes formais quando os professores são postos em ambientes não formais. Entre outras palavras, falta mão de obra capaz de atuar no ensino não formal.

Espaços não formais não devem ser vistos somente para aulas práticas ou a riqueza do ambiente poderá ser desperdiçada, segundo afirma Bernardo (2018, p.57). O mesmo autor complementa esse alerta com o fato de o espaço para o ensino não formal não ser suficiente por si só para que haja melhorias no aprendizado. É necessário que haja planejamento para condução do ensino no local e um dimensionamento do conteúdo para que não haja riscos de dispersão dos estudantes, alerta o autor. Por isso, ele conclui a necessidade de uma ação posterior a uma atividade em meio a um ambiente externo para consolidação do conteúdo, confirmando a necessidade de complementação entre o ensino formal e não formal.

Por fim, em um ambiente natural, os serviços oferecidos terão restrições de infraestrutura que podem limitar a participação de alunos portadores de deficiência física, afirmam Seniciato & Osmar (2004, p.135). Ou seja, é preciso tomar as medidas necessárias para que não se limite a alguns a eficiência do ensino no campo de maneira não formal, até pelo motivo supracitado

desse modelo ter surgido justamente para romper com alguns limites.

Considerações Finais

As evidências do distanciamento do homem em relação a natureza e o impulso favorável de uma sociedade capitalista, que apoia o virtual para justificar a extração do ambiental, tem seus reflexos no Ensino. Na opinião dos autores supracitados, a educação tradicional é ineficiente no que tange a problemática de uma efetiva construção de conceitos e, conseqüentemente, não consegue reverter o contexto desse distanciamento. Por isso, a educação ambiental não formal e interdisciplinar, com contato com o meio ambiente e apelos afetivos torna-se ferramenta para uma mudança urgente.

O ensino de Ciências em contato com o meio ambiente, através da educação não formal é uma proposta que promove a educação ambiental tanto de educandos, como também dos educadores. Objetiva-se a mudança na base conceitual docente e a transformação da vida dos discentes, tomando as medidas indicadas pela fundamentação teórica e aplicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que é um documento norteador para os Sistemas de Ensino brasileiros estruturarem um

novo currículo escolar que atendam às necessidades específicas de cada realidade. Esse novo formato de ensino evidencia uma nova metodologia com ideias práticas e concretas que impõem o desenvolvimento de atividades que exercitam a curiosidade intelectual, a investigação, a reflexão, a análise crítica e a famosa “mão na massa” onde os professores compreendam a sua ação mediadora durante o processo ensino aprendizagem de acordo com a realidade e o contexto do aluno e este, realiza uma transposição do momento vivenciado para a conceitualização daquele conteúdo através de uma análise própria e no tempo necessário para elaborar intrinsecamente as definições daquilo que, de fato, aprendeu.

Nos espaços não formais para aulas de Ciências pode-se idealizar uma dinâmica de oficinas para que os docentes possam planejar as suas ações práticas da formação inicial, criar os seus roteiros de acompanhamento de cada aluno e organizar todo o passo a passo pedagógico de acordo com as habilidades apresentadas na BNCC no que diz respeito a área de conhecimento das Ciências da Natureza. Tal ação cria possibilidades de instituir salas temáticas, laboratórios vivos ou similares em escolas que permitem ao aluno uma aprendizagem sistemática e significativa. Permite que as escolas criem projetos pedagógicos que identifiquem os saberes

trazidos pelos alunos e a partir deles conduziam aprendizagens de forma prazerosa, interdisciplinar, dinâmica, interativa, desafiadora, que provoquem o aluno a formular hipóteses e “ aprender a pensar” buscando relações entre as Ciências da Natureza e a vida.

Referências

BERNARDO, F. A. P. “Polo de educação ambiental da mata atlântica: um espaço não formal para o ensino de ciências,” (Dissertação de Mestrado) 2018. Universidade Federal do Espírito Santo. 2018.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2017.

DAVID, E. A.; MELO, G.; SOARES, M.; MOIANA, M. Aspectos da evolução da educação brasileira. Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia, v. 5, n. 5, p. 184-200, 2014.

FREITAS, C. D. S. S. “Trilhas Ecológicas Educativas em Espaços Não Formais no Parque Natural Municipal do Curió”. Paracambi, RJ,,” 2017.

KAUST, M. J. A.; ROMAGNOLO, M. B. Trilhas interpretativas como instrumento para o ensino de Ciências Ambientais: Caso da Trilha do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo, Fênix, PR. Arquivos do MUDI, v23, n 2, p. 51-67, 2019.

LOPES, E. S. Os espaços não formais das trilhas ecológicas educativas como instrumento para prática de educação ambiental: uma proposta de sequência didática. (Monografia de Conclusão de Curso) Biologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Campus Nova Iguaçu. 2017

MARINHO, I. C. Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova. Disponível em: <https://www.infoescola.com/educacao/manifesto-dos-pioneiros-da-educacao-nova>. Acesso em: 27 de novembro de 2020.

PALMA FILHO, J. C. **A educação brasileira no período de 1930 a 1960: a Era Vargas**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Caderno de formação Formação de Professores Educação, Cultura e Desenvolvimento. São Paulo: UNIVESP, v. 1, p. 85-103, 2010.

PIRES, P.; RIBAS JUNIOR, R.C.; LEMOS, D. C. L.; FILGUEIRAS, A. **Ecocentrismo e comportamento: revisão da literatura em valores ambientais**. Psicologia em estudo, v. 19, n. 4, p. 611-620, 2014.

RACANA, R. B.; FERREIRA, M. E.; CARVALHO, G. S. **Concepções de (futuros) professores portugueses sobre educação ambiental: Identificação das dimensões ‘ecocêntrica’, ‘antropocêntrica’ e ‘sentimentocêntrica’**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 12, n. 2, p. 111-127, 2012.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. **Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências: um estudo com alunos do ensino fundamental**. Ciência Educação, vol. 10, no. 1, pp. 133-147, 2004.

STEIN, R. E. E. A educação ambiental na aprendizagem significativa junto a natureza. 2011 (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Aberta do Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.

Sobre os autores

Karla Barros Félix

Matemática pela Universidade Castelo Branco e Graduada em Processamento de Dados pela Universidade Veiga de Almeida. Professora da Rede Pública Municipal de Miguel Pereira. Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (UniV).

Cristiane Borborema Chaché

Doutora em Sociologia e Direito pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (UniV).

Paloma Martins Mendonça

Bióloga, Especialista em Entomologia Médica, Mestre em Biologia Parasitária, todos pela Fundação Oswaldo Cruz, Doutora em Ciências Veterinárias pela UFRRJ. Pós Doutora em Biodiversidade e Saúde pela Fundação Oswaldo Cruz, Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras (UniV).

Capítulo 7 - Breves Considerações sobre o Uso de Biomassa da Cana-de-açúcar como Fonte de Energia Elétrica

Autores: Maria Eduarda Gomes de Castilho; Frederico Novaes da Fraga; Gilberto dos Santos Carvalho; Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti; Sandro Pereira Ribeiro

Resumo: Diversos países estão investindo gradualmente em energias renováveis com a finalidade de tentar diminuir a utilização de fontes energéticas finitas geradas através do petróleo, que é classificada como uma energia não renovável, e também com o desígnio de atenuar os metanos agentes do efeito estufa. Desse modo, este trabalho procura contextualizar e apresentar, de forma breve, o uso da cana-de-açúcar como biomassa para a produção de energia elétrica, bem como tratar in passim de alguns aspectos que envolvem a energia, os sistemas elétricos e a matriz energética brasileira. A primeira seção trata de alguns conceitos relativos a eletricidade. Na segunda, são apresentadas algumas questões envolvendo energia e o meio ambiente, e alguns problemas que os relacionam. Na terceira, é discutida a possibilidade de se utilizar a cana-de-açúcar como biomassa para a geração de eletricidade.

Palavras-chave: Energia; Biomassa; Sustentabilidade; Cana-de-Açúcar.

Introdução

Diversos países estão investindo gradualmente em energias renováveis com a finalidade de tentar diminuir a utilização de fontes energéticas finitas geradas através do petróleo, que é classificada como uma energia não renovável, e também com o desígnio de atenuar os metanos agentes do efeito estufa.

A obtenção de energia pode ser feita através de diversos elementos devido a sua variedade biológica, sendo assim, em comparação aos outros países, na busca de desenvolvimentos alternativos em relação à energia, na plantação de combustíveis (álcool, biodiesel etc.) através da biomassa, o Brasil dispõe de uma enorme vantagem.

A biomassa é originada da derivação de restos sólidos de origem florestais, agrícolas, urbanas e industriais. Se beneficiando da evolução tecnológica, essa geração de energia renovável tem alta eficiência, retendo destreza para o ambiente energético, para a produção de energia elétrica e para o domínio do combustível (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Com a intenção de diminuir o impacto ambiental e aumentar o benefício eficaz da biomassa, a tecnologia potencializa a transfiguração eficaz como, por exemplo, a gaseificação e a pirólise. Trazendo consecutivamente a função de empregar a cogeração e fornecer energia elétrica a centros consumidores afastados da rede elétrica (ANEEL, 2002). Dentro dos sistemas de cogeração está o setor sucroalcooleiro que utiliza os resíduos para a geração de energia elétrica.

Desse modo, este capítulo procura contextualizar e apresentar, de forma breve, o uso da cana-de-açúcar como biomassa para a produção de energia elétrica, bem como tratar *in passim* de alguns aspectos que envolvem a energia, os sistemas elétricos e a matriz energética brasileira. A primeira seção trata de alguns conceitos relativos à eletricidade. Na segunda, são apresentadas algumas questões envolvendo energia e o meio ambiente, e alguns problemas que os relacionam. Na terceira, é discutida a possibilidade de se utilizar a cana-de-açúcar como biomassa para a geração de eletricidade.

Energia, Eletricidade e Fontes

No mundo contemporâneo, seja no aspecto cultural, social, econômico ou afins, a energia exerce protagonismo. Ademais, é

quase impossível imaginar a sociedade contemporânea subsistindo sem ela. Sistemas de hospitais, internet, comunicações, computadores, e mesmo a redação e publicação de trabalhos científicos dependem da manutenção da produção de eletricidade e dos sistemas elétricos.

A estrutura do sistema elétrico é diversa pelo mundo, variando com o devir da história e os imperativos da tecnologia. Desde o primeiro modelo, famoso pelas mãos de Thomas Edison, seus diferentes estágios – a saber: geração, transmissão e distribuição – sofreram diversas alterações, seja em dimensão, estrutura ou mesmo em composição.

O primeiro modelo proposto, baseado ainda em corrente contínua, instalado em Nova York pela *Edison Electric Company* (MONTICELLI; GARCIA, 2011), tinha um alcance local: as usinas geradoras ficavam espalhadas pela cidade, pois sua capacidade de atendimento restringia-se aos prédios que estavam no entorno. Isto se deve às limitações impostas pela corrente contínua. Todo material oferece oposição natural à passagem de corrente elétrica, graças a uma propriedade chamada de resistividade (ρ), que é a base do fenômeno da resistência elétrica (R), que acontece conforme descreve a segunda lei de Ohm (Eq. 1): a resistência elétrica de um determinado material será tanto maior quanto

maior for o seu comprimento (R e L diretamente proporcionais), sua resistividade (R e ρ diretamente proporcionais) e menor for sua área (R e A inversamente proporcionais) (BOYLESTAD, 2012).

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Analisando a fórmula, é possível identificar a razão da capacidade restrita de atendimento das usinas de corrente contínua: quanto maior o comprimento do material, maior a resistência – desse modo, quanto mais longos fossem os cabos, maior resistência ofereceriam, e seria necessário ampliar a área dos condutores a dimensões muito grandes para compensar a distância, tornando-os pesados e pouco eficientes, tanto mecânica quanto eletricamente.

Uma transmissão mais eficiente se dava em corrente alternada, capaz de transportar energia a longas distâncias sem o inconveniente da estrutura dos cabos, tornando-se ainda mais competitiva quando do desenvolvimento, por Nikola Tesla, de uma tecnologia capaz de converter a corrente alternada em movimento e força: o motor de indução. Antes, a tecnologia em corrente contínua era a única capaz de alimentar um motor, porém o trabalho do Sérvio criou um equipamento que tornava a corrente alternada eficiente e competitiva no contexto empresarial. A

corrente alternada ainda permite o controle do nível de tensão, graças aos transformadores, que não possuem capacidade física de fazê-lo em corrente contínua, sendo esse um dos aspectos mais interessantes dessa modalidade de transmissão (MOHAN, 2016). Com a compra da tecnologia de Tesla, George Westinghouse e sua empresa se tornaram os grandes bastiões dessa modalidade de corrente, e os grandes oponentes de Edison, o que decorreria numa disputa de infâmias e deselegâncias conhecida como Guerra das Correntes, da qual, é notório, o sistema em corrente alternada saiu vencedor (MONTICELLI; GARCIA, 2011).

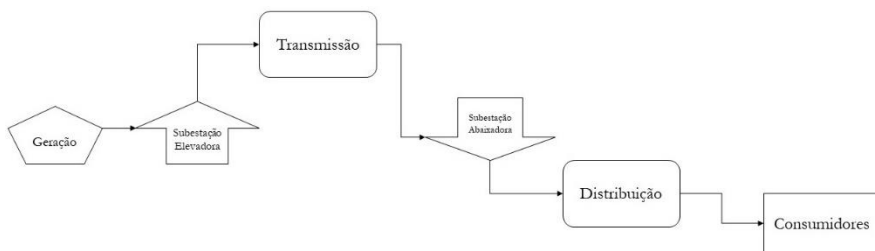
Como já referido, o Sistema Elétrico de Potência (SEP) é constituído de três estágios. A Geração são as usinas, caracterizadas por quaisquer recursos que utilizem: podem ser eólicas, hidrelétricas, solares, nucleares, termelétricas, entre outras (PINTO, 2018). A Transmissão é responsável por conectar os centros geradores aos centros de carga, ou seja, cidades, indústrias, enfim, as unidades consumidoras. Considerando as distâncias que têm de vencer, as linhas de transmissão são longas – isto posto, para que se garanta eficiência e baixa quantidade de perdas, a eletricidade gerada tem sua tensão elevada a níveis altos, entre 345 e 750 kV (MOHAN, 2016), de modo a reduzir a corrente de transmissão, obedecendo à equação 2 (ORSINI & CONSONNI,

2002; BOYLESTAD, 2012), em que a potência de transmissão (P) é diretamente proporcional à tensão (U) e à corrente (I):

$$P = VI \quad (\text{Eq. 2})$$

Como se pode ver, sendo a potência de transmissão, fornecida pelos transformadores das unidades geradoras, uma constante, uma elevação no nível de tensão vai reduzir o nível de corrente, de modo a manter a proporcionalidade. No entanto, como a carga não pode ser alimentada com uma tensão muito elevada, a Distribuição entra como item intermediário: trata-se de um conjunto de subestações e linhas responsáveis por abaixar os níveis de tensão e entregar a energia ao consumidor (MONTICELLI & GARCIA, 2011; PINTO, 2018). A Figura 1 apresenta um fluxograma simplificado com as etapas.

Figura 1 - Fluxograma Simplificado das Etapas do SEP.



Fonte: Elaborado pelos Autores baseado em Monticelli e Garcia (2011).

Feitas essas considerações, cabe refletir sobre a razão de ser dos sistemas elétricos. Tratando do tempo, Santo Agostinho (2015, p. 295-6) diz:

“Que é, pois, o tempo? Quem poderá explicá-lo clara e brevemente? Quem poderá apreendê-lo, mesmo só com o pensamento, para depois nos traduzir por palavras do seu conceito? E que assunto mais familiar é mais batido nas nossas conversas do que o tempo? Quando dele falamos, compreendemos o que dizemos. compreendemos também o que nos dizem quando dele nos falam. o que é, por conseguinte, o tempo? Se ninguém me perguntar, eu sei; se quiser explicá-lo a quem me fizer a pergunta, já não sei”.

Dizer o que seria energia é tão complexo quanto, visto que ela se entende muito mais “pelo que ela pode fazer” (HINRICHS *et al.*, 2014, p. 3) do que em sua essência. Por isso, ao se falar em “energia elétrica”, “energia eólica” ou variante, um interlocutor, mesmo leigo, terá uma vaga noção do que se fala, até pelo modo como a energia permeia o cotidiano da sociedade nos dias de hoje, imersa na tecnologia. Porém, caso seja solicitado ao mesmo interlocutor que a defina, é provável que ele recorrerá a citação de Santo Agostinho (2015) para se explicar.

De todo modo, é interessante notar, a partir desse exemplo, o quanto de incerteza e ignorância envolve a prática científica. Não se pode esquecer que a ciência contemporânea já conhece o

Princípio da Incerteza e os Teoremas da Incompletude (GLEISER, 2015; HOLT, 2018), que atestam a incapacidade de qualquer ciência de esgotar a realidade, de explicá-la por completo, embora muitos físicos ainda estejam em busca da “Teoria de Tudo” (GREENE, 2001; DEUTSCH, 2011; GLEISER, 2014). A metáfora utilizada por Firestein (2019) é precisa em representar esses conceitos: fazer ciência é procurar um gato preto numa sala escura sem saber sequer se ele está lá — ou se existe. Contudo, é mister apresentar uma noção ao menos provisória do que seria energia para que se possa continuar a dissertar sobre ela.

A resposta adequada para a pergunta “o que é energia?” é: não se sabe. Isto é algo que os próprios físicos, cheios de definições e postulados, admitem (FEYNMAN *et al.*, 2015). No entanto, ao mesmo tempo, a lei da conservação de energia, cujo enunciado afirma que há uma determinada quantidade nos processos físicos que, independentemente da sua dinâmica, permanece a mesma, seja talvez a única, até o momento, que não conhece exceção. Isto não significa, porém, que a energia permanece sempre no sistema: a energia é sempre “volátil”, está em constante transformação, sempre se convertendo em outras modalidades. Um exemplo é o fenômeno do atrito: a fricção de duas superfícies que gera aumento de temperatura, ocasionada pela perda de energia

cinética em forma de calor, devido ao atrito. Outro exemplo refere-se à corrente elétrica: perdas muito comuns são as por aquecimento em sistemas de cabos mal dimensionados – a corrente passando por um fio com área menor que a adequada gera perda de energia elétrica por calor.

Segundo Mohan (2016), ao longo dos próximos anos, a energia elétrica se tornará uma *commodity* cada vez mais valiosa, ressaltando que a forma e contexto em que for empregada será essencial num panorama social e político, não apenas econômico ou tecnológico. Uma problemática que envolverá tanto os processos que geram a energia elétrica, que é a modalidade mais consumida diretamente ⁶, quanto as outras modalidades e fontes energéticas.

As fontes energéticas são, grosso modo: hidráulica, nuclear, fóssil ou renovável (MOHAN, 2016). A primeira tem por base a conversão de energia potencial da coluna d'água em energia mecânica e depois em elétrica. Grosso modo, uma central

⁶ Não é exatamente ortodoxo dizê-lo sobre a energia elétrica, quando o seu papel seria melhor entendido como de uma intermediária. Nos diversos processos que dependem da eletricidade, ela alimenta máquinas que produzem energia mecânica, como motores, ou térmica, como chuveiros – não necessariamente os processos utilizam eletricidade *Strictu Sensu*. Isso vale quando se consideram as fontes: eletricidade não é produzida diretamente, salvo energia solar (RASHID, 2014), outras fontes energéticas são utilizadas para tal. Porém, como há tecnologia eficiente para seu transporte, é a modalidade escolhida para tal.

hidrelétrica possuirá uma fonte hídrica – seja um reservatório, grande ou pequeno, ou um rio de fluxo constante, no caso das usinas a fio d’água – cujo conteúdo será levado por um conduto forçado até uma turbina, que será movida pela energia do movimento da água e, com o movimento das bobinas internas, produzirá energia elétrica (MOHAN, 2016).

Os combustíveis fósseis são a maior fonte de energia elétrica do Mundo (MOHAN, 2016; BRASIL, 2019). Segundo Mohan (2016), apenas França (Nuclear) e Noruega (Hidráulica) são exceções. Porém, deve-se notar, como afirma Pinto (2018), que a matriz elétrica brasileira é predominantemente hidrelétrica, conforme ilustra a Tabela 1 ⁷

Os tipos básicos de combustíveis fósseis são: Carvão, Gás Natural e Petróleo. O carvão mineral é classificado segundo a quantidade de carbono em sua composição:

- Antracite, com mais de 90%;
- Bentuminoso, entre 75 e 90%; e
- Sub-bentuminoso, entre 65 e 75%.

⁷ Pinto (2018) aponta outros países com matriz predominantemente hidrelétrica, como Albânia, Tadjiquistão e Zâmbia.

Tabela 1 - Formas energéticas na Matriz Elétrica Brasileira.

Forma Energética	Percentual ocupante na Matriz
Hidráulica	65,2
Nuclear	2,6
Solar e Eólica	6,9
Carvão	4,1
Biomassa	8,2

Fonte: Adaptado de Brasil, 2019.

O carvão, assim como a água no exemplo hidráulico, funciona como promovedor do movimento de turbinas que geram eletricidade. Ele é utilizado como combustível para queima e produção de vapor d'água, responsável pela movimentação de turbinas. Após a saída da turbina, o vapor é condensado e um novo ciclo se inicia. A eficiência das usinas a carvão se dá na faixa de 30 a 45% (HINRICHS *et al.*, 2014; MOHAN, 2016). As de petróleo e gás natural apresentam uma eficiência e funcionamento parecidos, sendo mais baratas e fáceis de construir (MOHAN, 2016).

Nas usinas nucleares, o sistema de geração de vapor para tocar a turbina se repete: o material enriquecido, pelo processo de fissão, libera energia que aquece a água do sistema e a transforma em vapor, que movimenta a turbina e gera energia elétrica

(HINRICHS *et al.*, 2014). A fissão consiste no bombardeamento de um elemento físsil, como o urânio, por uma rajada de nêutrons. Esse elemento será cindido em dois outros, num processo que libera energia e mais nêutrons, para que a reação em cadeia do urânio se mantenha.

No âmbito nuclear, há também o processo de fusão. Nele, dois átomos de deutério (H_2) são fundidos a temperaturas muito elevadas para formar um átomo de trítio (H_3), liberando energia e um próton no processo. O estado atual da tecnologia, no entanto, inviabiliza a geração de energia pela fusão, pois o processo ainda é muito dispendioso e pouco eficiente. Por isso, as usinas nucleares ainda utilizam tecnologia de fusão (MOHAN, 2016).

Problemática Ambiental, Fontes Alternativas e Biomassa

Desde a década de 1960, a discussão em torno dos temas ambientais se tornou cada vez mais presente na mídia, principalmente após o caso do diclorodifeniltricloroetano e a consequente publicação de *Silent Spring* pela bióloga Rachel Carson em 1967 (LOMBORG, 2001; SCRUTON, 2016). Com a colocação do ambiente como assunto de destaque, o tema passou a permear discussões em todos os setores (ROHDE, 2005). Considerando a quantidade de carbono eliminada pelo uso de

combustíveis fósseis, e o afirmado impacto que este possui na dinâmica climática mundial, iniciou-se uma busca por fontes ditas renováveis (HINRICHS *et al.*, 2014).

De algum modo, como aponta Mohan (2016), todas as fontes energéticas são teoricamente renováveis. Porém, na prática, alguns atenuantes devem ser considerados. Por exemplo, a energia hidrelétrica não é renovável na prática pelos impactos causados pelas implantações das usinas, tanto da estrutura física quanto o reservatório. Os combustíveis fósseis não são considerados renováveis pelo tempo que a natureza requer para renovar as reservas, sem contar a quantidade de poluentes que sua utilização emite. A nuclear não é renovável por não haver o que fazer com a quantidade de resíduo radioativo que ela gera (MOHAN, 2016).

Segundo Rashid (2014, p. 720), recursos renováveis são os que “conseguem produzir energia limpa e sustentável a partir de fontes renováveis”, e dentre eles estão inclusas energias eólica, solar, de hidrogênio, de biomassa, das marés e geotérmica. A energia eólica é obtida através de turbinas cujas paletas são movidas pela força do vento – o movimento é transmitido por um eixo para o aerogerador, que converte a energia mecânica em energia elétrica. A energia solar é convertida diretamente para a

energia elétrica, por meio de painéis construídos por semicondutores que, sob a luz solar, adquirem uma tensão elétrica (MOHAN, 2016). A energia do hidrogênio é obtida através de células combustíveis, que, a partir de um processo de oxirredução utilizando água, geram uma corrente elétrica (ROSA, 2015). As energias de marés podem ser obtidas através de estações que convertam a energia mecânica das ondas ou a energia térmica das águas. Já a geotérmica utiliza o calor da Terra diretamente para a alimentação do ciclo de produção de vapor e movimentação das turbinas (RASHID, 2014).

Por fim, a biomassa: “uma fonte de energia tão antiga quanto a humanidade e tão nova quanto o jornal de hoje” (HINRICHS *et al.*, 2014, p. 667). A energia produzida através da biomassa é aquela produzida pela matéria viva, de “matéria orgânica como plantas, resíduos da agricultura e da silvicultura, além do componente orgânico dos resíduos municipais e industriais” (RASHID, 2014, p. 771). Mohan (2016) aponta que o tipo de tecnologia de geração envolvendo biomassa envolve um esforço significativo, ou seja, é uma seara em que se investe atualmente, pois envolve uma questão também de grande importância na contemporaneidade: a gestão de resíduos (BOTKIN; KELLER, 2018). A utilização de resíduos orgânicos, rurais ou urbanos, como matéria prima para a

geração de energia é uma opção interessante na logística da realocação e da reutilização desses resíduos, até por poder ser produzida a partir de várias formas:

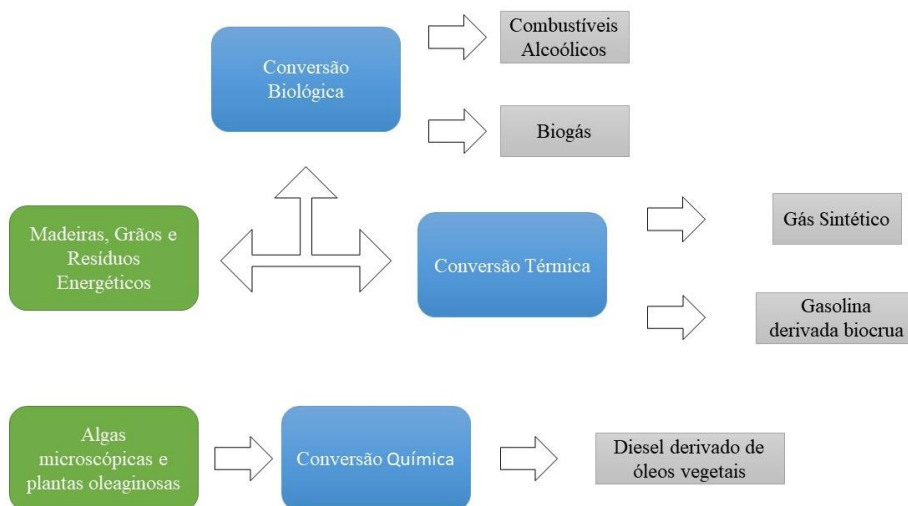
combustíveis sólidos, como as lascas de madeira; combustíveis líquidos produzidos a partir da ação química ou biologia sobre a biomassa sólida e/ou da conversão de açúcares vegetais em etanol ou metanol; e combustíveis gasosos produzidos por meio do processamento com alta temperatura e alta pressão (HINRICHS *et al.*, 2014, p. 668).

O processo de produção envolve a decomposição da matéria orgânica para liberar a energia solar armazenada – geralmente por processos fotossintéticos. Rashid (2014, p. 771) aponta algumas utilizações da biomassa:

[...] os biocombustíveis são combustíveis líquidos ou gasosos produzidos a partir de biomassa. O etanol, um tipo de álcool, é feito principalmente da fécula do grão de milho e do bagaço de cana de açúcar. O biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou gorduras recicladas de restaurantes.

A Figura 2 representa um esquema indicando os possíveis caminhos e produtos da biomassa.

Figura 2 - Fluxograma de Conversão de Biomassa.



Fonte: Adaptado de Hinrichs *et al.* (2017, p. 669).

Geração de Energia através da Biomassa da Cana-de-Açúcar

Antigamente, o foco das usinas do setor açucareiro e do setor alcooleiro era resumido apenas na extração do etanol e na produção do açúcar. Sendo assim, o resultado da geração não era proveitoso, a energia elétrica era apenas um derivado da usina e a geração era destinada ao consumo interno da empresa. Uma vez que tinham uma inferioridade na capacidade das termelétricas, não havia possibilidade de aproveitamento dos resíduos gerados

por estes produtos, conseqüentemente, eram levadas à combustão sem nenhum proveito.

Com novas tecnologias das caldeiras e das turbinas, resultando em eficiência alta, a biomassa passou a ser uma fonte de energia para as termelétricas, fazendo com que o comércio de energia nos dois tipos de mercado, seja sistêmico ou livre, seja possível. Por meio de investimentos na energia através do setor alcooleiro, talvez se tornem um dos principais produtos em maior escala na bioeletricidade. Portanto, a biomassa dos resíduos da cana-de-açúcar passa a ser uma fonte viável para a energia elétrica (SANTOS, 2012).

Com os acionamentos elétricos substituindo os mecânicos, a maioria das usinas usam turbinas a vapor para acionar os picadores e os desfibradores, que tem função de preparar a cana antes da moagem e para acionar os motores da moagem. Substituindo essas turbinas a vapor por máquinas elétricas eficazes, as turbinas ficam livres para alimentar os turbos geradores e aumentar o potencial da geração de energia elétrica.

Segundo Santos (2012), a vantagem principal é proveniente de resíduos de processos de fabricação, ou seja, não há gastos com a obtenção deste produto. Quando a hidrelétrica tem uma

diminuição na produção, como pela falta de chuva, a biomassa da cana-de-açúcar entra como uma alternativa onde, através da sua utilização, o tempo de fundação da termelétrica é reduzido, gera mais empregos, reduz o impacto ambiental e emite menos gases poluentes.

A energia produzida através da biomassa da cana vem crescendo com o aumento da produção do etanol e do açúcar sendo utilizado o bagaço ou a palha da cana, representando 18% da matriz energética nacional (BRASIL, 2020).

Como já mencionado neste trabalho, a biomassa é produzida através da energia química contida no resíduo como, por exemplo, a cana e, aplicando a combustão, gera o etanol. Através da combustão do bagaço e da palha da cana em caldeiras, o vapor é gerado e passa pelo tubogeradores para, então, gerar energia elétrica.

De acordo com Santos (2012), a quantidade do que será processado vai de caso em caso e depende dos atuais armamentos das usinas. As potências geradas decorrem através do tipo da turbina e da tecnologia. Para aumentar a eficiência são alterados os acionamentos mecânicos para acionamentos elétricos.

A cana-de-açúcar é uma planta que tem uma haste fibrosa espessa, acendida a 6 metros de altura. As diferenças de tipos de cana-de-açúcar são mestiços abstrusos de múltiplas classes dentro do espécime *Saccharum*. A classe mais distinguida é *Saccharum officinarum*. A planta de cana é formada por quatro partes fundamentais: raízes, talho, folhas e flores. O talho é formado no seu interno por uma textura esponjosa abundantemente argentária em soberano açucarado podendo ser tirado de distintos modos (CARDOSO, 2012).

A cana implantada em função dos produtos de açúcar e álcool em proporção aproximada de 50% para cada produto final, sendo que a Região Centro-Sul concentra a maior parte das áreas de cultivo. O Estado de São Paulo é o maior cogeador, acompanhando o Paraná e Minas Gerais (DANTAS FILHO, 2009).

A cana solicita uma permanência eficaz ao terreno. A palha de cana, que coopera para o avanço da abundância de material orgânico no terreno, ainda que posteriormente de adquirida, blinda a terra da corrosão. Mais um melhoramento da palha de cana no campo é a redução de energia luminosa sobre o solo, reduzindo-se assim o processo de fotossíntese e a germinação de algumas plantas daninhas presentes no banco de sementes do solo (CARDOSO, 2012).

Além disso, o período de safra da cana corresponde ao período de chuvas mais escassas nas regiões sul e sudeste, na qual as hidrelétricas apresentam níveis mais baixos e, portanto, uma menor oferta. Apesar disso têm alguns impactos que interferem negativamente no ambiente tais como:

- “Reduz a biodiversidade através do desmatamento e da implantação de monocultura;
- Contaminação das águas superficiais e subterrâneas e também do solo, através da excessiva adubação química, dos corretivos minerais e da aplicação de herbicidas e defensivos agrícolas;
- Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas pesadas utilizadas durante o plantio, tratos culturais e colheita;
- Assoreamento de corpos d’água devido à erosão do solo;
- Danos à flora e a fauna caso ocorra incêndios descontrolados;
- Grande quantidade de consumo de óleo diesel nas etapas de plantio, colheita e transporte”.

A indústria tem que analisar se são viáveis os custos de plantio, colheita, transporte, armazenamento, processamento industrial, proteção ambiental e adaptação dos equipamentos para a eficiência e a combustão.

A biomassa residual resultante do processo industrial das usinas sucroalcooleiras, em grande quantidade, integra-se favoravelmente ao processo de cogeração. Com ela, para a geração de energia elétrica, não há gastos, já que, o proveito é retirado dos restos de produção. Caso não o utilize para esse fim, o mesmo pode virar adubo para o cultivo ou ser utilizado na queima. A cana é cultivada, conduzida até a indústria, passa pelo método de cortadores e desfibradores e, após isto, são transportados até os moedores para a extração do caldo para fins da fabricação do etanol e do açúcar. Depois da extração sobra o bagaço, que é conduzido para a armazenagem ou irá para a caldeira e assim, gerar energia elétrica.

Considerações Finais

Neste capítulo foi possível fazer um estudo sobre a extração de energia renovável através dos resíduos gerados pela cana de açúcar em que foram descritas as vantagens e desvantagens da sua utilização como fonte energética. Durante os processos feitos para gerar subprodutos da cana-de-açúcar sobra uma grande quantidade de bagaço que, quando queimada, transforma-se numa energia limpa que não causa grandes impactos no meio ambiente. Como o país gera grande parte da energia através de

usinas hidrelétricas e térmicas, a energia elétrica gerada através da biomassa da cana-de-açúcar é uma boa alternativa para uma energia limpa e renovável, já que, mesmo que os gases emitidos pela sua queima sejam poluentes, há um replantio que supre essa queima. Além de ser uma fonte de energia sustentável, não existe custo, o que o diferencia das demais formas de obtenção de energia, já que, sua biomassa deriva da sua utilização, ou seja, independente do subproduto produzido, o seu bagaço está inserido em uma das etapas de produção.

Atualmente, devido a vários fatores, há uma sobrecarga nas usinas que, por consequência, gera um racionamento. Com isso, uma alternativa que solucionaria essa crise de produção de energia elétrica é a extração através da biomassa de cana de açúcar, pois a mesma apresenta várias vantagens em comparação aos outros tipos de energias como, por exemplo, supre a necessidade elétrica do país; maior produção nos períodos com baixo índice de chuva, o que coincidiria com a colheita sucroalcooleira; geração de energia totalmente nacional o que ajudaria diretamente na economia, além do seu custo ser quase zero. Contudo, ainda há desvantagens em relação a esse tipo de geração de energia elétrica, já que, o mesmo não possui investimentos e quanto ao lucro obtido para compensar os custos operacionais necessitados. No entanto,

ainda assim, em relação aos outros meios, continua sendo o meio de energia mais barata e limpa.

Conclui-se, portanto, que ainda que haja algumas desvantagens, a geração de energia através da biomassa da cana de açúcar é extremamente favorável não só para a economia do país como também para a produção de etanol e para a geração de mais empregos. Energias renováveis devem ser mais viabilizadas e estudadas para que futuramente se torne mais viáveis tornando buscas sustentáveis um foco, em que grandes empresas possam investir e torne a sustentabilidade algo primordial e essencial para novas fontes de geração de energia.

Referências

AGOSTINHO, Santo. **Confissões**. Petrópolis: Vozes, 2015.

ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Aneel, 2002. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BOTKIN, Daniel; KELLER, Edward. **Ciência Ambiental: Terra, um planeta vivo**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BOYLESTAD, Robert. **Introdução à Análise de Circuitos**. São Paulo: Pearson Patience Hall, 2012.

BRASIL. **Matriz Energética**. 2019?. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e->

elétrica. Acesso em 15 de novembro de 2020.

BRASIL. **Resenha Energética Brasileira: oferta e demanda de energia, instalações energéticas, energia no mundo**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020.

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; GÓMEZ, Edgardo Olivares (Org.). **BIOMASSA para energia**. Campinas: Universidade de Campinas, 2008.

DANTAS FILHO, P. L. **Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo**. Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Energia, 2009. 10

DEUTSCH, David. **The Beginning of Infinity**. New York: Penguin, 2011.

FIRESTEIN, Stuart. **Ignorância: como ela impulsiona a ciência**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

GLEISER, Marcelo. **Criação Imperfeita: Cosmo, Vida e o Código Oculto da Natureza**. Rio de Janeiro: Record, 2014.

GLEISER, Marcelo. **A Ilha do Conhecimento: os limites da ciência e a busca de sentido**. Rio de Janeiro: Record, 2015.

GREENE, Brian. **O Universo Elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

HINRICHS, Roger; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HOLT, Jim. **When Einstein Walked with Gödel: excursions to the**

edge of fought. New York: Farrar, Strauss and Giroux, 2018.

LOMBORG, Bjørn. **The Skeptical Enviromentalist: Measuring the real state of the world.** Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MOHAN, Ned. **Sistemas Elétricos de Potência: curso introdutório.** Rio de Janrio: LTC, 2016.

MONTICELLI, Alcir; GARCIA, Ariovaldo. **Introdução a Sistemas de Energia Elétrica.** Campinas: Editora da Unicamp, 2011.

FEYNMAN, Richerd; LEIGHTON, Robert; SANDS, Matthew. **Lições de Física de Feynman, vol. 1.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

ORSINI, Luiz de Queiroz; CONSONNI, Denise. **Curso de Circuitos Elétricos.** São Paulo: Blucher, 2012.

PINTO, Milton de Oliveira. **Energia Elétrica - Geração, Transmissão e Sistemas Interligados.** Rio de Janeiro: LTC, 2018.

RASHID, Muhammad. **Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

ROHDE, Geraldo Mario. **Epistemologia Ambiental: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e de seus arredores planetários.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

ROSA, Aldo Vieira da Rosa. **Processos de Energias Renováveis.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SANTOS, Fernando Alves dos. **Análise da aplicação da biomassa da cana como fonte de energia elétrica: Usina de açúcar, etanol e bioeletricidade.** 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SCRUTON, Roger. **Filosofia Verde.** São Paulo: É Realizações,

2016.

Sobre os autores

Maria Eduarda Gomes de Castilho

Graduada em Engenharia e Mestranda em Ciências Ambientais. Foi presidente do Centro acadêmico e da Atlética das Engenharias, sendo a criadora do primeiro. Suas pesquisas envolvem bioeletricidade, biomassa e geração sustentável de eletricidade. Idealizadora de projetos de extensão visando envolver a comunidade no ambiente universitário, dando cursos e formação profissional a pessoas carentes.

Frederico Novaes da Fraga

Nasceu em 1997 e, para os padrões modernos, não fez nada de muito relevante desde então. Graduado em Engenharia Elétrica e mestrando em Ciências Ambientais, no meio tempo entre uma explicação enfadonha e outra de porque faz todo sentido um engenheiro estudar o meio ambiente, realiza pesquisas em energia, biomassa, história ambiental e intelectual e iluminação. Tem um trabalho publicado sobre a influência da luz de lâmpadas eletrônicas na visão humana.

Gilberto dos Santos Carvalho

Economista formado pela Universidade Federal de São João Del Rei. Especialista em Gestão Empresarial. Mestrando em Ciências

Ambientais. Professor com mais de dez anos de experiência (tendo lecionado em instituições públicas e privadas). Possui experiência nas áreas de Economia, Administração de Empresas e Contabilidade.

Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

Doutora em História Social, concentração em História Colonial, pela Universidade Federal Fluminense. Professora Adjunta I e Pesquisadora da Universidade de Vassouras. Atua nos cursos de Graduação, Pós-Graduação Lato Sensu e no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Sandro Pereira Ribeiro

Possui graduação em Licenciatura Química e Química Industrial pela Universidade de Vassouras - RJ (2006); Mestrado em Química pelo Instituto Militar de Engenharia - IME - RJ (2010); Doutorado em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF - MG (2015); Professor do curso de Engenharia Química da Universidade de Vassouras- RJ; Professor do Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras- RJ.

Capítulo 8 - Construção de sonda multiparamétrica para controle da qualidade da água em tempo real utilizando uma plataforma arduino

Autores: Denis Uiliam Candido do Carmo; Carlos Vitor de Alencar Carvalho; Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Resumo: A água é um recurso primordial para manutenção da vida e o uso excessivo deste recurso natural corresponde-se a um dos principais impactos ambientais causados pelo ser humano. O controle da qualidade dos recursos hídricos é de extrema importância e para o monitoramento e controle destes parâmetros de qualidade existem diversos equipamentos para medição em campo, porém, com custos elevados. O conceito de Internet das Coisas (IoT), uma das habilidades da Indústria 4.0, pode ser uma solução para minimizar o custo destes equipamentos. Dentro deste conceito, a construção de uma sonda para medição e monitoramento em tempo real dos parâmetros como temperatura, pH, vazão e turbidez, são de grande importância. A sonda foi testada no Rio Paraíba do Sul, um manancial de grande importância para a indústria, população, fauna e flora da região Sul Fluminense e a qualidade de suas águas tem influência direta na qualidade de vida e saúde da população. O trecho do rio

Paraíba do Sul estudado está contido no Município de Barra do Pirai-RJ. Os parâmetros avaliados foram turbidez, pH e temperatura. Para construção da sonda utilizou-se uma placa Arduino UNO R3 e sensores, onde em cada sensor foi implementado um código, conforme a função específica a ser desempenhada com auxílio da Arduino IDE, utilizando uma linguagem de programação C. Nesse sentido, este trabalho apresenta a construção e validação de um dispositivo de baixo custo que permite a medição de pH, Temperatura e Turbidez com a mesma eficiência das sondas comercializadas.

Palavras-chave: Arduino; recursos hídricos; sonda.

Introdução

A água é o recurso primordial para manutenção da vida e nos últimos tempos esse recurso é poluído pela ação humana. A maior parte da água do planeta é utilizada na agricultura, ocasionando um dos maiores problemas que é o seu desperdício (“Água | FAO | *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*”, 2008).

No Brasil, a política de recursos hídricos está associada ao conceito de gestão integrada que tem como objetivo facilitar a coordenação

das iniciativas de preservação e uso do recurso (MITCHELL, 2007). Na bacia do rio Paraíba do Sul existe um Comitê da Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul que tem como objetivo promover a gestão descentralizada gestão dos recursos hídricos tendo como atribuições consultivas, deliberativas e normativas como um órgão colegiado.

O comitê é um órgão colegiado, representado por diversos segmentos, por esse motivo o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) tem um papel importante para levar as questões de saneamento e recursos hídricos para os municípios situados em sua bacia (JACOBI, 2009).

O tratamento de esgoto doméstico ainda é quase inexistente, causando a contaminação crescente de fontes hídricas. Apesar do grande investimento para construção de estações de tratamento de esgoto, muitas estruturas estão inoperantes por causa do alto custo de manutenção. O esgoto tratado está relacionado intimamente com a saúde e proteção do meio ambiente (RIBEIRO; ROOKE, 2010) e a ineficiência no tratamento pode causar danos irreparáveis.

O Rio Paraíba do Sul é um dos principais mananciais da região Sul Fluminense sendo a água utilizada na agricultura, pecuária,

produção industrial e consumo humano. A ocupação de suas margens gera um expressivo impacto, levando em consideração a grande carga orgânica oriunda do esgoto doméstico.

Além da grande importância para os municípios da região Sul Fluminense, o Rio Paraíba do Sul também é importante para capital, onde 160 m³/s são retirados diretamente do rio pela estação elevatória de Santa Cecília, localizada na cidade de Barra do Piraí (SOUZA, 2018).

É de extrema importância o controle dos parâmetros turbidez, pH, temperatura, DBO, DQO e outros eles podem dizer sobre a qualidade da água. Para analisar esses parâmetros, existem diversos equipamentos no mercado, porém com preço muito elevado, mas na atualidade há muitas pesquisas na área da Internet das Coisas (IoT) que pode diminuir esse custo.

O IoT pode ser uma solução para reduzir o custo dos equipamentos de monitoramento de água essa tecnologia permitirá a interação com os equipamentos do nosso dia a dia (SILVA & NAVARRO 2018).

Sondas com preços acessíveis deverão facilitar análises sobre a capacidade de autodepuração ao longo de seu percurso e, mesmo recebendo uma grande carga orgânica durante seu percurso.

Existem algumas formas de checar as condições de um rio: (I) através de ensaios experimentais em laboratório; (II) através de ensaios in loco com auxílio de sondas. Esse último método, apesar de facilitar e fornecer resultados em tempo real pode apresentar custos elevados dependendo do dispositivo ou equipamento utilizado para as medições in loco. Diante deste fato, o desenvolvimento de uma sonda de baixo custo poderá contribuir com o trabalho de monitoramento de corpos hídricos.

Possibilitando o diagnóstico ambiental da área estudada de forma precisa e rápida, verificar IQA, otimizar a fiscalização e melhorar as ferramentas para o controle de poluição.

O objetivo deste trabalho é apresentar a construção de uma sonda para medição e monitoramento em tempo real dos parâmetros: temperatura, pH, vazão e turbidez.

Revisão Bibliográfica

Segundo Semarh (2012), a água é muito importante para o desenvolvimento socioeconômico de um país, sendo de recurso que se mais considera no desenvolvimento e nas dinâmicas ambientais.

De acordo com Thomazini *et al.* (2010), o uso de sensores na automação e crescente porem e de grande importância o uso de sensores de proximidade, os quais podem ser aplicados em equipamentos da indústria. A plataforma Arduino é uma das plataformas mais populares no mundo, para a prototipação rápida de projetos que permite a utilização de inúmeros sensores de diversas funções.

Segundo McRoberts (2011), o Arduino é um pequeno computador projetado para ser de fácil programação capaz de processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes nele conectado a ele, essa função tornou possível realizar processos de automação, de forma simples, com baixo custo e, de forma rápida, essa plataforma criada na Itália início no ano de 2005.

Azevedo (2016) aponta que a intensificação no desenvolvimento de Protótipo com a plataforma Arduino UNO criando muitos projetos em todas as áreas do conhecimento. O uso de novas tecnologias para diminuir o custo de produção, pode ser feito com a união do conhecimento científico com tecnológico. Por sua versatilidade essa plataforma pode ser usada construir um sistema de irrigação automático como custo baixo e totalmente automatizado.

Segundo Antonioli (2019), a automação da aquaponia pode ter um custo elevado, por causa dos valores de alguns sensores, usados para o monitoramento dos parâmetros da água. No entanto ele pode melhorar a coleta e as análises da água.

Metodologia

Descrição do Ponto de Coleta

O ponto escolhido para teste com as seguintes coordenadas 22°27'48.6"S 43°49'34.5"W conforme pode ser observado na Figura 1. Este local foi escolhido por estar perto da estação de tratamento de água para consumo humano no bairro Nossa Sra. de Santana, Barra do Piraí - RJ, possibilitando a coleta de água e a execução das análises no laboratório da ETA do bairro Matadouro com equipamentos homologados e por fim foram comparados com os resultados obtidos com o protótipo da sonda multiparamétrica.

A análise com a sonda multiparamétrica foi no mesmo local, mas é obrigatório que sejam analisados no mínimo três pontos, pois o meio e as margens que têm o fluxo diferente do ponto central do rio com o resultado serão possíveis fazer uma média e o cálculo de vazão.

Figura 1 – Local onde foram feitos os testes com a sonda e de coleta das amostras para análise no laboratório na ETA do bairro do Matadouro em Barra do Piraí.



Fonte: Google Maps.

Métodos de análise

A metodologia de análise de laboratório foi feita com equipamentos homologados para os parâmetros citados a seguir com as devidas especificações.

Determinação de pH: Modelo Medidor de bancada Orion Star A211 pH / mV / RmV / ORP / temperatura com Saídas USB, RS-232, fonte de energia Adaptador CA universal (incluído) ou 4 pilhas AA (vendidas separadamente), tipo de Sonda eletrodo de pH, eletrodo ORP, eletrodo de meia célula de referência, sonda de

temperatura ATC, sonda de agitação (compra separadamente), faixa (mV) $\pm 2000,0$ mV intervalo (ORP) $\pm 2000,0$ mV, faixa (pH) -2 a 20, faixa (mV relativo) $\pm 2000,0$ mV, faixa de umidade relativa 5 a 85%, sem condensação, resolução (pH) 0,1, 0,01, 0,001, resolução (mV) 0,1mV, resolução (temperatura) 0,1 °C, 0,1 °F. Estabilidade configuração selecionável rápida, média, lenta ou Smart Stability, configuração selecionável de desativação ou média inteligente automática, temperatura (Inglês) operacional 41 a 113 °F (ambiente), temperatura (métrica) em operação 5 a 45 °C (ambiente), ponto, Peso (métrico) 0,9kg.

Determinação da Temperatura: Foi realizado em campo, com um termômetro do medidor DM-4P faixa de medição temperatura auto 0 a 60 °C.

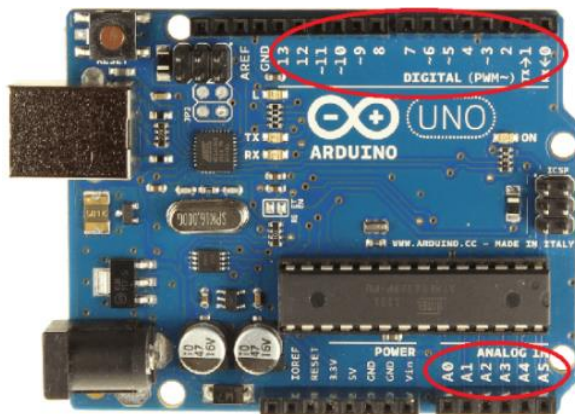
Determinação da Turbidez: Foi realizada em campo, com turbidímetro modelo AP 2000 Policontrol Turbidímetro digital microprocessador para análise de turbidez em campo ou bancada, medição Nefelométrico (ISO 7027), faixa de medição 0,00 a 1000 NTU/ 0 a 250 EBC, resolução 0,01; 0,1; 1 NTU, seleção automática por faixa de trabalho, resposta frente a partículas > 0,1 microns, precisão de 2%, tempo de resposta em modo manual é de 8 segundos em modo automático é de 3 segundo.

Construções da sonda para análise de água

Arduino UNO R3

Para a construção da sonda foi utilizada uma placa de Arduino UNO R3 Smd de 5V conforme observado na Figura 2.

Figura 2 - Arduino uno R3 portas digitais e analógicas.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA (2020).

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto que se fundamenta em hardware e software de fácil utilização, permitindo dar a placa instruções do que fazer através do envio de um conjunto de instruções ao microcontrolador do Arduino. Para realizar essa operação, deve ser utilizada linguagem de

programação Arduino (baseado na fiação) e o Software Arduino (IDE), se baseando no processamento (Arduino, 2019).

Sensor de Temperatura

Para o monitoramento da temperatura da água, foi utilizado o sensor DS18B20 à prova d'água conforme apresentado na Figura 3, é um sensor digital, de baixo custo. Nesse modelo, o sensor pode ser submerso grandes profundidade, também suportando uma pressão de aproximadamente de 2,35 bares 34,08387 PSI, as leituras tem precisão de até $\pm 0,5$ °C na faixa entre -10 °C e +85 °C, e envia as informações usando a interface 1-Wire ou seja requer apenas um pino digital para comunicação com Arduino, sua saída da informação aceita configuração na resolução de 9 a 12 bits (“Datasheet -DS18B20”).

O sensor DS18B20 foi preso no corpo da sonda de forma que fique submerso, para uma leitura correta da temperatura da água. O sensor irá fazer a leitura e enviar para microcontrolador e os dados será mostrado no Display Tela LCD em graus célsius.

Figura 3 – Sensor de Temperatura DS18B20.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA (2020).

O sensor DS18B20 foi preso no corpo da sonda de forma que fique submerso, para uma leitura correta da temperatura da água. O sensor irá fazer a leitura e enviar para microcontrolador e os dados será mostrado no Display Tela LCD em graus célsius.

A temperatura é lida e o sensor é conectado ao pino digital 3, e aos pinos GND e 5V, as leituras são feitas pelo sensor por meio dos comandos dados pelo código.

Sensor de pH

No monitoramento do pH foi selecionado um sensor módulo pH Eletrodo que consiste em duas partes; o Módulo Sensor mais pH Eletrodo Sonda Bnc e o pH-4502c, que podemos observar na Figura 4. Tem tensão de entrada de 5V e tem intervalo de concentração de detecção pH 0-14 (“ph-sensor-ph-4502c.”). A

escolha do sensor foi devido ao seu custo médio ser de R\$ 125,00 reais e tem uma precisão nos resultados.

Figura 4 – Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura.



Fonte: UsinaInfo (2020).

O pH, é um dos parâmetros essenciais na avaliação da qualidade de mananciais, a sua estabilidade é indispensável para um bom funcionamento do ecossistema aquático.

Existem dois potenciômetros no circuito o que se encontra perto do conector BNC da sonda este é responsável por calibrar o pH, o outro é o de limite do pH. A fonte de medição adota sinal AC,

reduzindo de forma efetiva a polarização, tornando a sonda mais precisa e aumentando significativamente a sua vida útil.

O sensor de pH foi preso à sonda na extremidade superior com o sensor para o interior do aparelho, dessa forma, ficando mais protegido contra possíveis impactos, além disso não comprometeu a funcionalidade e foi possível colocar a tampa com líquido de calibração.

Foi elaborado um código que consiste em efetuar a leitura dos dados da entrada analógica A2, usando então a equação que foi calculada com os valores de referência de pH.

Para realizar a calibração, foi feita com solução padrão de pH neutro de 7.0 e outra com um pH mais ácido de 4.

Sensor de Fluxo de Água

Para estimar a vazão foi utilizado o medidor de fluxo da água modelo YF-S201 conforme apresentado na Figura 5. Este, tem a capacidade de medir uma vazão de 1-30 L/min. Além disso seu interior tem uma hélice e um íman acoplado que trabalha juntamente com sensor de efeito Hall. O sensor detecta os giros dados pela hélice e o íman, enviando um sinal por modulação e

por largura de pulso. Por meio dos pulsos é possível estimar a vazão de água exercida (Datasheet_YF-S201).

Figura 5 – Sensor de Fluxo de Água YF-S201.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA. (2020).

A vazão pode influenciar na capacidade de autodepuração de um rio quanto maior a vazão, maior a capacidade de melhorar sua qualidade.

O sensor foi conectado a sonda em um funil de modo força a passagem da água pelo equipamento, conectado ao pino digital 3 do Arduino, pois esse pino trabalha com interrupções, tendo em vista que a cada volta da hélice é contabilizado como interrupção.

Para obtenção do fluxo da água foi realizada a instrução do instrução sei (), submetido ao pino 3, esperando um segundo para contabilizar o número de pulsos, após a conclusão do tempo, tem a finalização da interrupção pela instrução cli().

O fluxo é lido pelo sensor respeitando o comando dado pelo Arduino através do código e feita a leitura do fluxo e feita em L/min.

Sensor de Turbidez

O sensor de ST100 é uma ferramenta que vai ajudar na leitura da turbidez que é um dos índices de qualidade da água.

Este sensor emite em sua extremidade uma luz infravermelha, que não pode ser vista pela visão humana, e detecta partículas em suspensão na água, medição da transmitância de luz e a taxa de dispersão, essa pode mudar conforme a quantidade do Instrumento de medição portátil. Esse sensor é preparado para entrar em contato com a água e possui módulo eletrônico para enviar os dados recebidos ao Arduino como pode ser visto na Figura 6.

A turbidez é um parâmetro importante na qualidade da água de rios onde a captação para consumo humano quanto maior a turbidez mais difícil e custoso e o tratamento dessa água.

Figura 6 – Sensor de Turbidez.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA (2020).

A turbidez está relacionada à redução da transparência da água, provocado pelo particulado em suspensão, que espelha a luz. Também pode ser relacionada concentração de Cloro residual, e quantidade de colônias de coliformes termotolerantes (TOMAZONI; MANTOVANI; BITTENCOURT, 2005).

O sensor de 5V corrente máxima de 30mA, com leitura na escala (NTU) de 0 ~ 1000±30, tempo de resposta: <500ms, saída analógica

(0-4.5V) ou digital (alto 5V / baixo 0V), operação na temperatura que varia de -30 °C a 80 °C (“UsinaInfo - ST100”)

A turbidez é lida pelo sensor em NTU, que foi conectado ao pino analógico A0, e aos pinos GND e 5V. As leituras são feitas por meio de função matemática inserida no código.

Display LCD 16×2 I2C

Esta é uma tela LCD de 16x2 com interface I2C, Figura 07. A tela é capaz de exibir caracteres 16x2 em 2 linhas, caracteres brancos sobre fundo azul. Além disso a LCD Arduino usa uma interface de comunicação que necessita apenas de 4 pinos

Figura 7 - Display LCD 16×2 I2C.



Fonte: FilipeFlop (2020).

para a tela dos pinos analógicos no projeto o A4 e A5, GND, 5V. Todos os conectores são padrão XH2.54 (tipo Breadboard). Você

pode conectar-se diretamente com o fio de ligação em ponte (“Datasheet_display LCD 16×2 I2C”).

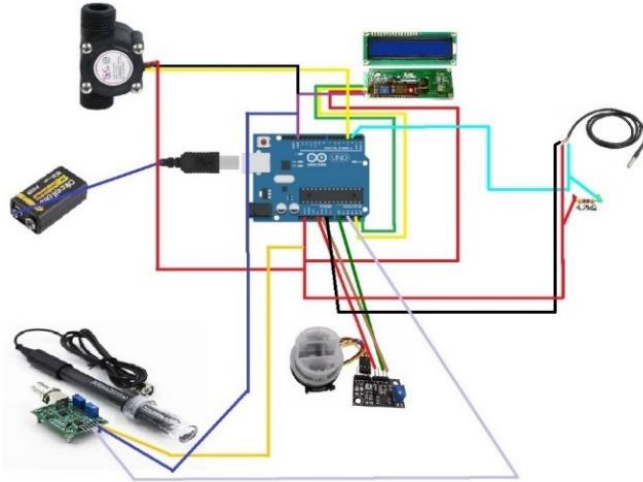
A sua programação é feita por código.

Linguagem de programação e mapeamento das portas

A linguagem de programação utilizada foi a C, esse tipo de linguagem, denomina as funções de um conjunto de comandos que realiza uma tarefa específica em um módulo dependente de código. O uso de funções busca modularizar um programa, ou seja, permitir faça alterações de um único componente ou módulo sem ter um sistema novo (DONALD E. KNUTH 1996).

Para cada sensor foi criada uma série de códigos conforme sua função específica. Com auxílio da Arduino IDE foi feito um mapeamento das portas como podemos visualizar na Figura 08.

Figura 8 - Mapeamento das Portas.



Fonte: Autores (2020).

Materiais e custo de construção da sonda de análise de água.

A tabela 1 mostra os materiais e custo de construção da sonda de análise de água.

Tabela 1 – Lista de material e preço.

ITEM	PREÇO
02 - Baterias Recarregáveis 9v Usb 600mah	R\$ 119,80
Cabo Extensor Alumínio 4,60 Mt	R\$ 91,90
Módulo Sensor + Ph Eletrodo Sonda Bnc	R\$ 128,50
Sensor De Turbidez Arduino	R\$ 200,00
Sensor Hall Fluxo Vazão Água	R\$ 29,50
Arduino Uno R3 Com Cabo Usb	R\$ 26,90
Jumper Macho Macho	R\$ 9,00
Display Lcd 16x2 1602 Fundo Azul C/ Modulo I2c	R\$ 23,50
Sensor de Temperatura D518B20 a Prova D'água	R\$ 17,90
Funil	R\$ 2,00
02 - Potes Plásticos	R\$ 4,00
5 Metros de Cabo Rede	R\$ 15,00
TOTAL	R\$ 668,00

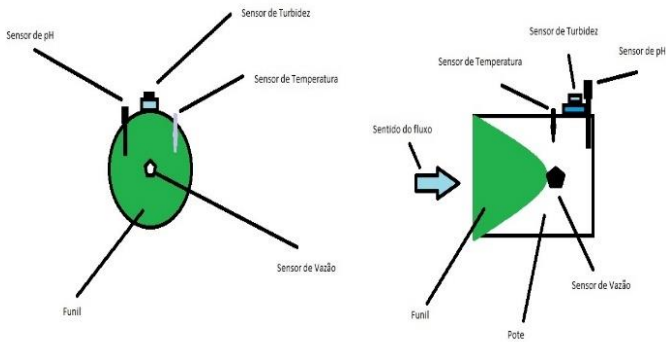
Fonte: Autores (2020).

Resultados

Montagens da sonda e testes de campo.

Na produção da sonda alguns aspectos foram analisados do com relação ao funcionamento do sistema desenvolvido. Foram realizados testes de cada sensor no laboratório da Universidade de Vassouras para fazer calibração e testar a funcionalidade de cada um dos sensores. Após os procedimentos de checagem dos sensores foi feita a montagem da sonda conforme podemos observar na Figura 09.

Figura 09 – Construção da sonda de análise de água.



Fonte: Autores (2020).

Com o a sonda multiparamétrica montada, iniciou os testes de campo no rio Paraíba do Sul no ponto preestabelecido como podemos ver na Figura 10.

Antes do o primeiro teste de campo teve a necessidade de isolar com cola de silicone o sensor de turbidez, pois o mesmo não é aprova de água. Observou-se algumas falhas por falta de contato das conexões, que ocasionaram a falta de comunicação entre os sensores e o Arduino. Após todas as falhas sanadas o funcionamento da sonda foi satisfatório.

Figura 10 – Teste de campo com a sonda multiparamétrica.



Fonte: Autores (2020).

A sonda multiparamétrica produzida através da plataforma Arduino, têm grandes vantagens comerciais, uma delas é custo baixo, que pode ser até seis vezes menor.

O custo da sonda com a plataforma Arduino é de R\$ 668,00, além do valor relativamente baixo, a outra vantagem é sua operação simples e sua maior velocidade de leitura.

O equipamento é constituído em três partes: a caixa de controle, onde são expressos e processados os dados lidos pelos sensores, o cilindro de sondagem, onde se localiza os sensores e a haste de alumínio, todas podem ser observadas na Figura 11.

Foram feitos três testes em dias diferentes com 14 amostras utilizando a sonda multiparamétrica e nos equipamentos de mercado. Os controles dos resultados estão descritos no Quadro 01 no município de Barra do Pirai no Rio Paraíba do Sul e na Figura 12.

Figura 11 – Sonda multiparamétrica para análise de água.



Fonte: Autores (2020).

Segundo a CONAMA 357 de 2005, dispõe para padrões para corpo hídrico em que ocorre pesca ou cultivo de organismo para fins de consumo tem que ter os parâmetros de PH entre 6,0 e 9,0 e turbidez de até 100 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Conforme os parâmetros encontrados o parâmetros anteriormente citados estão na faixa estabelecidas pela legislação para uso humano.

Quadro 1: Resultado das análises em campo e no laboratório.

Data	Grupo de controle				Grupo Experimental			
	PH	Temperatura em °C	Turbidez em NTU	Vazão L/min	PH	Temperatura em °C	Turbidez em NTU	Vazão L/min
04/06/2020	6.39	20.9	7.30		7,72	21.4	6.26	4.0
10/06/2020	7.0	21.0	6.42		7.42	21.8	6.26	4.0
10/06/2020	7.1	21.3	6.50		7.38	21.6	6.49	6.0
10/06/2020	7.15	21.3	6.17		7.37	21.6	6.55	6.0
18/06/2020	7.74	20.8	6.90		7.00	20.5	6.80	4.0
18/06/2020	7.83	20.7	6.89		6.87	20.5	6.90	4.0
18/06/2020	7.75	20.7	7.21		6.90	20.5	6.50	4.0
18/06/2020	7.73	20.7	7.16		6.90	20.6	7.40	6.0
18/06/2020	7.70	20.6	6.79		6.90	20.6	6.40	4.0
18/06/2020	7.76	20.7	6.54		6.20	20.5	6.80	4.0
18/06/2020	7.72	20.7	6.69		6.90	20.5	6.80	4.0
18/06/2020	7.75	20.8	6.67		6.90	20.6	6.73	4.0
18/06/2020	7.75	20.7	6.99		6.90	20.6	6.87	4.0
18/06/2020	7.77	20.7	7.15		6.90	20.5	6.89	4.0

Fonte: Autores (2020).

Figura 12 – Teste com a sonda no Rio Paraíba do Sul.



Fonte: Autores (2020).

O medidor de vazão acoplado no protótipo está com funcionamento adequadamente, porém a sua capacidade de medição é limitada a 30 litros por minuto e requer ajustes os quais serão feitas futuramente em uma nova versão da sonda.

Análise estatística

Com o resultado dessas avaliações foi realizada uma análise estatística dos dados utilizando o software MINITAB, versão 16, voltado para fins estatísticos para comprovar estatisticamente tem diferença entre as análises feitas com a sonda multiparamétrica e as feitas com equipamentos comerciais.

Análise Estatística do parâmetro pH

Inicialmente verificou-se a normalidade para isso se utilizou o Teste de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 - Os dados seguem uma distribuição normal e

H1 - Os dados não seguem a distribuição normal.

O valor de $P < 0,010$, ou seja, é menor que índice de significância (0,05). Isso indica a aceitação de H1. Além disso, as amostras não

apresentam distribuição normal sendo assim faz-se necessário usar o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

H0 - Não há diferença entre as médias do pH dos grupos

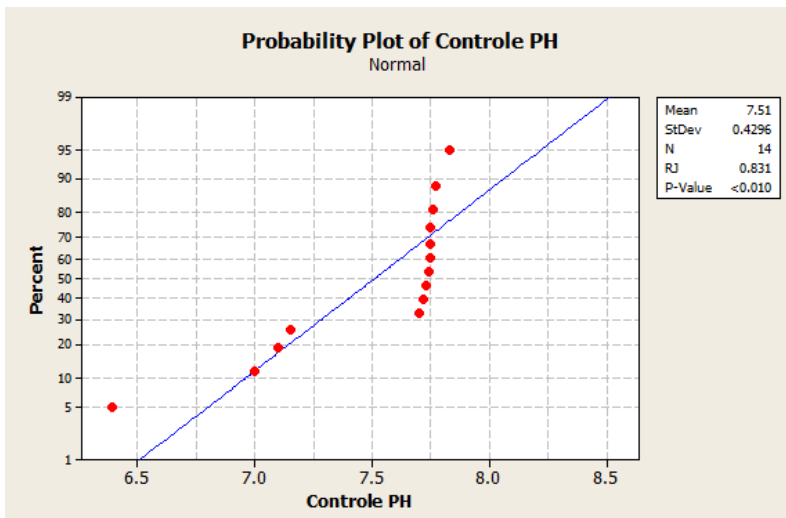
H1 - Há diferença entre as médias do pH dos grupos.

Quadro 2: Resultado do teste de Mann-Whitney pH.

Teste de ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 é significativo em $p = 0,0012$
O teste é significativo em 0,0011 (ajustado para empates)

Fonte: Autores (2020).

Gráfico 1: Verificação da normalidade para o grupo de controle do pH.



Fonte: Autores (2020).

No quadro 2 podemos observar que o valor $p = 0.0012$ menor que índice de significância estabelecido que é de 0.05, será rejeitado H_0 , ou seja, há a diferença significativa entre os resultados dos grupos experimental e controle referente ao pH.

A aferição pH pode ser afetada por vários fatores como temperatura, coleta e preparo da amostra, condições do equipamento, e outros que podem influenciar nos resultados. Os fatores sensibilidade, potenciais de assimetria, efeitos de agitação, efeitos de temperatura, ruídos eletromagnéticos, contaminação da amostra por solução-tampão ou soluções alcalinas, as trocas realizadas com o ar do próprio ambiente são fatores que podem influenciam na medição e podem afetar o resultado do pH (MEINRATH E SPITZER, 2000).

Na literatura, existem muitas indicações de fatores que interfere citado anteriormente, à necessidade de calibrar o sistema usando as condições mais próximas possíveis daquelas usadas na avaliação (GAMEIRO *et al.*, 2000).

A diferenciação estatística encontrada nos resultados do pH pode ser devido aos fatores ambientais. Quando as análises são realizadas com a sonda os parâmetros não se alteram por casa da

manipulação e nem há risco de contaminação da amostra com substâncias alcalinas.

As análises feitas no peagâmetro de bancada mesmo empregando todas as técnicas de coleta e tratamento da amostra para que não fosse alterada ainda assim terá uma troca mínima de ar com ambiente que vai ter influência no seu resultado final.

Então fica mais evidente que o modo de medição do sensor de pH da plataforma Arduino pode auxiliar na análise de mananciais. Pois ele evita que haja contaminação das amostras no manuseio e trocas de ar com ambiente dando um resultado mais real.

Análise Estatística do Parâmetro Temperatura

O primeiro passo para análise estatística da temperatura foi a verificação da normalidade. Para isso se utilizou o Teste de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 - Dados seguem curva Normal

H1 - Dados não seguem curva Normal

Na análise da normalidade Valor P foi de 0,022 menor que índice de significância de 0,05. Logo, devemos rejeitar H_0 , pois não segue a distribuição normal.

Como os dados não seguem uma distribuição normal, utilizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses relacionadas são:

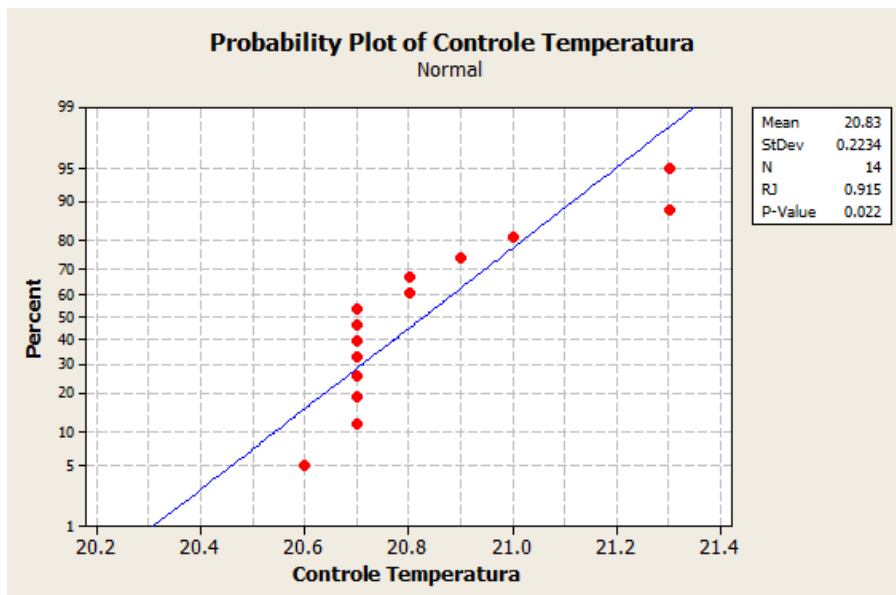
H_0 - Não há diferença entre as médias da temperatura dos grupos

H_1 - Há diferença entre as médias da temperatura dos grupos.

O quadro 03 mostra que o valor $p = 0.0695$ que é maior que índice de significância 0.05, não rejeita H_0 , ou seja, não há diferença significativa entre os resultados dos grupos experimental e controle.

O sensor de temperatura DS18B20 é um componente eletrônico digital desenvolvido para ser aplicado nos mais diversos ambientes, pois é capaz de medir a temperatura em locais úmidos ou submersos por ser prova d'água (HELENA *et al.*, 2012).

Gráfico 2: Verificação da normalidade para o grupo de controle da temperatura.



Fonte: Autores (2020).

Quadro 3: Resultado do teste de Mann-Whitney Temperatura.

Teste de ETA1 = ETA2 vs ETA1 não = ETA2 é significativo a 0,0695
O teste é significativo em 0,0652 (ajustado para empates)

Fonte: Autores (2020).

Esse sensor é grande relevância para o monitoramento de mananciais, pois a temperatura da água influenciam diretamente atividades fisiológicas dos peixes respiração, digestão, reprodução, alimentação (VANESSA, MILENA, PRISCILA, 2007).

No Rio Paraíba do Sul há uma grande diversidade de peixes que justifica o monitoramento da temperatura.

Análise Estatística para Análise da Turbidez

O primeiro passo para análise estatística da turbidez foi verificação da normalidade para isso se utilizou o Teste de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 - Dados seguem curva Normal

H1 - Dados não seguem curva Normal

Valor $P > 0,1$ maior que índice de significância 0,05. Logo, não devemos rejeitar H0 pois as amostras do grupo experimental distribuição normal.

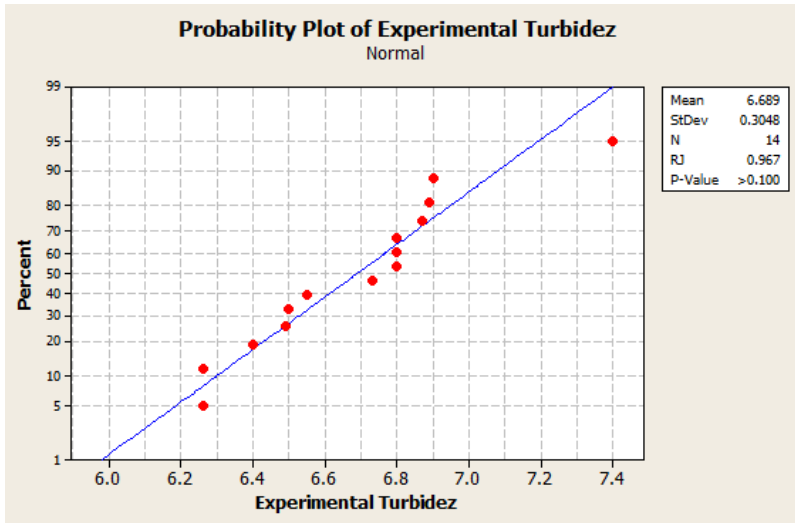
O segundo passo foi a verificação da variância (homocedasticidade), o Teste F considerando o índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 - Variâncias iguais.

H1 - Variâncias não são iguais.

No quadro 4 podemos ver que valor $P= 0,747$ maior que índice de significância 0,05. Logo, não devemos rejeitar H_0 . Variâncias iguais.

Gráfico 4: Verificação da normalidade para o grupo de controle da turbidez.



Fonte: Autores (2020).

Quadro 4: Resultado do teste de F-Test da Turbidez.

F-Test (normal)	13	13	1,20	0,747
-----------------	----	----	------	-------

Fonte: Autores (2020).

Aplicando o Teste T student e considerando variâncias iguais considerando o índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 - Turbidez em média são iguais

H1 - Turbidez em média são diferentes

Quadro 5: Resultado do teste de T-Test *student* da Turbidez.

Diferença = μ (Controle Turbidez) - μ (Turbidez Experimental)

Estimativa de diferença: 0,124

IC de 95% para diferença: (-0,125, 0,372)

Teste T de diferença = 0 (vs não =): Valor T = 1,02 Valor P = 0,316 DF = 26

Ambos usam Pooled StDev = 0,3197

Fonte: Autores (2020).

Observa-se que como o valor de P 0.316 é maior que o índice de significância 0,05, logo, não há indícios para rejeitar a hipótese nula, ou seja, em médias a turbidez dos grupos são iguais.

Através das análises estatísticas das amostras pode se concluir que o sensor de turbidez modelo TSW-20M é eficiente como os comerciais. Muitos trabalhos defendem a criação e utilização de turbidímetros próprios para diversos ambientes (SARAVANAN, 2018).

Nesse sentido, este trabalho apresenta a construção e validação de um dispositivo de baixo custo que permite a medição de pH, Temperatura e Turbidez com eficiência, essa sonda e especialmente desenvolvido para uso em rios e lagos, ou seja, uma aplicação em campo, obtendo resultados em tempo real.

Além do custo cinco vezes menor dos que são vendidos no mercado, observamos também outros pontos positivos, como: as leituras mais rápidas, otimizando o tempo de trabalho. A sonda permite que seja instalado um modulo SD para armazenamento de dados ou um módulo Wifi, que permite ver os dados em tempo real no Smartphone ou computador.

Os resultados estatísticos mostram que a sonda associada à plataforma Arduino pode ser utilizada para análise de mananciais, isso otimiza os estudos e facilitam ações mitigatórias.

Referências

ARDUINO **Introduction.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 8 out. 2019.

CBH - MPS, Atlas das Bacias Hidrográficas da Região do Médio Paraíba do Sul, p.41, 2017.

BOLETIM DO LEGISLATIVO Nº 23, DE 2012. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil** Disponível em:

<<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242667/Boletim2012.23.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 out. 2019

BUZELLI, G. M.; DA CUNHA-SANTINO, M. B. Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita reservoir, SP. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 1, p. 186-205, 30 abr. 2013.

BUXMANN P., T. Hess and R. Ruggaber, 2009: **Internet of Services. Business & Information Systems Engineering** 5, 341 - 342.

DALLAS SEMICONDUCTOR. **datasheets, DS18B20**: Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

DATASHEET. SENSORS & SENSOR MODULES: **YF-S201 Water Flow Sensor**.p.2 Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

CARMO, D. U. C. DO; SILVA, J. C. DA; IZOLANI, A. O. Indicadores da Contaminação no rio Paraíba do Sul. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, v. 1, n. 2, p. 01-12, 22 dez. 2015.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis da Qualidade de Água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em: 01 nov. 2019

DATASHEET. SENSORS & SENSOR MODULES: **YF-S201 Water Flow Sensor**.p.2 Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores->

arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>. Acesso em: 12 out. 2019.

FAO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **Agua**. Disponível em: <<http://www.fao.org/water/es>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

FILIPEFLOP COMPONENTES ELETRÔNICOS. **Display LCD 16x2 I2C Backlight Azul Caracteres Brancos - FilipeFlop**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-16x2-i2c-backlight-azul/>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

FINI, P. H. *et al.* **Construindo o sensor de poluição para rios urbanos no Projeto e-Noé**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272815974>. Acesso em: 04 mar. 2020.

GAMEIRO P. REIS S. LIMA JLFC. CASTRO B. Calibration of pH electrodes by direct strong acid/strong base titrations under dilute conditions. **Analytica Chimica Acta** 2000; 405: 167– 172.

GIACOMIN, J. C. **Introdução à Linguagem C**. UFLA - Universidade Federal de Lavras curso de pós-graduação “LATO SENSU” especialização à distância Administração em redes Linux p. 105, 2002.

HERMANN, Mario; PENTTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. 2015. Disponível em: <http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 03 de out de 2019.

JACOBI, P.R.; *et al.* 2009. **Governança da água no Brasil: dinâmica da política nacional e desafios para o futuro**. Governança da água e políticas públicas na América Latina e Europa. São Paulo: Annablume. p. 49-82

MIORANDI, Daniele. Internet of things: Vision, applications and research challenges 2012. Disponível em: <<https://irinsubria.uninsubria.it/retrieve/handle/11383/1762288/2389/IOT.pdf>> Acesso em: 03 de out 2019.

DONALD E. KNUTH. Modularização: funções e procedimentos. 1996 Disponível em: <<http://home.iscte-iul.pt/~mms/courses/ip/1998-1999/teoricas/capitulo-3.htm>>. Acesso em: 14 out. 2019.

Meinrath G. Spitzer P. Uncertainties in determination of pH. Mikrochimica Acta 2000; 135:155-68.

MITCHELL, B. 2007. Integrated catchment management and MSPs: pulling in different direction? In: Warner, Jeroen (ed.). Multi-stakeholder platforms for integrated water management. Aldershot, UK: Achgate. p.49-67.

NAVARRO, M. F. P. IMPLEMENTAÇÃO DE UM MOTOR SEMÂNTICO PARA AMBIENTES IOT. TCC do curso Ciência da Computação. Centro Universitário Eurípides de Marília p. 71, 2017.

OLIVEIRA, J. A. et al. ATLAS DAS MICROBACIAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA MÉDIO PARAÍBA DO SUL. Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/atlas-CBH-MPS.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2019.

OSÓRIO, Fernando Santos. CURSO DE LINGUAGEM C - São Leopoldo 1992. João Carlos Giacomini UFLA - Universidade Federal de Lavras FAEPE - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão Lavras - MG - 2002

ph-sensor-ph-4502c., [s.d.].

PINTO, M. C. F. Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido. CPRM, 2007.

Disponível em:
http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf. Acesso em: 02 out. 2019.

PIVELI, D. R. P. **Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor.** 2010 Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>. Acesso em: 23 out. 2019.

VANESSA K. S., MILENA W. F., PRISCILA V. R. L. **Qualidade da água na Piscicultura.**
<<http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/extensao-tmp/boletim-extensao-079.pdf> >Acesso em: 26 de junho de 2020.

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA: **Programa Água Azul 2016.** Disponível em:
<http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/aguas_superficiais/2014/18RelatorioTomoI2015.pdf>. Acesso em: 5 out. 2019.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos da Automação.** Tek Treinamento & Consultoria Ltda. Salvador, 2003. v 1. Disponível em:
<<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAeOMAA/fundamentos-automacao-marco-antonio-ribeiro>>. Acesso em: 03 de out de 2019.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE. J.M.S. **SANEAMENTO BÁSICO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA-UFJF.** 2010. Trabalho de conclusão de curso - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA. **Sensor de Fluxo de Água - Sensores - RoboCore.** Disponível em:

<<https://www.robocore.net/loja/sensores/sensor-de-fluxo-de-agua>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

SARAVANAN, Krishnann *et al.* Real-time water quality monitoring using Internet of Things in SCADA. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 9, p. 556, 2018.

Sensor de Turbidez Arduino Para Monitoramento d'Água ST100 - **UsinaInfo**. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, Editora: Currency, 3 de janeiro de 2017. Cologny/Geneva, Switzerland, 2016.

SPERLING, M. VON. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.1, 3.ed.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFME, 2005. 452p

SILVA, Alisson S. da; NAVARRO, Fábio P. Desenvolvimento de um motor semântico para redes de sensores IoT. **REGRAD, UNIVEM/Marília-SP**, v. 11, n. 1, p 421-437, agosto de 2018.

SOUZA, A. R. *et al.* A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n.1, 2011.

TECHNISCHE Universität Dortmund: **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.pdf**, 2015. Disponível em: <http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 03 out. 2019

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L. **Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau - Sudoeste do Estado do Paraná.** Boletim Paranaense de Geociências, n. 57, p. 8, 2005.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações.** 8. ed. São Paulo: Érica, 2011. 224 p.

TOOLEY, Mike. **Circuitos Eletrônicos Fundamentos e Aplicações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. Tradução da terceira edição Luiz Cláudio de Queiroz Faria.

USINA IND. COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO. **Sensor de pH Arduino / Medidor de pH + Módulo de Leitura - Usinainfo.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html?search_query=ph&results=100>. Acesso em: 4 mar. 2020.

USINAINFO. **Sensor de Turbidez Arduino Para Monitoramento de Água ST100 - Disponível em:** <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**, v. 22, n. 0, p. 49-66, 1997.

Sobre os autores

Denis Uiliam Candido do Carmo

Engenheiro Ambiental, Sanitarista (USS) e Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho (UCAM), Mestre em Ciências Ambientais (UniV), Subsecretário de Agricultura (Prefeitura Municipal de Vassouras), Coordenador Regional da ABRIC no estado do Rio de Janeiro.

Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1995), mestrado em Engenharia Civil (1998) e doutorado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2002). Pós-doutorado em Educação Matemática pela Universidade Bandeirante de São Paulo (2011). Aperfeiçoamento/Extensão Universitária em Competitive Project Management e Business English na State University of New York at New Paltz (2017). Professor dos cursos de Engenharias da Universidade de Vassouras e Professor do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Possui Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras.

Capítulo 9 - Educação ambiental em uma visão continuada

Autores: Denis Uiliam Candido do Carmo; Tarik Soriano de Melo Pletsch; Maike Henrique de Medeiros Motta, Jenivaldo Lisboa de Araújo, André Pereira de Souza

Resumo: Com a urbanização e evolução da civilização, a percepção do meio ambiente mudou drasticamente e passou a ser entendida como dispensável. Tendo em vista essa nova percepção, a educação ambiental tem que ser inserida em um contexto amplo e de forma integrada, envolvendo sociedade, escola e governo, tendo o objetivo de informar, esclarecer e divulgar ações viáveis para preservação do meio ambiente. Esse trabalho busca verificar a aplicabilidade da educação ambiental de forma continuada nas escolas com o objetivo estimular através desta atuação, novas atitudes e comportamentos que busquem soluções para problemas ambientais identificados no bairro e comunidade escolar, que poderão causar mudanças de comportamento de todos e em consequência melhora na qualidade de vida. A aplicação do projeto ocorreu em etapas que foram concluídas no ano letivo de 2018, durante este período de foram aplicadas avaliações com intuito de comparar as escolas que já tinha educação ambiental com mais de um ano e quem estava iniciando

na vigência. As análises foram feitas com uma ferramenta computacional chamada Minitab mostram que há uma diferença significativa entre as duas categorias e que a educação ambiental continuada nos moldes propostos tem uma boa eficiência.

Palavras-chave: Educação ambiental; minitab; escolas públicas.

Introdução

Com a urbanização e evolução da civilização, a percepção do meio ambiente mudou drasticamente e passou a ser entendida como indispensável.

As tecnologias atuais, as quais podem propiciar uma infinidade de vantagens e conforto como, por exemplo, a água limpa que sai da torneira, TV, Computadores e os smartphones. Porém ninguém pensa no custo ambiental para tudo isso. Em análise a esta situação tendo como princípios básicos, os possíveis assuntos a serem discutidos sobre educação ambiental, observou-se a necessidade de novos caminhos para o ensino deste tema. A utilização de práticas ambientais, como um dos parâmetros curriculares nas escolas, é necessária e primordial para implantação de futuros projetos na área ambiental.

Segundo o art. 1º da Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA:

“entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999).

A educação ambiental tem que ser inserida em um contexto amplo e de forma integrada, envolvendo sociedade, escola e governo, tendo o objetivo de informar, esclarecer e divulgar ações viáveis para preservação do meio ambiente.

As variações socioeconômicas representam um dos aspectos mais importantes na implantação e no sucesso desta proposta. De acordo com estas variáveis, foi desenvolvido o trabalho e definido o material a ser utilizado.

É possível observar pelo noticiários os problemas ambientais graves causados pelo homem, como exemplo a escassez de água, inundações, o desastre com rejeitos de mineração Minas Gerais, e

por esse motivo é necessária a educação ambiental inclusiva e de forma contínua, com a participação de todos sem exceção.

Além disso, é necessário ter uma visão ampla e um olhar não apenas para os problemas, mas também para as soluções propostas para os mesmos. A educação ambiental é uma necessidade não só pela preservação do ambiente natural mais também o ambiente artificial mantendo sadio e saldável para o uso da coletividade.

Nas escolas, foram identificados alguns problemas ambientais e que as mesmas não têm um trabalho contínuo somente em datas comemorativas como exemplo dia da arvore.

Tendo identificado essa deficiência, iremos através da educação ambiental mostrando os riscos e benefícios proporcionando para o aluno e a comunidade escolar um ensino de meio ambiente com qualidade.

O objetivo deste trabalho é estimular através da educação ambiental, novas atitudes e comportamentos que busquem soluções para problemas ambientais identificados no cotidiano do aluno.

Revisão Bibliográfica

A partir de 10 mil anos a.C., a revolução agrícola acarretou impactos sobre a natureza, com a devastação das florestas. A partir deste momento da história, o ser humano ouviu falar em extinção de espécimes da fauna e flora, poluição do ar pelas queimadas e chaminés de fabricas, poluição do solo e da água. (MUCELIN, 2004).

No ano de 1972, quando ocorreram os eventos mais decisivos para a evolução da abordagem ambiental no mundo. Em julho, na Suécia, a Organização das Nações Unidas deu o primeiro passo promovendo a “Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano”, também conhecido como Conferência de Estocolmo. Considerada um marco histórico, a Conferência estabeleceu um Plano de Ação Mundial e iniciou o Programa Internacional de Educação Ambiental. A partir desse plano, a Educação Ambiental passou a ser considerada como campo de ação pedagógica, adquirindo relevância internacional.

A Agenda 21 subscrita pelos governantes de mais de 170 países que participaram da Conferência, dedicou um Capítulo todo a Promoção do Ensino, da Conscientização e do Treinamento para

preservação do meio ambiente enfatizando a urgência de envolver a educação formal e não-formal.

A Carta Brasileira para a Educação Ambiental produzida no *Workshop* coordenado pelo Ministério da Educação mereceu destaque, enfatizando que deve ter um compromisso real do poder público em todas as esferas, fazendo cumprir a legislação brasileira, visando à introdução da Educação Ambiental em todos os níveis de ensino.

Segundo Carvalho (2006), a Educação Ambiental é considerada inicialmente como uma preocupação dos movimentos ecológicos com a prática de conscientização. Educação Ambiental significa aprender a empregar novas tecnologias, aumentar a produtividade, evitar desastres ambientais, minorar os danos existentes, conhecer e utilizar novas oportunidades e tomar decisões acertadas (EFFTING, 2007).

As maiorias dos docentes não se sentem confortáveis de discutir em suas aulas sobre os temas ambientais, muitas das vezes por não dominarem o assunto ou conceitos relativos ao tema ou por não saberem como associar ao conteúdo das disciplinas que ministram (LEITE e RODRIGUES, 2018).

Conforme Knorst (2010), a educação ambiental vista como disciplina seria muito importante para a educação humana em diversos sentidos. Trabalhar com Educação Ambiental é importante, visto que esta permite ao aluno e a comunidade perceber-se enquanto parte do meio ambiente, assim como possibilitar meios para o desenvolvimento de uma educação voltada para a cidadania consolidando o conceito de que todos deve atuar enquanto parte isolada e fragmentada, uma vez que cada indivíduo deve ser entendido enquanto corresponsável pela defesa da qualidade de vida.

A Educação Ambiental é respaldada por leis, em todos diversos fatores, citaremos alguns fragmentos relacionadas a Educação Ambiental Formal e Não Formal, cujo tema é base Lei nº 9.795 de abril de 1999.

Metodologia

Tendo em vista o desenvolvimento do projeto, faz-se necessário a apresentação do trabalho a ser desenvolvido para toda comunidade escolar, sendo as seguintes propostas a serem implantadas:

- Discutir com professores e coordenadores da escola as ações que concretizarão a implantação do projeto e continuidade do mesmo;
- Estabelecer corpo técnico para acompanhar e orientar os trabalhos;
- Adquirir material necessário para início dos trabalhos.

A proposta de projeto de educação ambiental se dividirá em duas fases distintas e essas fases foram desenvolvidas em um ano.

Na primeira fase da proposta de projeto, foi realizada a capacitação de todos envolvidos mostrando a eles os objetivos do mesmo, como esses objetivos serão alcançados e um pouco das políticas de meio ambiente, conforme indicado no Art. 8º da PNEA (Política Nacional de Educação Ambiental), de forma sistemática com todo corpo docente, a fim de nivelar e capacitar os mesmos conforme a metodologia para execução do projeto proposto.

Na segunda fase da proposta do projeto, foi efetuada a implantação e execução no qual iremos adotar e estimular o hábito na escola, em casa e em sua comunidade, que leve ao incentivo e à importância de economizar, reciclar e reutilizar materiais e recursos naturais.

Estimular a manterem um ambiente cuidado, limpo e saudável na escola, em casa e na comunidade. Observar e analisar todos os fatos e situações ambientais na escola e no seu convívio social, destacando a necessidade de atuar de modo reativo e propositivo para garantir um ambiente saudável com melhor qualidade de vida.

Também fez fazer parte do projeto uma horta orgânica para aprendizado de proteção do solo, plantio sem agrotóxico e aplicação e produção de adubo orgânico com cascas de legumes, frutas e talos de hortaliças gerados na cozinha da escola, um sistema simplificado de captação de água da chuva e coleta seletiva de úmido e seco para o ambiente escolar.

Todo o projeto foi realizado por uma profissional da área de meio ambiente, atuando conjuntamente com os professores responsáveis pelas turmas selecionadas.

Para que todas as atividades sejam feitas tenha uma cobertura de toda instituição de ensino foi criado um método chamado de *formigas operárias*. As turmas contempladas com o projeto foram divididas em grupos e cada um deles recebeu um tema para ser trabalhado de forma ampla nas aulas, gerando uma apresentação

que iram apresentar para outras turmas juntamente com a implantação das atividades.

Ou seja, os próprios alunos serão multiplicadores e irão falar de meio ambiente e difundir as atividades do projeto na escola.

Resultados

Inicialmente, o projeto foi implantado em uma escola pública municipal do município de Vassouras, no ano de 2016, onde foi refinada a metodologia. No ano seguinte, foi implantado em mais uma escola e em 2018 em mais duas, durante dois semestres foram ministradas aulas práticas e teóricas sobre conforme o cronograma estabelecido.

Durante o ano corrente foram aplicadas duas avaliações uma a cada final de semestre para avaliar se há relevância no ensino de educação ambiental de forma contínua com conteúdo teórico e prático.

Com o resultado dessas avaliações foi realizado uma análise estatística dos dados utilizando um programa de computador, o MiniTab, para comprovar estatisticamente tem relevância a educação ambiental de forma continuada na escola.

As variáveis analisadas foram geradas no ano de 2018 em escolas com projeto funcionando há mais de um ano e outras iniciado no ano.

Foi observado que de um semestre para o outro teve uma melhoria na percepção do tema abordado podendo ser observada no aumento das notas nas escolas que iniciaram em 2018, para as que começaram no ano anterior notou-se um desempenho superior comparando com as iniciantes.

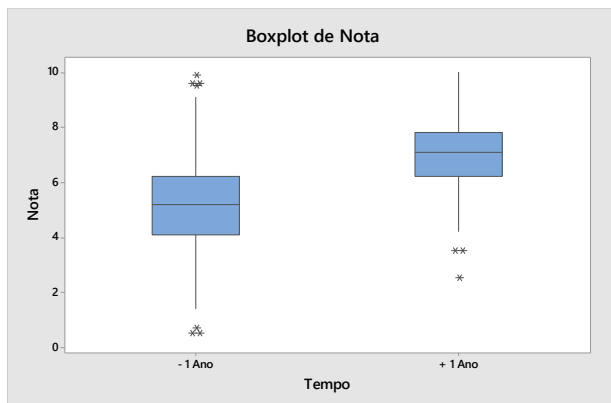
Para comprovar que a educação ambiental continuada e a forma ideal para se tratar de meio ambiente nas escolas foram aplicados testes estatísticos nos resultados dos dois semestres.

Com os testes estatísticos chegamos os seguintes resultados:

Pode-se observar no gráfico 01 que as notas dos alunos com mais de um ano de educação ambiental de forma ininterrupta tiveram melhor desempenho nas avaliações.

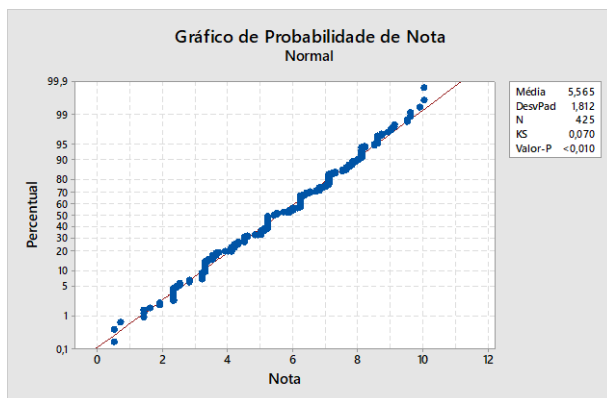
Depois da análise do Boxplot foi aplicado o teste de Normalidade sendo utilizado o Kolmogorov-Smirnov, pois o número de amostra é superior a trinta elementos. Como p-value $<0,010$ conforme o demonstrado no gráfico 02, que é inferior ao nível de significância estabelecido de 5% (0,05), então aceita-se a hipótese nula de que os dados não apresentam distribuição normal.

Gráfico 01: Boxplot de comparação de desempenho das escolas.



Fonte: os autores.

Gráfico 02: Probabilidade das notas dos alunos.



Fonte: os autores.

Feito o teste Não-Paramétrico Mann-Whitney foi encontrado o Valor-p = 0,000.

Hipótese nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor-p
Não ajustado para empates	23552,00	0,000
Ajustado para empates	23552,00	0,000

Como o Valor-p = 0,000 é inferior ao nível de significância estabelecido de 5% (0,05) verifica-se que os dados apresentam médias diferentes.

Assim, considerando a variável nota, utilizando Tete Não-Paramétrico Mann-Whitney pode-se concluir que houve aumento significativo das notas dos alunos com mais de um ano tendo aula contínua de educação ambiental.

Depois da análise estatística dos dados podemos chegar à conclusão que os alunos que têm educação ambiental de forma continuada consegue tratar melhor as questões ambientais e a aplicação nos moldes propostos têm uma ótima eficiência.

A partir do desenvolvimento deste trabalho geraram-se dois produtos, um site e um aplicativo para smartphone disponível no play store, em que os alunos e professores podem acompanhar as

atividades do projeto e retirar suas dúvidas relacionada ao meio ambiente.

Referências

ANDRADE, M. M. **Introdução a Metodologia de Trabalho Científico**. 7^o ed. São Paulo Atlas, 2006.

ANA - Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília; ANA, 2002.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/L6938org.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

BRASIL. **Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Fundamental. A implantação da educação ambiental no Brasil: meio ambiente e saúde**. Brasília, 1997b. BRASIL. LEI Nº.9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. EDUCAÇÃO AMBIENTAL. Esta lei dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Ministério da Educação. Coordenação Geral de Educação Ambiental. Programa Nacional de Educação Ambiental - ProNEA**. 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005. 102p.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental**

relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Coordenadoria Geral de Educação.

http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf. 2015. - Acesso em: 27 dez. 2017.

CAMPIANI, M. C. Os Temas Transversais na Educação. São Paulo: Códex, 2001.

CARVALHO, I. C. DE M. Educação Ambiental: Formação do Sujeito Ecológico. 2ª ed São Paulo Cortez, 2006.

CHALITA, G. Educação: A Solução Está no Afeto. São Paulo: Gente, 2002.

DIAS, G. F. Educação Ambiental: Princípios e Práticas. 9.ed. São Paulo: Gaia, 2004.

EFFTING, T. R. Educação Ambiental nas Escolas Públicas: Realidade e Desafios; Centro de Ciências Agrárias, Pós Graduação em “Lato Senso” Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável. 2007.

GUEDES, J. C. de S. Educação Ambiental nas Escolas de Ensino Fundamental: estudo de caso. Garanhuns: Ed. do autor, 2006.

LEFF, E. Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder/Enrique Leff. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis: Editora Vozes, 2001.

LEITE, Rosana Franzen; RODRIGUES, Maria Aparecida. Aspectos sociocientíficos e a questão ambiental: uma dimensão da alfabetização científica na formação de professores de química. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 9, n.3, p. 38-53, 2018. Disponível em: Acesso em: 27 ago. 2018.

MEIRELLES, MARIA DE SOUSA, SANTOS, MARLY TEREZINHA. **Educação Ambiental uma Construção Participativa**. 2ª ed. São Paulo, 2005.

MUCELIN, N. I. S. VILAS BOAS, M. A. URIBE-OPAZO, M. A. SECCO, D. **Variabilidade Espacial de Atributos Hídricos do Solo; A Inserção da Engenharia Agrícola em Projetos Nacionais. CD-ROM; 1; 3; XXXIII congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. São Paulo, 2004. Impresso: www.sbea.org.br. - Acesso em: 27 dez. 2017.

PHILIPPI, A. Jr. PELICIONI, M. C. F. **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. Editora Manole, 2005.

KNORST, Patrícia Andréa Rauber. **Educação Ambiental: Um Desafio para as Unidades Escolares**. Unoesc & Ciência - ACHS, Joaçaba, v. 1, n. 2. jul./dez. 2010

REBOUÇAS, A.C. **Águas Doces no Mundo e no Brasil. In: Águas Doces do Brasil**. Aldo da Cunha Rebouças [*et al.*] (Org). Escrituras Editora, 1999.

SANTOS, E. T. A. dos. **Educação Ambiental na Escola: Conscientização da Necessidade De Proteção da Camada de Ozônio**. 2007. Monografia (Pós-Graduação em Educação Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2007.

SANTOS, E. M. dos; FARIA, L. C. M. de. O Educador e o Olhar Antropológico. Fórum Crítico da Educação: **Revista do ISEP/Programa de Mestrado em Ciências Pedagógicas**. v. 3, n. 1, out. 2004. Disponível em: <<http://www.isep.com.br/FORUM5.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

SATO, (2004, p.29); apud. KARLA, A. P.; DA LUZ, R. DE C., STADLER; R. M. C. **A Educação Ambiental e o Professor de Ciências**, 15p., outubro 2010.

SENA, (2003, online). Apud SANTOS, C. A. **Do Princípio Fundamental da Dignidade da Pessoa Humana e os Catadores de Lixo**. Santos, 2010.

SETTI, A. A. **Gestão de Recursos Hídricos; Aspectos Legais, Econômicos e Sociais**. In: Gestão de Recursos Hídricos. Demétrius David da Silva, Fernando Falco Pruski. (Edit). Brasília, DF: Editora: UFV [*et al.*]. 2000

SCHINKE, G. **Ecologia Política**. Santa Maria: Tchê!, 1986.

VASCONCELOS & FERREIRA. **Captação de Água de Chuva Para Uso Domiciliar**. UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS. GOIANIA-GO, 2007, disponível em <<http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope> > Acesso em 25 de out. 2017.

WALDMAN, M. **Meio Ambiente & Antropologia**. São Paulo: Senac, 2006.

WATERFALL, P.H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use**. University of Arizona Cooperative. Disponível em: Acesso em 27 de dez. de 2017.

YUS, R. **Educação Integral: Uma Educação Holística para o Século XXI**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Sobre os autores

Denis Uiliam Candido do Carmo

Engenheiro Ambiental, Sanitarista (USS) e Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho (UCAM), Mestre em Ciências

Ambientais (UV), Subsecretario de Agricultura (Prefeitura Municipal de Vassouras), Coordenador Regional da ABRIC no estado do Rio de Janeiro.

Tarik Soriano de Melo Pletsch

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (USS), Mestre em Ciências Ambientais (UniV), Fiscal Ambiental do CONVALE (Consórcio Intermunicipal de Gestão Resíduos Sólidos do Vale do Café).

Maike Henrique de Medeiros Motta

Gestor Ambiental, Subsecretario de Meio Ambiente do Município de Vassouras.

Jenivaldo Lisboa de Araújo

Licenciado em Química pela Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL), possuindo especialização lato sensu em Ensino de Ciências pela Faculdade Educacional de Araucária (FACEAR) e concluído os cursos de mestrado e doutorado em Ciências pelo Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atua como professor de Química da Rede Estadual de Ensino de Alagoas, onde promove atividades de iniciação científica e coordena um clube de astronomia junto a estudantes da educação básica.

André Pereira de Souza

Doutorando em Ciências de Materiais (CCEN/PGMtr/UFPE), Mestre em Energia da Biomassa (CECA/CTEQ/UFAL), Especialista em Tecnologias na Aprendizagem (SENAC/SP), Especialista em Educação em Ciências (FACEAR/PR), Graduado em Química, Licenciatura Plena (UNEAL/Campus III), Graduando em Matemática Licenciatura (UNIFAVENI)

Capítulo 10 - Endosulfan na Água do Trecho de Transposição do Rio Paraíba do Sul e Análise da Efetividade do Termo de Ajustamento de Conduta: um Estudo de Caso

Autores: Dulcinéa Peixoto Nelson, Elisa Barbosa Marra, Greiciane França Bronzato, Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Resumo: Em novembro de 2008, um grande acidente ambiental ocorreu no Rio Pirapetinga, um afluente do Rio Paraíba do Sul, devido ao vazamento de endosulfan, por uma empresa local. Esse desastre levou a contaminação das águas dessa região, e consequentemente a morte de milhões de toneladas de peixes. Mediante a esse fato, o presente capítulo teve como objetivo apresentar um estudo de caso relatando a evolução da concentração do endosulfan no trecho da transposição do Rio Paraíba do Sul, na Barragem de Santa Cecília, na cidade de Barra do Piraí - Rio de Janeiro, ressaltando a importância sobre o conhecimento da situação das águas desta Bacia hidrográfica, depois do acidente. Além disso, também foi possível avaliar juridicamente o acidente causado pela empresa Servatis S.A., a partir da análise da efetividade do termo de ajustamento de conduta.

Palavras-chave: Contaminante; emergente; recursos hídricos; Termo de ajuste de conduta.

Introdução

A bacia do Rio Paraíba do Sul está inserida na região hidrográfica Atlântico Sudeste, e ocupa área de aproximadamente 61.307 Km², abrangendo os Estados de São Paulo (13.934 km²), Rio de Janeiro (26.674 km²) e Minas Gerais (20.699 km²) (CNRH, 2003). O Rio Paraíba do Sul, é o principal rio desta bacia, e possui aproximadamente 1.130 km de extensão, com sua nascente na Serra da Bocaina no Estado de São Paulo, a 1.800 metros de altitude, desaguando no Oceano Atlântico, no distrito de Atafona no município de São João da Barra, Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. A partir de 2008, a região de planícies inundadas junto à foz do Rio Paraíba do Sul passou a abranger 184 municípios (BRASIL, 2008). Trinta e nove localizados no Estado de São Paulo, cinquenta e sete no Rio de Janeiro e sessenta e oito em Minas Gerais. A bacia drena uma das regiões mais desenvolvidas do país, com população estimada, em 8,5 milhões de habitantes, sendo 4 milhões no Estado de São Paulo, 2,9 milhões no Rio de Janeiro e 1,6 milhões em Minas Gerais, conforme Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

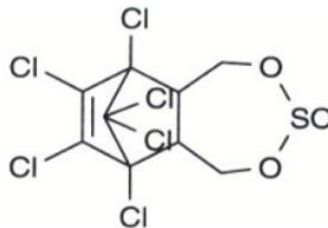
O Rio Paraíba do Sul, que possui um sistema hidráulico complexo, destaca-se como um dos principais mananciais para abastecimento de água da bacia através do sistema de transposição Paraíba do Sul/Guandu. Os principais reservatórios da bacia são Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil. A Estação elevatória de Santa Cecília situada no município de Barra do Piraí, é responsável pela efetivação da transposição entre as águas do Rio Paraíba do Sul para o Guandu, cujas águas captadas são armazenadas no elevatório de Santana onde se misturam com as águas do Rio Piraí, localizado a margem direita da bacia. A Estação elevatória de Vigário capta estas águas que são elevadas para o reservatório de Vigário (ARAÚJO *et al.*, 2009).

Em novembro de 2008, a fauna do Rio Paraíba do Sul, sofreu uma grande catástrofe sob a responsabilidade da empresa Servatis S.A., e de acordo com o relatório de vistoria realizado pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) em 2008, foram despejados aproximadamente 8.000 litros do agrotóxico endossulfan, nas águas do Rio Pirapetinga, afluente do Rio Paraíba do Sul, provocando a morte de milhares de toneladas de peixes e deixando várias pessoas sem abastecimento de água (SILVA & OLIVEIRA, 2009).

O endosulfan (1,4,5,6,7,7-hexachloro-8,9,10-trinorborn-5-en-2,3-ylenebis methylene-sulfite) é um inseticida acaricida do grupo do organoclorados, utilizado para o controle de pragas nas culturas de soja, algodão, café e cana-de-açúcar, por meio de pulverização sobre as folhas ou incorporação ao solo (MENEZES *et al.*, 2017).

De acordo com o *International Programme on Chemical Safety* (2000), citado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), essa substância é um sólido cristalino de cor marrom, com leve odor de dióxido de enxofre (ANVISA, 2009). Quimicamente é uma mistura de dois estéreo-isômeros biologicamente ativos (α e β) que deve conter pelo menos 94% de endosulfan, segundo especificações da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), sendo aproximadamente 70% de α -endosulfan e 30% de β -endosulfan (FAO, 1983).

Figura 1 - Fórmula estrutural do endosulfan.



Fonte: ANVISA (2009).

De acordo com Kennedy *et al.* (2001) e Leonard *et al.* (2001), citado por Scorza Júnior *et al.* (2013), o principal metabólito do endosulfan no solo após sofrer oxidação microbológica, é o sulfato de endosulfan que é altamente tóxico aos organismos aquáticos, além de apresentar maior toxicidade aos seres humanos que o próprio endosulfan. Por esse motivo, o governo brasileiro proibiu a utilização, produção, distribuição e comercialização do produto no estado do Rio de Janeiro de acordo com a Lei nº 5.622, de 22 de dezembro de 2009, sendo totalmente banido em julho de 2013, quando ocorreu o cancelamento da comercialização e da utilização de qualquer produto à base desse composto, conforme evidenciado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2017).

Além do Brasil, esse inseticida, também teve seu uso proibido ou restringido em vários países devido a toxicidade para o ser humano e animais silvestres. A substância faz parte da lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) da Convenção de Estocolmo, um tratado internacional que visa a eliminação segura destes poluentes e a limitação da sua produção e uso, do qual o Brasil é signatário (MUZARDO & GRACIANI, 2015).

Os acidentes ambientais, de acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA, 2007), são

caracterizados como eventos inesperados e indesejados que podem causar, direta ou indiretamente, danos ao meio ambiente e à saúde e as consequências advindas desses eventos podem ser observadas em curto, médio e longo prazo. A partir do vazamento do endosulfan, a extensão dos danos ambientais, classificados como de grande proporção, se estenderam do Sul (Resende) ao Norte Fluminense (distrito de Atafona no município São João da Barra) do estado do Rio de Janeiro, onde o uso da água e o consumo dos peixes intoxicados pelo inseticida derramado tornaram-se perigosos, comprometendo demasiadamente, a única e principal fonte de renda de pescadores e agricultores da região. Além disso, foram causados danos irreparáveis a fauna local, com milhares de animais mortos, inclusive espécies exóticas, além de inúmeros animais habitantes das margens do rio (VIANA, 2009).

A Resolução nº 420 do Conselho Nacional de Meio Ambiente define contaminação como a existência de substâncias no solo, água e ar devido às atividades humanas em concentrações que venham limitar o uso deste recurso natural (BRASIL, 2009). O endosulfan está inserido dentre os compostos considerados como poluentes emergentes ou contaminantes emergentes que são definidos como compostos químicos que não são comumente monitorados nas estações de tratamento de água, mas que

apresentam potencial de causar efeitos adversos ao meio ambiente e aos seres humanos (DEBLOND *et al.*, 2011).

O site “A Publica” (2019), divulgou uma lista de 27 tipos de agrotóxicos encontrados na água em diferentes cidades do Brasil, entre 2014 e 2017. De acordo com a página mencionada, os dados são do Ministério da Saúde e foram obtidos e tratados em investigação conjunta da “Repórter Brasil”, “Agência Pública” e a organização suíça *Public Eye*, e as informações são parte do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), que reúne os resultados de testes feitos por empresas de abastecimento.

Segundo a reportagem, a maioria dos agrotóxicos encontrados estão abaixo do limite máximo estipulado pela legislação brasileira, porém tais concentrações seriam alarmantes se avaliados pelos limites da União Europeia cujas legislações são muito mais rígidas que a brasileira, onde o limite máximo tolerado (LMT) na água do Brasil em um rio de classe 3 seria de 20 µg/L e o LMT permitido na água da União Europeia seria de 0,1µg/L. Embora haja a proibição dessa substância no país, foi possível observar a presença do endosulfan em 82% das águas brasileiras (29.713 detecções de 36.101 testes feitos em todo o país).

Frente a esses dados, objetivou-se avaliar a evolução da concentração do endosulfan em um trecho de grande importância da bacia do Paraíba do Sul, especificamente, no trecho de transposição do Rio Paraíba do Sul, na Barragem de Santa Cecília, na cidade de Barra do Piraí. A avaliação foi realizada a partir de laudos técnicos realizados por laboratórios credenciados durante os anos de 2010 a 2018. O acesso aos laudos foi autorizado pela empresa de abastecimento da cidade em estudo. Além disso, o presente estudo buscou avaliar juridicamente o acidente do endosulfan ocorrido no ano de 2008 na cidade de Resende-RJ, causado pela empresa Servatis S.A quanto a efetividade do termo de ajustamento de conduta.

Metodologia

Considerando os padrões de qualidade da água da resolução CONAMA 430/2011 do Ministério do Meio Ambiente, para o enquadramento dos corpos d'água Classe 2 que tem como principal objetivo a proteção das populações das comunidades de organismos aquáticos, para a avaliação do status da qualidade ambiental de segmentos de bacias hidrográficas, estudos com esta temática tornam-se imprescindíveis. Portanto, considerando a necessidade de monitorar a concentração do composto

endossulfan, foi analisada a concentração deste a partir de resultados dos laudos de qualidade da água realizados por laboratórios credenciados, em amostras de água oriunda do ponto de captação e início da transposição do Rio Paraíba do Sul, como demonstra a Figura 2 na cidade de Barra do Piraí - Barragem Santa Cecília (BRASIL, 2011).

A barragem encontra-se a aproximadamente 100 km a jusante da foz do Pirapetinga. Os dados obtidos foram comparados com a legislação vigente a respeito do valor de referência especificado.

Figura 2 - Barragem Santa Cecília - trecho de transposição do Rio Paraíba do Sul.



Fonte: Autores (2019).

Para a captura da imagem da Figura 2, utilizou-se uma aeronave remotamente pilotada (ARP) DJI Mavic Pro com precisão de 0,41 metros associado ao aplicativo *Drone deploy*.

Avaliação da concentração de endosulfan no trecho de transposição do Rio Paraíba do Sul

A Tabela 1 apresenta os valores das concentrações do endosulfan obtidas a partir das análises dos laudos de qualidade de água realizados entre os anos de 2010 a 2018.

De acordo com a Tabela 1, pode-se verificar que as concentrações de endosulfan ($<0,009 \mu\text{g/L}$) correspondente ao período de 2010 a 2014, permaneceram dentro do valor de referência estabelecido pela Portaria vigente. Já em 2016 e 2018, observa-se o aumento desta concentração.

Mesmo diante da proibição do endosulfan no estado do Rio de Janeiro, de acordo com a Lei Estadual nº 5622, de 22 de dezembro de 2009, ainda é possível verificar a presença do mesmo no meio ambiente (BRASIL, 2009).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (*Environmental Protection Agency*), a meia vida do endosulfan varia de alguns meses a mais de dois anos no solo e de um a seis meses

na água, dependendo das condições climáticas, anaeróbicas e pH do meio, sendo o endosulfan sulfato mais persistente do que o endosulfan. A meia-vida estimada da combinação destes compostos varia de 9 meses a seis anos (US EPA, 2007).

Tabela 1 - Componentes em peso de porcentagem de uma célula solar.

Ano	Resultados (µg/L)
2010	<0,009
2011	<0,009
2012	<0,009
2013	<0,009
2014	<0,009
2016	<0,04
2018	<0,03
Valor de Referência CONAMA 430/2011	0,056

Fonte: Autores (2020)

O endosulfan é um composto persistente e semi volátil. Segundo a Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental da CETESB (2017), a degradação dos isômeros alfa e beta ocorrem por processos bióticos e abióticos em solos tropicais/temperados e na água, e depende das condições ambientais e a meia-vida no solo varia de 28 a 391 dias para os isômeros α e β e para o sulfato de

endossulfan. A meia-vida de dissipação do endossulfan total em dois solos tropicais brasileiros foi de >161 e 385 dias. O sulfato de endossulfan é o principal metabólito e o isômero beta pode ser convertido para alfa. O isômero beta é a forma mais persistente e o alfa a mais volátil.

Apesar das concentrações obtidas estarem abaixo do valor de referência para um rio de classe 2 (0,056 µg/L) ressalta-se a preocupação quanto à presença deste composto químico visto que os sistemas atuais de tratamento de água para abastecimento não possuem tratamentos específicos para pesticidas.

A permanência destes compostos no ambiente, mesmo em baixas concentrações causam diversos danos às mais variadas formas de vida. Dados remetem que a água analisada após o acidente continha 70 µg/L de endossulfan sendo o limite máximo permitido para peixes de 0,2 µg/L, enquanto para os seres humanos é de 20 µg/L, considerando um rio de classe 3 (JUNIOR *et al.*, 2013).

Análise da Efetividade do Termo de Ajustamento de Conduta

O desastre ambiental amplamente propagado pela mídia intensificou as ações promovidas pelas autoridades estaduais e federais, com o objetivo de responsabilizar o agente causador do

dano e, conseqüentemente, recuperar, restaurar e indenizar os danos causados ao meio ambiente.

O ordenamento jurídico pátrio prevê a aplicação de sanções administrativas, civis e penais. Neste contexto foi aplicado administrativamente pela FEEMA, conforme consta do processo E-07/203471/8, N° CECA/NF 00132772 em 26/11/2008, multa de R\$ 33.000.000,00 (trinta e três milhões de reais) (BRASIL, 2008). A multa foi aplicada, cientificando a empresa de que a recuperação do meio ambiente, e a descontaminação da área degradada deverão ser feitas utilizando recursos próprios, conforme previsto em lei (BRASIL, 2000).

Sobre a possibilidade de coexistência de sanções civis e administrativas Ferraresi (2010) esclarece:

“As esferas são independentes e autônomas. Nada impediria, então, a responsabilização em ambas as áreas. Assim, de uma mesma conduta em descompasso com as normas supra individuais, permite-se a aplicação de uma multa administrativa, sem prejuízo da preocupação de recuperar a área ou evitar a prática de uma conduta poluidora. No primeiro caso a reprimenda administrativa decorreria da atuação dos órgãos responsáveis, exercendo o poder de polícia, enquanto a obrigação de recompor ou restaurar o dano decorreria de ajuste firmado com os órgãos públicos legitimados a esse mister – responsabilidade civil, portanto. Com efeito, o que se quer evidenciar é que no ajuste de conduta o obrigado assume o cumprimento de obrigações para

afastar a incidência do que se convencionou chamar de responsabilidade civil e não administrativa”.

Através da atuação conjunta entre os Ministérios Público Federal e Estadual, foi instaurado Inquérito Civil (IC) sob o nº. 1.30.008.000123/2008-48.

Em 12 de janeiro de 2009, houve a fusão da FEEMA pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (BRASIL, 2007). A empresa Servatis S.A., celebrou em 14 de setembro de 2009 um contrato com o INEA, visando a recuperação da fauna ictiológica nativa na calha do Rio Paraíba do Sul no trecho influenciado pelo vazamento do endosulfan, e em 02 de setembro de 2009, também visando a recuperação do Rio Paraíba do Sul, firmou um contrato com a Associação de Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul (BRASIL, 2008).

A extensão dos danos ocasionados motivou imediatamente a propositura de Ação Civil Pública, cujo valor da causa foi atribuído em R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais). Instruída com pedido liminar, concedido em 19/12/2008, a liminar teve por objetivo proibir a empresa de alienar bens em valor superior a R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais), ou alternativamente, para que oferecesse como garantia idônea àquele juízo, no valor de R\$ 10.000.000, 00 (dez milhões de reais), através de depósito judicial.

Como já mencionado, a Ação Civil Pública teve início em dezembro de 2008, entretanto, foi formalizado administrativamente entre a empresa e o Estado do Rio de Janeiro um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) em 14 de setembro de 2009, portanto, nove meses após o ajuizamento da ação.

O Governo do Estado Rio de Janeiro, através da Secretaria do Ambiente, é parte legítima para firmar TAC, no entanto, o documento firmado não teve aquiescência e participação do Ministério Público, não obstante já estar em andamento a Ação Civil Pública, com liminar deferida em 2008.

Até 2011, não havia se registrado o cumprimento da liminar deferida em 2008. A decisão teve como escopo não alienar bens, e ainda, a faculdade de oferecer como garantia do juízo o valor de R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais).

Sob tais condições, o Ministério Público se manifestou em 2011 por cota, informando que tomou como referência a análise de balancetes apresentados pela empresa referente aos anos de 2006 e 2010, sendo constada a existência em nome da empresa, de aproximadamente quinhentos bens com valor acima de R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais) fato este que passou a formar o

convencimento do Magistrado no curso da Ação Civil Pública, resultando na suspensão da referida liminar.

Em 03/12/2014, seis anos após o acidente, a empresa Servatis S.A., entrou com pedido de Recuperação Judicial (BRASIL, 2014).

Em juízo, o Ministério Público convolou o TAC celebrado entre a empresa e o Estado do Rio de Janeiro, em novo instrumento de ajuste, o qual foi homologando em 12 de fevereiro de 2016, julgando a Ação Civil Pública extinta, com julgamento de mérito, valendo esclarecer que a falência da empresa foi decretada em 08 de janeiro de 2018, conforme sentença juntada nos autos da Ação Civil Pública às fls., 1508, porém, foi comunicado ao Juízo da Ação Civil Pública somente seis meses após a prolação da decisão.

Atendendo a solicitação do Ministério Público, o Grupo de Apoio Técnico Especializado (GATE) concluiu em 26 de abril de 2017, após a homologação do TAC e sentença, que a documentação apresentada pela empresa era insuficiente para a avaliação do cumprimento do TAC, sendo informado, que seguirá com a fiscalização pelo cumprimento integral do deste TAC (BRASIL, 2008).

Os autos da Ação Civil Pública, sem o efetivo cumprimento integral do TAC se encontra na central de arquivamento desde 13

de agosto de 2019, conforme consta do andamento processual em consulta realizada no site do Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro.

Considerações Finais

A Ação Civil Pública teve seu trâmite normal, sem qualquer vício ou irregularidade processual, entretanto, a falta de cumprimento da liminar por mais de anos, comprometeu a segurança jurídica e processual. Os documentos colacionados ao processo demonstram que o TAC prossegue até o momento, sem a chancela de cumprimento pelo Ministério Público, e a falência decretada pela empresa compromete a execução do TAC. A celebração do primeiro TAC entre o Estado do Rio de Janeiro e a empresa, que se deu administrativamente e sem a participação do Ministério Público, deverá ser considerado um aspecto negativo, pois o lapso temporal para a homologação em juízo se deu oito anos após o ajuizamento da Ação Civil Pública, comprometendo, portanto, a maior parte das ações que objetivavam mitigar os impactos causados por esta catástrofe. A multa de 33 milhões deveria ter sido mantida como penalidade administrativa, ou seja, divorciada da obrigação de reparação do dano civil, conforme determina a legislação. Não houve efetividade na celebração do TAC que

deveria ter sido um instrumento de resultado prático para a reparação dos danos causados. A formalização de TAC administrativo, sem a participação do Ministério Público, como se deu no presente caso, não é medida recomendável para acidentes de grande proporção.

Mesmo com a proibição do endossulfan, concentrações deste agrotóxico ainda são detectadas em águas conforme apresentado no presente trabalho. Embora tenha ocorrido uma grande discussão do acidente na época da tragédia, ainda é importante disseminar a comunidade científica e a toda população a presença deste composto nas águas da bacia. Ressalta-se que a coleta e o tratamento de esgoto sanitário na cidade onde se encontra a Barragem Santa Cecília – local de transposição do Rio Paraíba do Sul, são precários, o que atenua a gravidade para a captação e transposição desta água tendo em vista a modificação das características da água do Rio Paraíba do Sul. Destaca-se a necessidade de investimentos em sistemas de tratamento de esgoto nesta região.

Referências

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Nota Técnica - Reavaliação Toxicológica do Ingrediente ativo Endossulfan,**

2009. Disponível em: <http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B27695-1-0%5D.PDF>. Acesso em: 21 dez 2019.

A PUBLICA. **“Coquetel” com 27 agrotóxicos foi achado na água de 1 em cada 4 municípios**, 2019. Disponível em: <https://apublica.org/2019/04/coquetel-com-27-agrotoxicos-foi-achado-na-agua-de-1-em-cada-4-municipios-consulte-o-seu/>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ARAÚJO, L.M.N., CAVALCANTE, E.C., DOS SANTOS, M.V.C. **Avaliação do regime fluvial do rio Piraí condicionado pela transposição de vazões**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande – MS, 2009.

BRASIL. **Lei 3.467 de, 14 de setembro de 2000**. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/f6e323ae55f376bf03256960006a0dde?OpenDocument>. Acesso em 17 dez.2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em 16 dez. 2019.

BRASIL. **Decreto Federal nº 6.591 de, 1º de outubro de 2008**. Altera a denominação do Comitê instituído pelo Decreto nº 1.842, de 22 de março de 1996, e acresce parágrafo único ao seu art. 1º. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6591.htm. Acesso em 17 dez.2019.

BRASIL. **Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro. Processo nº 0012091-07.2008.8.19.0045**, 2008. Disponível em <http://www4.tjrj.jus.br/ConsultaUnificada/consulta.do>. Acesso em 17 dez.2019.

BRASIL. Decreto nº 41.628 de 12 de janeiro de 2009. **Estabelece a estrutura organizacional do Instituto Estadual do Ambiente – INEA., criado pela Lei nº 5.101, de 04 de outubro de 2007.** Disponível em: <<https://www.comiteguandu.org.br/legislacoes/decretos/Decreto-41628.pdf>>. Acesso em 19 dez. 2019.

BRASIL. Lei nº. 5.622, de 22 de dezembro de 2009. **Proíbe a utilização, produção, distribuição e comercialização do produto endosulfan no estado do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/91821519438b6c87832576a1005d22f3?OpenDocument&Highlight=0,5622>>. Acesso em 17 dez. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: Diário Oficial União Nº 249, dezembro 2009, p 81-84. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 20 dez 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 430/2011. Diário Oficial da União, 2011.**

BRASIL. Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro. **Processo nº 0014118-50.2014.8.19.0045,** 2014. Disponível em <<http://www4.tjrj.jus.br/ConsultaUnificada/consulta.do>>. Acesso em 17 dez 2019.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Agrotóxico endosulfan será banido do Brasil,** 2011. Disponível em:

<<https://www.mma.gov.br/informma/item/7020-agrotoxico-endosulfan-sera-banido-do-brasil>>. Acesso em: 17 dez. 2019.

CETESB - **Ficha de Informação Toxicológica**, 2017. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Endossulfam.pdf>>. Acesso em: 21 dez 2019.

CNRH. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos Divisão estabelecida pela Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003**. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/legislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>. Acesso em 16 dez. 2019.

DEBLONDE, T., COSSU-LEGUILLE, C., & HARTEMANN, P. **Emerging pollutants in wastewater: a review of the literature**. International journal of hygiene and environmental health, 2011.

FAO/WHO. Endosulfan. In: **1982 Evaluations of some pesticide residues in food**. Rome Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1983.

FERRARESI, E. **Inquérito Civil**. Ed. Forense. V1, 120p, 2010. Rio de Janeiro.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Relatório de acidentes ambientais**, 2007. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 21 dez 2019.

IBGE - **Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 17 dez. 2019.

JÚNIOR, J.D.P, de SOUZA, M. RODY, BERNSTEIN, A. **Poluentes Emergentes na Água: Mega desastre Ecológico com Endossulfan no Rio Paraíba do Sul - Resende/RJ**, 2013 Disponível em: <<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/meioambiente/0039.html>> Acesso em 20 de dezembro de 2019.

KENNEDY, I. R. *et al.* **Off-site movement of endosulfan from irrigated cotton in New South Wales.** Journal of Environmental Quality, v. 30, n. 3, p. 683-696, 2001.

LEONARD, A. W.; HYNE, R. V.; LIM, R. P.; LEIGH, K. A.; Le, J.; BECKETT, R. **Fate and toxicity of endosulfan in Namoi River water and bottom sediment.** Journal of Environmental Quality, v.30, p.750-759, 2001.

MENEZES, R. G.; QADIR, T.F.; MOIN, A.; SYED, F. H.; HUSSAIN, A.; MADADIN, M. M.; PASHA, S. B.; RUBAISH, F. A.A.; SENTHILKUMARAN, R. S. **Endosulfan poisoning: An overview.** Journal of Forensic and Legal Medicine. v. 51, p. 27-33, 2017.

MUZARDO, Gabriela Andriollo; GRACIANI, Fernanda Silva. **Impacto Ambiental de Pesticidas Organoclorados: Dieldrin, Endrin e Endosulfan.** Revista ESPACIOS | Vol. 36 (Nº 06) Año 2015, 2015.

SCORZA JÚNIOR, Rômulo P.; FRANCO, André A.; MORAES, Leila CK. **Persistência de endossulfam e seu metabólito sulfato de endossulfam em condições de campo e laboratório.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 7, p. 756-762, 2013.

SILVA, P. J.; OLIVEIRA, S. A. **Monitoramento do Endosulfan nas Águas do Rio Paraíba Do Sul e sua Relação com o Abastecimento Humano: Um Estudo de Caso.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande – MS, 2009.

US EPA - **United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances,** Washington, DC, 2007.

VIANA, V. J. **Riscos Ambientais associados ao transporte de produtos perigosos na área de Influência da ETA Guandu-RJ.**

Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental), UERJ, Rio de Janeiro, 2009.

Sobre os Autores

Dulcinéa Peixoto Nelson

Graduada em Direito pela Sociedade Barramansense de Ensino Superior - SOBEU (1986), possui extensão de formação em Educação Inclusiva pela Vindas Educação Internacional pela Escola Piaget em Portugal (2013). Pós Graduada em Álcool e Drogas pela Centro Universitário Salesiano de São Paulo UNISAL/CAMPINAS (2015), Especialista em Direito e Saúde pela Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Departamento de Direitos Humanos e Diversidade Cultural DISH/ENSP/FIOCRUZ (2018), mestranda do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras (UNIV). Exerce atualmente advocacia, com maior ênfase em Direito Criminal e Defesas em Tribunal do Júri.

Elisa Barbosa Marra

Engenheira Química pela Universidade de Vassouras (2019). Diretora da Divisão de Laboratório na Prefeitura Municipal de Barra do Piraí.

Greiciane França Bronzato

Mestrado (2014) e Doutorado em Ciências Veterinárias (2018) pela UFRRJ. Graduação em Ciências Biológicas (2011) pela Universidade de Vassouras, antiga Universidade Severino Sombra. Professora e pesquisadora na Universidade de Vassouras nos cursos de Medicina Veterinária e Odontologia na graduação e no Mestrado profissional

em Diagnóstico em Medicina Veterinária e Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ (2015). Mestrado em Engenharia Química pela UFRRJ (2009). Graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras (2006). Professora e Pesquisadora na Universidade de Vassouras nos cursos de Engenharia Química e do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

Capítulo 11 - Aplicação da modelagem matemática para estudo da concentração de nitrogênio na microbacia do Rio das Mortes - Vassouras (RJ) utilizando o modelo QUAL-UFMG

Autores: Carolina Nunes Bastos Theodoro; Gabrielle Policarpo de Assis; Orlando dos Santos Pereira; Cristiane de Souza Siqueira

Resumo: As modelagens matemáticas utilizadas para simular a qualidade e o processo de autodepuração de corpos d'água são importantes ferramentas de auxílio à gestão dos recursos hídricos. O presente capítulo teve como objetivo demonstrar a aplicação da modelagem matemática para estudo da concentração de nitrogênio na microbacia do Rio das Mortes localizado na cidade de Vassouras (RJ) utilizando o Modelo QUAL-UFMG para avaliar a qualidade do rio com relação ao aporte de nitrogênio no mesmo. A partir dos resultados obtidos através da modelagem matemática destacou-se a quantidade excessiva de nitrato presente e para os demais parâmetros analisados, obteve-se um resultado equivalente quando comparado a análise experimental. Porém as análises realizadas para nitrogênio amoniacal demonstraram resultados acima dos pré-estabelecidos pelo órgão regulamentador.

Palavras-chave: Autodepuração; nitrato; qualidade da água; recursos hídricos.

Introdução

A qualidade da água é decorrente de fenômenos da natureza e do comportamento humano. De modo geral, pode-se referir à qualidade de uma dada água como sendo função das condições naturais, da utilização e da apropriação do solo em uma bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005).

Das diversas formas de nitrogênio presentes na natureza, o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato podem ser motivo para a água sofrer um decaimento na sua qualidade (RESENDE, 2020). São variadas as procedências do nitrogênio para os corpos hídricos, sendo uma das principais o despejo de esgotos sanitários e efluentes industriais. Segundo a Agência Nacional de Águas, em áreas agrícolas o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio.

Em meio aos mecanismos de gerenciamento de recursos hídricos dispostos na Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, encontram-se o poder sobre a cobrança por seu uso e os direitos de aplicação da água, onde o governo é responsável pela permissão ou autorização do

uso ou derivação de um determinado volume, de manancial subterrâneo ou superficial, sendo disposta para uma ou mais destinações, detendo do objetivo de uma boa qualidade de uso, certificando-se do controle quantitativo e obtendo o direito de acesso a todos de uma água com total qualidade (TEODORO *et al.*, 2013).

O artigo 2º da Resolução do CONAMA nº 357/05, revogada pela Resolução CONAMA nº 430/11 (BRASIL, 2011), determinam valores máximos de poluentes para os rios sem o comprometimento da qualidade da água. Esses normativos legais englobam características químicas, físicas e biológicas a fim de garantir a sobrevivência de organismos.

A característica do ambiente aquático pode ser determinada através de modelos ambientais, estes objetivam representar a realidade tal como é observada ou medida e, por isso, dificilmente conseguem representar toda a complexidade das múltiplas interações nos sistemas ambientais, várias delas não mesuráveis ou quantificáveis (VON SPERLING, 2007).

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N₂), escapando para atmosfera, nitrogênio orgânico

(dissolvido e em suspensão), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Em um curso d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgotos a montante (VON SPERLING, 2014).

O nitrito é produto da reação de oxidação biológica do nitrogênio amoniacal, onde as bactérias do gênero *Nitrosomonas* são usualmente responsáveis por essa conversão. O nitrito também sofre oxidação, geralmente realizada por bactérias do gênero *Nitrobacter*, sendo convertido a nitrato, completando o processo de nitrificação (SILVA, 2007). Segundo Zoppas *et al.* (2012), o excesso de nitrato presente em águas representa um grande risco para a saúde, afinal o NO_3 pode ser reduzido a NO_2 , este processo se combina com a hemoglobina do sangue, causando a meta-hemoglobinemia (síndrome do bebê azul) em recém-nascidos e também em adultos que possuam alguma deficiência enzimática, em particular.

A quantidade de nitrito deve também ser controlada devido à possível formação de nitrosaminas carcinogênicas, pela sua reação com aminas secundárias presentes no estômago de mamíferos (ZOPPAS *et al.*, 2012).

A modelagem matemática para a qualificação da água é utilizada como ferramenta para o controle de recursos hídricos, onde a escolha do modelo a ser adotado é importante devido às características do meio, pois o mesmo deve ser capaz de realizar simulações dentro de diferentes cenários de desenvolvimento da bacia a partir dos dados de monitoramento onde são realizados seus ajustes. Após tais serem realizados mediante a situação encontrada é realizada uma concentração de esforços de planejamento e um novo posicionamento perante a bacia estudada (TEODORO *et al.*, 2013).

Segundo Perin (2013), existem diferentes modelos matemáticos para simulação de corpos d'água, sendo o primeiro desenvolvido no ano de 1925 por Streeter e Phelps e que ao longo do tempo foi aprimorado, tornando-se hoje um modelo muito aplicado na modelagem matemática da qualidade da água dos rios. A partir do modelo de *Streeter e Phelps*, novos modelos foram desenvolvidos como, por exemplo, o Modelo QUAL2-E, elaborado pela *US Environmental Protection Agency (USEPA)*. O modelo simula ambientes nos regimes permanentes e dinâmicos, onde para o regime permanente a simulação é aplicada para o lançamento de esgoto na qualidade da água e a identificação de características de qualidade da fonte não pontual de despejos. No

regime dinâmico, tal simulação é aplicada para analisar a variação de oxigênio dissolvido durante o dia a partir da fotossíntese realizada pelas algas.

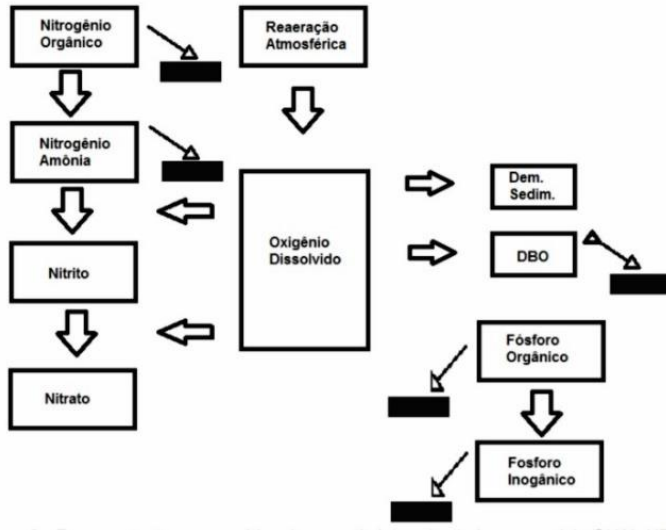
O modelo matemático aplicado no presente trabalho e que também merece destaque é o modelo QUAL-UFMG, desenvolvido por Von Sperling (2007). O modelo é uma adaptação do Modelo QUAL2-E objetivando a possibilidade da modelagem de rios, com uma simulação rápida e simples dos seguintes parâmetros (TONON, 2014):

- Demanda bioquímica de oxigênio;
- Oxigênio dissolvido;
- Nitrogênio total e sua fração orgânica, amoniacal, nitrito e nitrato;
- Fósforo total e suas frações orgânicas e inorgânicas;
- Coliformes termotolerantes (fecais) ou *E. coli*.

O modelo QUAL-UFMG já foi utilizado para simulações de diversos cenários para cursos d'água componentes do Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Por deter um fácil manuseio e também sua simples interface, tendo gráficos gerados, e por estar na língua portuguesa, o modelo está apto para a utilização em grande parte das aplicações propostas. Após serem adicionados ao sistema, os

resultados são facilmente visualizados através de gráficos contidos no programa (PERIN, 2013). A Figura 1 apresenta as principais semelhanças entre os constituintes modelados.

Figura 1- Representação dos constituintes do simulador QUAL-UFMG.



Fonte: PERIN, 2013.

O modelo QUAL-UFMG já foi empregado em estudos de diferentes bacias hidrográficas no Brasil. Gomes *et al.* (2018) realizaram um estudo desenvolvendo uma modelagem sazonal da qualidade da água do Rio dos Sinos, no estado do Rio Grande do Sul, utilizando o modelo QUAL-UFMG. Em concordância com os autores, a utilização do modelo matemático QUAL-UFMG para análise da qualidade da água do Rio dos Sinos se mostrou

adequada, visto que ocorreu uma similaridade entre os dados contatados e a curva simulada no processo de calibração para as variáveis DBO, P_{total} e N_{total} sendo o modelo considerado aceitável.

Costa e Teixeira (2010) também utilizaram o modelo QUAL-UFMG para avaliar o Ribeirão do Ouro, em Araraquara, no estado de São Paulo. Como resultado, foi obtido um bom ajuste entre o modelo e os dados experimentais, devido aos parâmetros de calibração.

As simplificações na execução do modelo QUAL-UFMG comparado ao QUAL2-E abrangem a desconsideração da dispersão longitudinal e a integração numérica através do método de Euler, além de não incluir a modelagem de algas e todas suas inter-relações com os demais constituintes. A utilização do programa pode ser realizada também através de planilhas de Excel, são elas: *FórmulasCoefic*, *DiagramaUnifilar*, *RioPrincipal* e *Tributario1* (VON SPERLING, 2007). Tal modelo não considera cálculos de vazão de diluição e balanço quali-quantitativo. Entretanto, conceituando apenas o nitrogênio nas águas o presente capítulo teve como objetivo a modelagem da concentração de Nitrogênio presente nas águas do Rio das Mortes utilizando o modelo matemático QUAL-UFMG.

Metodologia

Foram coletadas quatro amostras de água em quatro diferentes pontos do Rio das Mortes, em um trecho de 6 Km ao longo do município de Vassouras até sua foz em Barão de Vassouras. A Figura 2 apresenta as coletas realizadas.

Figura 2- Coleta das amostras para a realização do estudo.



Fonte: Autores.

A Tabela 1 apresenta a extensão analisada, que possui distâncias variáveis entre os quatro pontos de coleta do estudo.

Ponto 1 (ponto de início) é a área com o nível mais alto de recebimento de despejos residuais e esco a céu aberto. O Ponto 2, se refere a uma área intermediária no bairro do Matadouro, ainda em área urbana. Também neste ponto, foi observado o despejo in

natura de efluentes domésticos, caracterizados pela presença de espuma, e também foi constatada a presença de sacolas contendo resíduos sólidos.

Tabela 1 – Distâncias entre os pontos estudados ao longo do Rio das Mortes.

Pontos	Distância (m)
1 ao 2	1364,95
2 ao 3	1906,34
3 ao 4	2755,2

Fonte: Autores, 2020.

O Ponto 3 está localizado em uma área privada, caracterizada como uma zona de pastagem. Em vista disso, esse ponto tem uma grande colaboração com o despejo de cargas difusas. O Ponto 4, é a área de deságue do Rio das Mortes, no qual encontra-se com o Rio Paraíba do Sul.

No desenvolvimento da modelagem utilizou-se uma metodologia mais simplificada, baseando-se apenas nos principais processos de conversão como, amonificação (conversão de nitrogênio orgânico em amônia) e a oxidação do nitrato em nitrito. As equações abaixo pertencem a modelagem de nitrogênio adotada.

- Nitrogênio Orgânico (Equação 1):

$$N_{org} = N_{org0} \cdot e^{-(K_{oa}+K_{so}).t} \quad (1)$$

- Nitrato (Equação 2):

$$N_{nitra} = N_{nitra0} \cdot e^{K_{nn}.t} \quad (2)$$

- Amônia (Equação 3):

$$N_{am} = \frac{K_{oa} \cdot N_{org} + \frac{S_{N_{amon}}}{H}}{K_{an}} + C \cdot e^{-k_{an}.t} \quad (3)$$

- Nitrito (Equação 4):

$$N_{nitri} = \frac{K_{an} \cdot N_{an}}{K_{nn}} + C \cdot e^{-K_{nn}.t} \quad (4)$$

Os resultados obtidos através das equações acima permitem o cálculo de nitrogênio total através da Equação 5.

$$N_{tot} = N_{org} + N_{nitra} + N_{am} + N_{nitri}$$

(5)

Onde:

N_{org} = Nitrogênio Orgânico (mg/L);

N_{org0} = Nitrogênio Orgânico (mg/L);

K_{oa} = Coeficiente de Conversão do Nitrogênio Orgânico a Amônia;

K_{so} = coeficiente de sedimentação do N orgânico;

t = tempo (dias);

N_{nitra} = Nitrato (mg/L);

N_{nitra0} = Nitrato Inicial (mg/L);

K_{nn} = Coeficiente de Conversão do Nitrito a Nitrato;

N_{am} = Amônia (mg/L);

K_{oa} = Coeficiente de Conversão do Nitrogênio Orgânico a Amônia;

N_{org} = Nitrogênio Orgânico (mg/L);

S_{Namon} = Fluxo de Liberação de Amônia pelo Sedimento de fundo;

C = Constante da Integral;

H = Profundidade (m);

K_{an} = Coeficiente de Conversão da Amônia a Nitrito.

N_{tot} = Nitrogênio total

Para aplicação do modelo e desenvolvimento da modelagem do perfil de concentração do nitrogênio, foram empregados os seguintes coeficientes apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes utilizados para realização dos cálculos.

Símbolo	Faixa de valores aceitas pelo QUAL-UFMG	Adotado
K_{nitrOD}	0 a 1	0,6
K_{oa}	0,02 a 0,40	0,4
K_{so}	0,001 a 0,1	0,1
K_{nn} (nia)	0,2 a 2	0,5
K_{an}	0,1 a 1	0,5
K_{nn} (nii)	0,2 a 2	2

Fonte: Autores, 2020.

A Tabela 3 apresenta os dados de concentração inicial admitidos para desenvolvimento do modelo obtidos a partir da média dos

resultados experimentais. As análises foram realizadas em um laboratório credenciado da região.

Tabela 3 – Média de dados coletados.

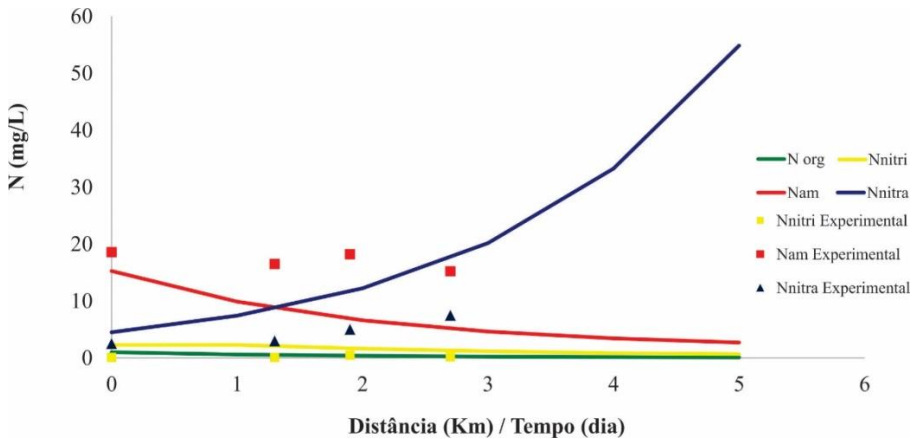
Símbolo	Média Adotada
N_{org0}	1
N_{nitra0}	4,5
N_{am}	17,125

Fonte: Autores.

A partir da coleta de amostras de água do Rio das Mortes e a realização cálculos utilizando as equações de modelagem do nitrogênio descritas acima, pode-se obter os seguintes resultados em função do tempo (6 dias) como apresentado no Gráfico 1.

Observando o Gráfico 1, pode-se constatar que no decorrer do tempo o N_{nitra} apresenta um aumento significativo. Os demais parâmetros analisados apresentam um decaimento ao longo do tempo e da distância analisada. Observa-se também que a quantidade de N_{org} presente nas amostras é mínima.

Gráfico 1 – Resultados obtidos através de cálculos realizados.



Fonte: Autores, 2020.

O aumento da concentração de nitrato ao longo do trecho estudado, pode ser indicada por interferência da contribuição incremental devido ao uso do solo da bacia e por esta ser predominantemente agrícola, conforme apresentado nos estudos realizados por Marra *et al.* (2019), que realizou um estudo estimativo para diversos parâmetros, incluindo nitrogênio através de modelos matemáticos de correlação e uso do solo e qualidade da água MQUAL 2.0 e MQUAL 1.0.

Quando comparados os resultados obtidos por meio de análise com os padrões determinados pelo CONAMA nº 430/11 (BRASIL, 2011), que são 3,7 mgL⁻¹ para nitrogênio amoniacal, 10 mgL⁻¹ para

nitrato e 1,0 mgL⁻¹ para nitrito, observou-se que a quantidade de nitrato e nitrito atendem aos parâmetros estabelecidos, já o nitrogênio amoniacal apresentou expressiva diferença. Silva (2007) cita que esse aumento de concentração tanto de nitrogênio amoniacal quanto o de nitrato está relacionado ao cenário da população que deposita esgoto no rio.

Tonon (2014) analisou a bacia do Rio Lambari, em Poços de Caldas (MG). Os autores utilizaram dois modelos para calibrar as variáveis da qualidade da água, o modelo tradicional de *Streeter-Phelps* e o modelo QUAL-UFMG e a calibração dos dois modelos apresentou resultados aceitáveis, segundo os autores. Os autores destacaram também que os instrumentos para simular os processos de autodepuração dos corpos hídricos empregadas, como o modelo de *Streeter-Phelps* e QUAL-UFMG, demonstram ser úteis para tomadas de decisão nos planos de gestão de recursos hídricos.

Reis *et al.* (2016) aplicaram a mesma modelagem para o final do Rio Piracicaba, importante curso d'água do Rio Doce e para o esgoto doméstico dentro desta mesma área, levando em conta a vazão do rio, obtendo resultado nulo para presença de nitrato e nitrito no esgoto e quando analisou o rio encontrou resultados satisfatórios, pois estavam dentro dos parâmetros determinados

pelo órgão vigente. Porém, para nitrogênio orgânico e amoniacal obteve resultados variados para o esgoto, entre 15 e 30 mg/L e 20 e 40 mg/L respectivamente, quando realizada simulação, onde tal resultado interferiu quando a mesma foi aplicada no rio numa vazão em condições de estiagem. Contudo, quando aplicada a simulação para uma vazão média, os valores obtidos para nitrogênio orgânico e a amoniacal estão dentro deste padrão pré-estabelecido.

Utilizando o software MatLab, Sá (2018) baseou-se nas fórmulas matemáticas do modelo QUAL-UFMG associado ao algoritmo Genérico para quantificar o nitrogênio e posteriormente remover os poluentes presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (ES), obtendo-se resultados para nitrato e nitrito aceitáveis e acima do padrão para nitrogênio orgânico e amoniacal sendo necessário o tratamento das águas.

Ainda que o modelo QUAL-UFMG não leve em consideração as algas em sua modelagem, vale ressaltar que nitrogênio amoniacal e nitrato são mais facilmente assimilados por algas e plantas aquáticas, fazendo dele um fator de mudança no resultado final (SILVA, 2007). Porém, Von Sperling (2005) cita que as algas são mais importantes na simulação de ambientes lênticos, o que não ocorre no presente trabalho devido ao fato de ser uma análise

realizada em um rio, onde foi levado em consideração apenas a quantificação de nitrogênio.

Considerações Finais

A partir dos dados obtidos através de análise e cálculos realizados para modelagem matemática por meio do modelo QUAL-UFMG para estudo da qualidade das águas do Rio das Mortes, localizado na cidade de Vassouras, observou-se um aumento significativo de nitrato presentes no curso da água, diferentemente dos demais parâmetros que sofreram decaimento.

Os resultados obtidos quando comparados com a CONAMA nº 430/11 (BRASIL, 2011), demonstraram estar dentro dos limites permitidos para consumo apenas os parâmetros de Nnitra e Nnitri.

O modelo QUAL-UFMG detém de vantagens quando comparado aos demais modelos devido sua facilidade de manuseio, sem complexação de coeficientes, entre outros e mesmo assim mostrou total eficiência e satisfatoriedade nos resultados obtidos, validando assim, as análises realizadas além de criar uma perspectiva para futuros trabalhos.

Referência

COSTA, Daniel Jadyr Leite; TEIXEIRA, Denilson. Aplicação de modelo de autodepuração para avaliação da qualidade da água do Ribeirão do Ouro, Araraquara-SP. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 13, n. 1, p. 49-62, 2010.

GOMES, Sara Helena Raupp *et al.* Modelagem sazonal da qualidade da água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFG. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 23, n. 2, p. 275-285, 2018.

MARQUES SILVA, Nayana Grasielle *et al.* **Modelagem da qualidade da água no trecho de vazão reduzida (TVR) do aproveitamento hidrelétrico de Capim Branco I do Rio Araguari-MG. Modelagem da qualidade da água no trecho de vazão reduzida (TVR) do aproveitamento hidrelétrico de Capim Branco I do Rio Araguari-MG, Belo Horizonte**, ano 2007. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, p. 1-125.

MARRA, E. B.; JUNIOR, J. A. M.; AGUIAR, M. O. A. F.; PEREIRA, O. S.; PEREIRA, C. S. S. Avaliação da contribuição de cargas difusas na microbacia do rio das mortes utilizando modelos matemáticos de correlação uso do solo e qualidade de água. Congresso **Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, [S. l.], p. 1-6, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 430/11, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente**. [S. l.], p. 1-9, 2011.

MIRANDA ZOPPAS, Fernanda *et al.* Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. Parâmetros operacionais na remoção

biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea, Rio de Janeiro, ano 2016, v. 21, n. 1, p. 1-42, 2016.

PERIN, Lucas Tupiná. **Uso do modelo QUAL-UFMG no estudo da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do Rio km119 - Campo Mourão-PR, Campo Mourão**, ano 2013. Coordenação de Engenharia Ambiental, p. 1-54.

REIS, Jose Antonio Tosta dos; SOUZA, Liziane de Lima; CAIADO, Marco Aurélio Costa; DA SILVA, Tatiana Candeia. Avaliação da capacidade de assimilação de compostos de nitrogênio em rios a partir da aplicação de modelo matemático de qualidade de água. **26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], p. 1-15, 2016.

TEODORO, Anderson *et al.* Implementação do conceito Capacidade de Diluição de Efluente no modelo de qualidade da água QUAL-UFMG: estudo de caso no Rio Taquarizinho (MS). Implementação do conceito Capacidade de Diluição de Efluente no modelo de qualidade da água QUAL-UFMG: estudo de caso no Rio Taquarizinho (MS), Campo Grande, ano 2013, v. 18, n. 3, p. 1-288.

TONON, Kesse. **Modelagem da qualidade da água utilizando os modelos Streeter-Phelps E QUAL-UFMG na bacia Do Rio Lambari - Poços De Caldas (MG)**. Dissertação de Mestrado, [S. l.], p. 1-168, 2014.

RESENDE, Álvaro Vilela de. Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato. Agricultura e Qualidade da Água: **Contaminação da Água por Nitrato, Planaltina**, n. 1, p. 1-29, 2002.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade de água de rios. 2. ed. atual. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 592 p. v. 7.** ISBN 978-85-423-0080-2.

Sobre os autores

Carolina Nunes Bastos Theodoro – Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras. Integrante de Projetos de Pesquisa relacionados Modelagem Matemática da autodepuração e estimativa da carga de poluição difusa de nitrogênio e fósforo no Rio das Mortes, Vassouras/RJ. Estagiária na Prefeitura Municipal de Miguel Pereira/RJ, responsável pelo monitoramento da qualidade da água de abastecimento do município de Miguel Pereira.

Gabrielle Policarpo de Assis – Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras. Integrante de Projetos de Pesquisa relacionados Modelagem matemática da autodepuração e estimativa da carga de poluição difusa de nitrogênio e fósforo no Rio das Mortes, Vassouras/RJ e Biocombustíveis e Bioprocessos: levantamento de dados experimentais, modelagem termodinâmica e simulação. Estagiária da Cerveja Escola da Universidade de Vassouras.

Orlando dos Santos Pereira – Professor de Departamento de Matemática da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Possui Doutorado em Matemática pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006). Mestrado em Matemática pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002). Graduação em Bacharelado em Matemática pela Universidade Federal de Viçosa (1999).

Cristiane de Souza Siqueira Pereira - Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Possui Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras.

Capítulo 12 – Análise técnica e econômica da unidade semi-piloto de produção de biodiesel da Universidade de Vassouras: Avaliação do uso do óleo de fritura como matéria prima

Autores: Janaina Martins Theodoro; Sandro Pereira Ribeiro; Miguel Rascado Fraguas Neto; Gabriel Alves de Souza Gonçalves; Marisa Fernandes Mendes; Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Resumo: A utilização de óleo residual para produção de biodiesel apresenta inúmeras vantagens ambientais e econômicas, uma vez que é comumente descartado de forma incorreta, gerando impactos negativos nos recursos hídricos e à saúde humana, e possui baixo valor agregado. Para o desenvolvimento de um projeto de produção de combustíveis em escala industrial, é necessário, primeiramente, avaliar sua viabilidade técnica, ambiental e econômica através de experimentos laboratoriais e modelagem computacional. Sendo assim, o presente capítulo tem como objetivo prever a rentabilidade do processo produtivo do biodiesel na unidade semi-piloto presente na Universidade de Vassouras. Para isso, foi empregado o uso do simulador comercial SuperPro Designer® para avaliar o custo de produção do biocombustível a partir da transesterificação homogênea básica de 3 L de óleo de soja residual, catalisada pelo hidróxido de potássio.

O custo unitário para a produção de biodiesel foi de \$40,64/kg e o valor de venda de \$53,00/kg. Para análise do efeito do custo de produção e venda do biodiesel, foi realizado um *scale-up* da unidade real com o aumento de 100 vezes da alimentação. Nessas condições, o simulador determinou o custo unitário de produção, equivalente US\$3,68/kg e o preço de venda mínimo US\$4,00/kg, preço este 93% inferior ao da produção com 3 L de óleo. A escala de produção é um dos principais fatores que devem ser analisados para realização de um planejamento de usinas de produção de biocombustíveis, e escalas muito pequenas podem tornar o custo de produção muito elevado, inviabilizando as produções.

Palavras-chave: Simulação de processos; biocombustível; análise econômica, Superpro Designer.

Introdução

Devido à grande demanda energética no mundo causada pelos avanços tecnológicos e crescimento populacional, faz-se necessárias buscas por novas fontes renováveis de energia para substituição dos combustíveis fósseis. Por sua vez, o biodiesel é um biocombustível alternativo menos impactante ao meio ambiente e, comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, sua

utilização possui vantagens quanto ao ser renovável e a emitir menos poluentes para a atmosfera, principalmente o monóxido de carbono (CO), gás tóxico ao ser humano (GUARIEIRO *et al.*, 2011).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o biodiesel é classificado como um produto do processo de transesterificação alcalina ou ácida, sendo ela uma reação de um álcool primário com triglicerídeos, presentes nos óleos vegetais e animais, gerando éster (biodiesel) e glicerina (co-produto). Conforme a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, é obrigatória a inclusão do biodiesel ao óleo diesel para proporcionar a diminuição das emissões de gases poluentes, sendo que, atualmente, a porcentagem mínima de adição do biocombustível é de 11% e máxima de 15% (ANP, 2020a).

A produção de biodiesel no Brasil tem seu destaque devido sua privilegiada localização geográfica, com o clima tropical que permite o crescimento de variadas oleaginosas com potencial na produção desse biocombustível. De acordo com o Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de 2020, a porcentagem média das matérias-primas mais utilizadas na produção de biodiesel entre os anos 2010 a 2019 são 76,1% de óleo de soja, 2% de óleo de algodão, 16,5% de gordura

animal (porco, frango e bovina) e 5,4% de outros óleos (ANP, 2020b).

O óleo de soja residual de fritura é uma matéria prima com grande potencial na produção de biodiesel no Brasil, pois o mesmo é muito gerado nos processamentos domésticos, industriais e comerciais e possui baixo valor agregado. Seu uso para produção de biodiesel agrega valores ao meio ambiente, uma vez que descartado de forma incorreta impermeabiliza o solo, colocando em risco a vida de comunidades durante períodos mais intensos de chuva (SANTOS *et al.*, 2016 e TAKANAHSI, 2013).

Além disso, durante a decomposição do óleo é liberado o gás metano, gás incolor e inodoro, que colabora com o aquecimento global, causa danos à fauna e flora aquática e que quando contato com o ar atmosférico, apresenta um alto teor inflamável e explosivo (EMBRAPA AGROENERGIA, 2020).

Para o desenvolvimento de um projeto em escala industrial, como projetos para produção de biocombustíveis, é necessário avaliar, primeiramente, sua viabilidade técnica, ambiental e econômica através de experimentos laboratoriais e modelagem computacional (PETERS e TIMMERHAUS, 1991).

Nas indústrias, são empregados os simuladores de processos a fim de prever a rentabilidade da produção ao longo do tempo. Esses permitem estimar as condições de operação em diferentes cenários, disponibilizando uma rápida previsão da viabilidade do processo em busca de sua otimização e garantia da qualidade do produto (SOARES, 2018).

Diante disso, foi utilizado o simulador *Superpro Designer*® para desenvolvimento do presente trabalho, com o objetivo de avaliar o custo de produção de biodiesel na unidade semi-piloto presente na Universidade de Vassouras, a partir da transesterificação homogênea básica do óleo de soja residual catalisada pelo hidróxido de potássio (KOH).

Referencial teórico

Óleo residual de fritura

O óleo de fritura é utilizado diariamente nas casas, bares, restaurantes, lanchonetes e entre outros espaços para, principalmente, auxiliar na produção de alimentos. Porém, comumente seus impactos negativos ao meio ambiente, pelo descarte errôneo, passam despercebidos. Tais impactos ocasionados por este afetam o solo, as águas superficiais e subterrâneas, além de prejudicar o tratamento de água e esgoto

(MIGUEL, FRANCO, 2014; KUNZLER, SCHIRMANN, 2011; NETTO, 2010; SANN *et al.*, 2018).

De acordo com Sabesp (2013), um litro de óleo residual descartado no esgoto é capaz de poluir 10 mil litros de água, podendo chegar até 1 milhão de litros (quantidade equivalente ao uso de uma pessoa por 14 anos). Em função da forma incorreta de descarte, o custo de tratamento do esgoto encarece em cerca de 45%, além de comprometer a vida dos animais aquáticos pela camada de óleo criada sob a água, impedindo a incidência de luz e oxigênio na mesma (FERNANDES *et al.*, 2008).

Para a captação desse óleo, usualmente, são realizadas campanhas com apelo ambiental com o intuito de incentivar a doação ou a venda através das grandes geradoras, como: restaurantes, hotéis, lanchonetes, hospitais, escolas, padarias e residências através de pontos de coleta distribuídos pelo município. O processo é finalizado quando os recipientes de coleta nos estabelecimentos atingem o seu nível maior de volume para serem transportados até a planta industrial de produção de biodiesel (GUABIROBA, 2009).

Quanto ao impacto social gerado, pode ser exemplificado pelos benefícios da participação ativa do cidadão na tecnologia

científica, a fim de estreitar a relação da prática da ciência, cumprimento da cidadania e a prática sustentável através da reciclagem do óleo de fritura.

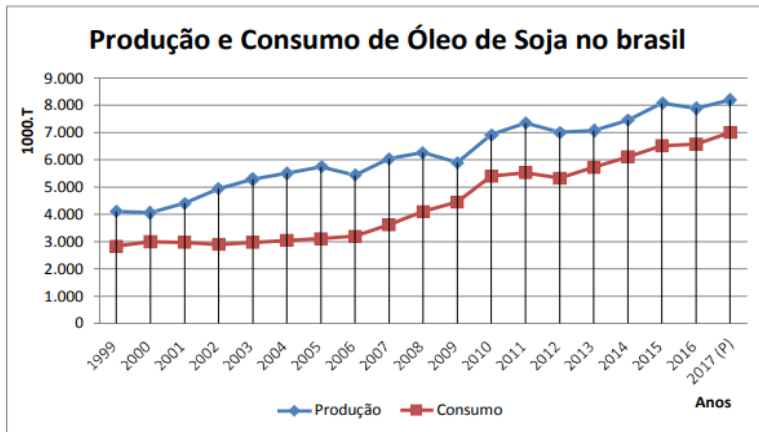
Conforme os estudos de Costa Neto *et al.* (2000), cálculos precisos e consistentes sobre o consumo e o descarte do óleo residual de fritura são de difícil obtenção, uma vez que, o tempo de utilização do óleo varia de um estabelecimento para outro, principalmente pela falta de legislação que determine a troca do óleo usado e pela grande diversidade de estabelecimentos que utilizam esses óleos.

No entanto, é possível realizar um levantamento estatístico médio ao decorrer dos anos. Dessa forma, de Caldas *et al.* (2018) apontaram em seu estudo que a produção de óleo de soja no Brasil é maior que o consumo, isso ocorre devido a porcentagem de exportação. O Gráfico 1 apresenta os parâmetros de produção do óleo (linha azul) e consumo (linha vermelha), no Brasil, ao longo dos anos de 1999 até o mês de agosto de 2017.

Ademais, dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) verificam que a produção de 88,2 milhões de litros de biodiesel em 2018 são oriundos de óleos e gorduras reaproveitados. Assim como evidenciam as análises estatísticas da JBS Biodiesel, na qual a taxa de reaproveitamento do óleo de

fritura usado para produção de biodiesel desta empresa está em 12,5%, o que corresponde a cerca de 32,5 milhões de litros de biodiesel fabricado a partir a reciclagem de óleo de fritura (BIODIESELBR, 2019).

Gráfico 1- Produção e consumo de óleo de soja no Brasil entre os anos de 1999 e 2017.



Fonte: de Caldas *et al.* (2018), adaptado da ABIOVE (2017).

O uso do óleo residual para produção do biodiesel apresenta inúmeras vantagens ambientais e econômicas, contribuindo na solução para o problema de equilíbrio entre a elevada geração de resíduos, descartados de forma incorreta, e a geração de energia limpa e renovável.

Simulação de Processos

Mediante a necessidade de contribuição para melhorias de processos, uma ferramenta chamada modelagem computacional fez-se útil e indispensável para tal etapa, com o uso de softwares responsáveis por simular as condições e resultados estudados. Portanto, tais simuladores podem ser descritos como programas computacionais que dispõem de reproduzir os processos já conhecidos da realidade em dados virtuais demonstrativos (SILVA *et al.*, 2011).

Além da versatilidade e amplitude das utilidades, há possibilidade de serem feitas modificações detalhadas em cada etapa ao longo do processo, realizar o dimensionamento dos equipamentos, avaliar economicamente os custos de operação, prever os impactos ambientais gerados por um processo e, através da previsão dos resultados obtidos por esses softwares, determinar a viabilidade da implantação de um projeto (BRITO, 2013 e GOSLING, 2005).

Entre os diversos simuladores de processos, os que mais se destacam para estudos acadêmicos são o *Hysys.Plant*®, *ChemCAD Aspen Plus*® e o *SuperPro Design*®. Segundo a *Intelligen Inc* (2020), o *SuperPro Designer*® é uma moderna e valiosa ferramenta utilizada por engenheiros e cientistas para desenvolvimento de

projetos, contando com mais de 140 operações unitárias e um extenso banco de dados de componentes químicos e misturas.

Presente em centenas de empresas no mundo, esse simulador é utilizado por indústrias farmacêuticas, alimentícias, de tratamento de águas residuais e controle de poluição do ar. Sua interface gráfica e interativa facilita a modelagem e, através do balanço mássico e energético, é possível a avaliação, otimização e custeamento dos processos.

Abreu (2013), com o auxílio do simulador *SuperPro Designer*®, avaliou o custo de produção de uma planta para síntese biodiesel através da transesterificação do óleo de soja catalisada por catalisador químico e enzimático. As análises foram baseadas em duas plantas, com os diferentes catalisadores, para uma produção com capacidade de 8000 ton/ano de biodiesel durante 10 anos. Ambos os processos obtiveram altos custos na produção, e dentre eles, o de menor custo total foi o processo catalizado pelo NaOH, a um custo unitário de R\$ 8,187/kg ao ano de biodiesel. Por outro lado, a reação enzimática obteve elevado custo devido ao uso da lipase, com o custo anual de produção do biodiesel de R\$116,096/kg.

De forma similar, Marchetti & Errazu (2008) utilizaram o *SuperPro Designer*® para análise econômica da produção de biodiesel a partir do 4550 kg/hr de óleo com elevado teor de ácidos graxos livres. Foram avaliados o custo produção, consumo de matéria prima e a competitividade econômica em quatro diferentes processos. Através da rota de catálise básica homogênea com pré-tratamento da matéria prima, o custo de produção do biodiesel foi de \$0,508/kg; por catálise ácida homogênea obteve um custo de \$0,516/kg; por catálise ácida heterogênea, \$0,522/kg e custo de \$0,98/kg em condições supercríticas utilizando CO₂ como fluido. De acordo com os autores, dentre as simulações realizadas, a produção com maior viabilidade econômica foi com o catalisador ácido heterogêneo, ainda que apresentasse um custo unitário de venda do biodiesel mais alto que as rotas 1 e 2. Enquanto, a de maior custo de investimento foi a de condições supercríticas, visto que o processo opera em condições de altas pressões e temperaturas.

Em 2009, Apostolakou *et al.* (2009) empregaram o uso do simulador *HYSYS*® para análise da síntese de biodiesel a partir de catálise homogênea alcalina, utilizando o óleo de canola. Para uma produção de 15.000 toneladas por ano, o custo unitário de produção do biodiesel foi de \$1,15/L, apresentando o custo de

aquisição da matéria prima 87,9% do valor total de produção. Com base nos resultados obtidos, o processo seria viável economicamente para uma de produção de 50 mil a 80 mil ton/ano do biocombustível.

Através do software *Aspen Plus*, Haas *et al.* (2006) estudaram o custo operacional da produção de aproximadamente 38 milhões de litros de biodiesel, sintetizado a partir do óleo vegetal por reação de transesterificação alcalina homogênea. Para o valor de compra do óleo de soja por US \$ 0,52/kg, o custo de produção de biodiesel previsto foi de US \$ 0,53/L, e de acordo com os autores, o custo da matéria prima representou 88% do custo total de produção. A economia do processo foi obtida considerando a recuperação e venda do glicerol (co-produto gerado no processo), reduzindo o custo de produção em 6%.

Materiais e Métodos

A metodologia proposta para o presente trabalho foi baseada nas variáveis operacionais dos ensaios feitos no Laboratório de Engenharia Química da Universidade de Vassouras, Campus Vassouras- RJ, utilizando a planta piloto para produção de biodiesel (Figura 1).

A unidade, adquirida em 2018, apresenta uma pequena capacidade operacional de 3 L que possibilita a economia dos reagentes utilizados no processo de produção de biodiesel. Além disso, os equipamentos que compõe a planta permitem o desenvolvimento de diversas simulações de processos industriais, em busca de novas tecnologias, conceitos, pesquisas e melhoramento da relação ensino-aprendizagem para alunos da graduação.

Figura 1- Unidade piloto localizada na Universidade de Vassouras-RJ. (1) Reator vertical de tratamento de matéria prima; (2) Reator vertical de transesterificação; (3) Flash; (4) Decantador; (5) Coluna de adsorção.

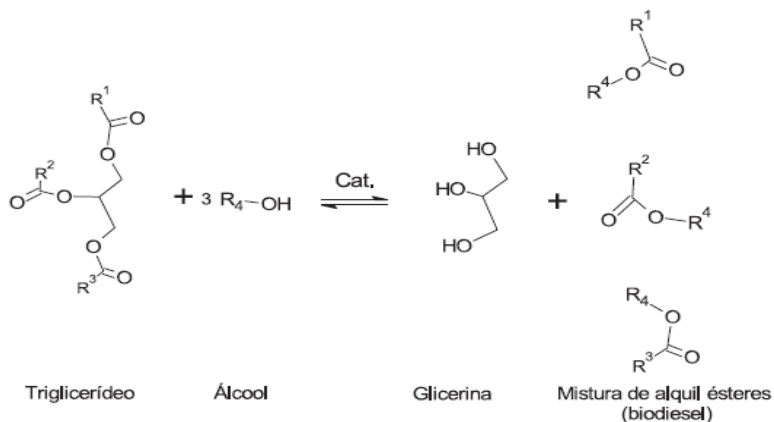


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a síntese do biodiesel, foi realizado o processo de transesterificação através do óleo de soja residual e o álcool

metanol, catalisada pelo hidróxido de potássio. A reação é exemplificada na Figura 2.

Figura 2 - Esquema geral da reação de transesterificação.



Fonte: Lôbo *et al.* (2009).

Procedimento experimental

Inicialmente, o óleo residual de fritura, cedido por alunos da graduação de Engenharia Química, é filtrado para retirada das impurezas oriundas do processo de fritura. No reator vertical de tratamento de matéria prima, o hidróxido de potássio é dissolvido com 1,2 L de metanol, sob agitação até sua completa dissolução para formar a solução de metóxido de potássio, utilizada como catalisador da reação.

Juntamente com 3 L de óleo já filtrado e aquecido a 45 °C, a solução preparada foi transferida para o reator vertical de transesterificação por meio de uma bomba. Neste reator, a mistura reacional é mantida a 45 °C sob agitação, por aproximadamente uma hora.

Posteriormente, a solução é transferida até o destilador flash para recuperação do álcool e a corrente de saída, a 135 °C, e resfriada em um trocador de calor a 50 °C.

A mistura é deixada em descanso em um decantador, onde as fases são separadas por diferença de densidade. A fase pesada, rica em glicerol, é retirada da planta piloto e utilizada na incorporação na produção de concreto como aditivo e entre outros produtos desenvolvidos na Universidade. A fase leve, composta pelo biodiesel, é submetida ao processo de lavagem e secagem, realizado da seguinte forma:

- Duas lavagens com 750 mL de uma solução aquosa de ácido clorídrico a 5%, deixando-a em repouso por 15 min a cada lavagem. A fase aquosa é removida na parte inferior.
- O biodiesel, parte superior, é lavado mais duas vezes com 600 mL de solução saturada de NaCl. O processo de lavagem é finalizado pela ausência do catalisador básico, confirmado através

da medição o pH da última água de lavagem, devendo ser neutro. Após 30 min de repouso para total separação das fases, é descartada a fase inferior.

A purificação do biodiesel, para retirada das impurezas e a água proveniente do processo de lavagem, é feita através da coluna de adsorção, contendo um recheio de resina Amberlite BD10 Dry®. A resina é regenerada mediante lavagem utilizando o álcool metanol, sendo o mesmo recuperado após o processo.

Simulação do processo

Para a avaliação econômica da síntese do biodiesel na unidade semi-piloto, foi utilizado o simulador comercial *SuperPro Designer*® na versão 9.0 da Intelligen Inc., considerando o processo em batelada com tempo de produção de 7920 horas por ano, equivalente a 330 dias.

Os equipamentos inseridos no software tiveram como base o projeto original, assim como todos os componentes necessários, obtidos através do banco de dados fornecido pelo simulador, contendo as propriedades físico-químicas dos compostos como densidade, massa molecular, propriedades críticas, e entre outras. As substâncias registradas para o estudo foram o óleo de soja, o metanol, o catalisador, NaCl e HCl, como mostra a Figura 3. O óleo

de soja residual foi registrado no banco de dados, sendo constituído por 90% de óleo de soja e 10% de resíduo (componente criado).

Para o balanço de massa da reação de transesterificação, foi necessário corrigir a massa molar do óleo da soja para que o total de massa dos reagentes fosse igual ao total de massa dos produtos.

Inseridos todos os equipamentos, o software solicita a função de cada operação unitária referente ao processo que ele está será executado.

Sendo assim, a seguir serão apresentados os nomes de cada equipamento com suas respectivas operações de cada etapa da síntese e o fluxograma do processo obtido pelo *SuperPro Designer*® (Figura 5):

- Filtração (*Plate and Frame Filtration P-7/ PFF- 101*) - *FILTER* para retirar os resíduos presentes no óleo de fritura.
- Aquecimento (*Heating P-10/HX-102*) - *HEAT* aquece a corrente de óleo filtrado a uma temperatura de 45 °C.
- Preparo do catalisador (*Blending tank P-4/V-102*) - *PULL IN 1* e *PULL IN 2* para adição dos componentes KOH e Metanol,

respectivamente. *AGITATE* para misturar os componentes inseridos. *TRANSFER OUT* para saída da corrente.

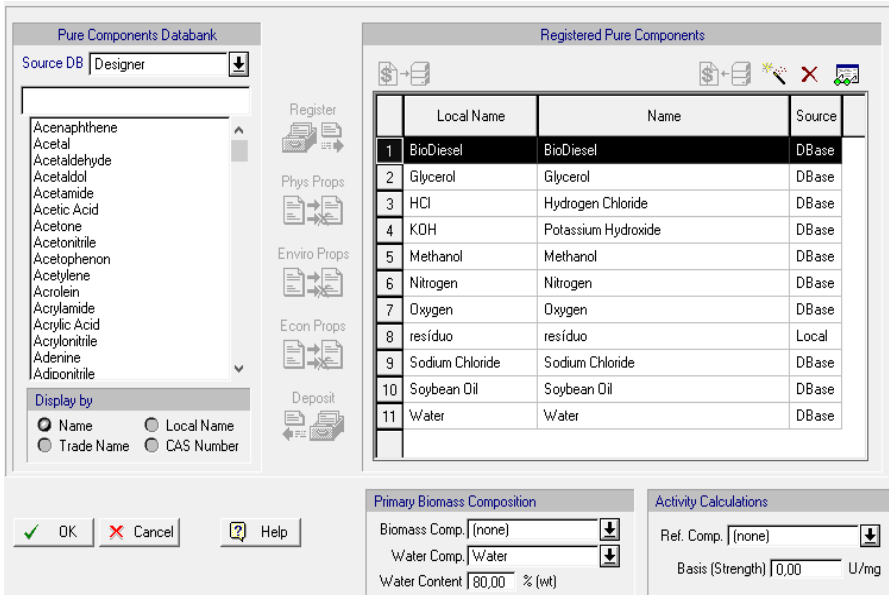
- Bomba (*Centrifugal pump* P-6/ PM-101) - *PUMP* para transferir a solução de metóxido de potássio ao reator de transesterificação.
- Reator de transesterificação (*Batch vessel procedure* P-7/ R-101) - *TRANSFER IN* para transferir a corrente de saída da bomba para dentro do reator. *PULL IN* para inserir o óleo de soja. *AGITATE* para homogeneizar a mistura. *HEAT* para o aquecimento na reação a 45 °C. *REACT* para reação de transesterificação, por meio da estequiometria da reação apresentada na Figura 4. O catalisador não é adicionado no balanço de massa da reação, pois o mesmo é recuperado após a síntese. *TRANSFER OUT* para saída da mistura reacional.
- Destilador Flash (*Flash* P-9/ V-105) - *FLASH* para recuperação de 90% de metanol na corrente de topo, considerando temperatura de aproximadamente 135 °C e pressão de 1 bar.
- Resfriamento (*Cooling* P-3/ HX-101) - *COOL* para resfriamento da corrente de fundo do destilador flash, com temperatura de saída a 50 °C.

- Decantador 1 (*Decanting P-3/V-101*) - *DECANT* para separação da fase pesada (glicerina bruta) e da fase leve (biodiesel).
- Lavagem do biodiesel (*Blending tank P-1/V-103*) - *TRANSFER IN* para inserir a corrente do biodiesel ao tanque. *PULL IN 1* para adicionar o HCl 5% das duas lavagens. *PULL IN 2* adiciona a solução saturada de NaCl para outras duas lavagens. *TRANSFER OUT* para saída da corrente.
- Decantador 2 (*Decanting P-5/V-104*) - *DECANT* para separação da fase pesada e da fase leve após processo de lavagem.
- Coluna de adsorção (*GAC Adsorption (for Liquid Streams) P-8/ GAC-101*) - *LOAD* para purificação do biodiesel através da coluna recheada de resina de adsorção. *WASH* para lavagem das resinas com metanol.

Para a análise econômica da produção de biodiesel desenvolvida no simulador SuperPro Designer®, utilizou-se a metodologia proposta por Peters e Timmerhaus (1991). Segundo Turton *et al.* (2009), o custo de produção é influenciado pelos custos fixos (gastos que não variam em relação ao faturamento da produção: imposto, aluguel, manutenção etc.), pelas despesas gerais (gastos

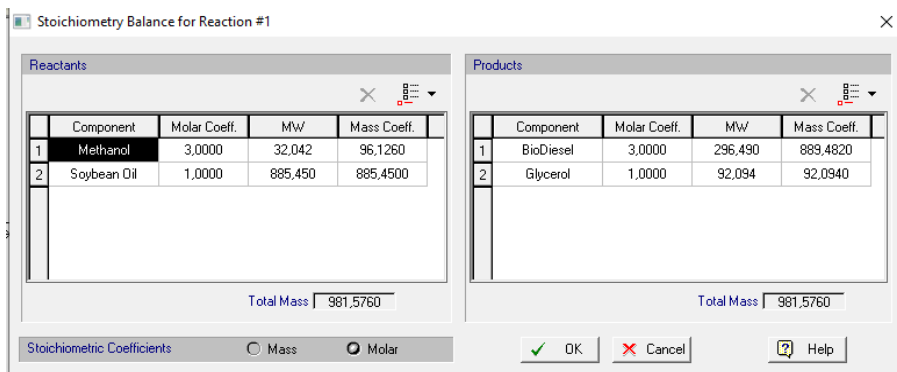
necessários para obter uma receita: administração, pesquisas, vendas etc.) e pelo custo direto (gastos que variam de acordo com a produção: mão de obra direta, matéria-prima etc.).

Figura 3 – Interface da base de dados para o registro dos componentes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4 – Balanço estequiométrico da reação de transesterificação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

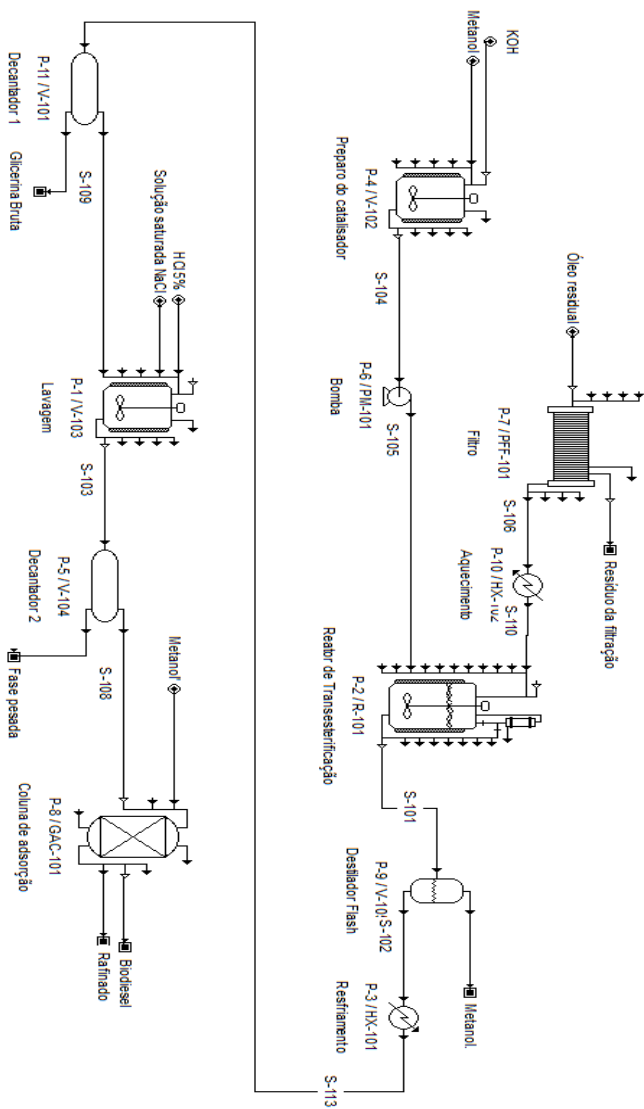
O método determina o custo de produção de acordo com a Equação 1:

$$\text{COM} = 0,280 \text{ FCI} + 2,73 \text{ COL} + 1,23 (\text{CUT} + \text{CWT} + \text{CRM}) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

- FCI- custo fixo de investimento;
- COL- custo de mão de obra;
- CRM- custo de matéria-prima;
- CWT- custo do tratamento de resíduos;
- CUT- custo das utilidades.

Figura 5 – Fluxograma do processo de síntese do biodiesel na unidade semi-piloto.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O capital fixo de investimento (FCI) representa o montante de

capital investido relacionado à implantação de uma indústria ou linha de produção como os gastos com aquisição de equipamentos, construção, instalação, depreciação etc. (PEREIRA, 2015).

O custo de mão-de-obra (COL) é obtido através da estimativa do salário base (US\$/hora) do operador e do número de operadores necessários por turno. A estimativa do salário base depende essencialmente do tipo de trabalho exercido e da planta industrial em que o trabalhador está empregado (PEREIRA, 2015).

O custo de utilidades (CUT) refere-se aos gastos com combustível, eletricidade e agentes de transferência de calor como água de resfriamento, fluidos refrigerantes, etc. O custo de cada um desses agentes térmicos deve ser multiplicado pela quantidade de material gasto para efetuar o processo de aquecimento ou resfriamento em questão cuja quantidade é estimada levando-se em conta as propriedades termodinâmicas da substância e as temperaturas de entrada e saída do material a ser aquecido ou resfriado. O gasto com eletricidade pode ser obtido através do conhecimento da potência dos equipamentos, seu tempo de funcionamento e o custo (CAVALCANTI *et al.*, 2013).

O custo de matéria prima (CRM) é obtido através do

conhecimento da quantidade total de matérias primas utilizadas no processo como solventes, reagentes químicos, material biológico, etc. (CAVALCANTI *et al.*, 2013).

O custo de tratamento de resíduos (CWT) constitui a estimativa do total gasto com o tratamento de cada um dos resíduos sólidos, líquidos ou gasosos liberados em efluentes e na atmosfera, cujo valor é obtido através da multiplicação entre o total emitido e o custo de tratamento de cada um desses resíduos cujo valor leva em consideração o grau de risco ao meio ambiente oferecido por cada um deles (CAVALCANTI *et al.*, 2013).

Resultados e Discussões

A partir da simulação desenvolvida, foi avaliada a produção do biodiesel na unidade semi-piloto utilizando as variáveis operacionais de tempo, temperatura, pressão, volume, modo de funcionamento de cada equipamento e as alimentações dos insumos na planta conforme o processo real.

A Tabela 1 apresenta as correntes de saída do reator de transesterificação e da coluna de adsorção, responsável pela conversão do óleo de soja em biodiesel e pela purificação do produto, respectivamente.

Com base na alimentação da simulação, composta por 3 L de óleo

de fritura, 1,2 L de metanol, 300 g do catalisador KOH e considerando 89% de eficiência de conversão dos ésteres na reação de transesterificação, pode-se observar, através da Tabela 1, que são produzidos 2,48 kg de biodiesel (99,17% m/m) por batelada.

Tabela 1 – Balanço de massa reator de transesterificação e coluna de adsorção.

Correntes de saída	
<i>Reator de transesterificação</i>	
<i>Taxa de fluxo total</i>	3,97 kg/batelada
<i>Produtos</i>	<i>Composição da corrente</i>
Biodiesel	62% (m/m)
Glicerol	6,43% (m/m)
<i>Coluna de adsorção</i>	
<i>Taxa de fluxo total</i>	2,48 kg/batelada
<i>Produto</i>	<i>Composição da corrente</i>
Biodiesel	99,17% (m/m)

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir das correntes de entrada e saída do processo e pelo tempo de operação anual, são obtidos o número de bateladas anuais da produção. As informações de funcionamento da produção, bem como os resultados de tempo e tamanho da batelada e quantidade de bateladas anuais são apresentadas na Tabela 2.

Utilizando os dados da Tabela 2, o software determina a

quantidade de biodiesel produzido anualmente durante o tempo operacional (330 dias), correspondente a 2455,13 kg/ano.

Tabela 2 – Dados gerais do processo.

Condições de operação do simulador:	
Tempo de operação anual	7920 horas (330 dias)
Tamanho da batelada	2,48 kg
Tempo de batelada	8 horas
Número de bateladas por ano	990

Fonte: Elaborada pelos autores.

O custo de produção é influenciado por gastos dentro do processo, como visto na Equação 1, pelo custo das matérias primas, custos fixos, de mão de obra, custos de investimento e entre outros. Para avaliação econômica do presente trabalho, foi considerado o custo dos equipamentos inseridos na simulação de acordo com o preço total de compra da planta pela Universidade, referente a R\$ 120.000,00.

Através da pesquisa de mercado, foram obtidos os preços das matérias primas necessárias para a síntese no simulador, assim como a média salarial dos trabalhadores, energia elétrica e água, conforme visto na Tabela 3. A moeda utilizada na simulação foi o

dólar americano, onde 1 US\$ = R\$ 5,36 (cotado em agosto de 2020). Além disso, também são consideradas as quantidades de trabalhadores necessários para o funcionamento da planta durante a produção. Dessa forma, foram requeridos 1 operador, 1 supervisor e 1 analista químico para produção de biodiesel. Os respectivos salários de cada profissional, de acordo com as horas trabalhadas, podem ser vistos na Tabela 3, empregando para o supervisor a base salarial de um Engenheiro Químico.

Os resultados da análise realizada pelo simulador definiram o custo de produção do biodiesel e o preço de venda mínima do combustível, de forma a tornar o projeto economicamente viável. O custo unitário de produção foi de \$40,64/kg e o valor de venda de \$53,00/kg, avaliados pela produção de aproximadamente 3 L de biodiesel por batelada. Preços de venda abaixo do determinado não apresentam viabilidade econômica.

Tabela 3 – Custo dos recursos utilizados para análise econômica no simulador.

Recursos	Reais	Dólar	Referências
Óleo de soja residual	-	-	doado
HCl (37%)	26,25/L	4,89 /L	Loja Metaquímica®
NaCl	20,53/kg	3,83/kg	Loja Synth®
Metanol	17,97 /L	3,35 /L	Loja Metaquímica®
Preço KOH	89,38/kg	16,67/kg	Loja Metaquímica®
Média salarial Eng. Químico	58,56/h	11,05/h	Salario.com.br
Média salarial Analista Químico	11,02 /h	2,05/h	Exame.com
Média salarial Operador de Processos	10,57/h	1,97/h	Exame.com
Eletricidade	0,88 /kWh	0,16/kWh	Light- Vassouras RJ
Água	31,96/m ³	5,96/m ³	Cedae- Vassouras RJ

Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com o 74º Leilão de Biodiesel pelo Edital da ANP, devido o alto valor de aquisição do óleo de soja, o preço médio do biodiesel negociado teve uma elevação de 40% no preço quando comparado ao leilão anterior. Segundo a cotação de uma empresa produtora de biodiesel na região, o preço de venda do biocombustível nos postos para mistura no diesel é de aproximadamente R\$7,00 por litro, equivalente a US\$ 1,49/kg. Em comparação com o valor gerado no presente trabalho, não é viável a produção de biodiesel na planta semi-piloto com a quantidade de produção em estudo. O alto custo unitário da produção pode ser explicado pelos valores de insumos utilizados na simulação,

como o metanol, o catalisador e os reagentes de lavagem do biodiesel. Além disso, não foi considerada a venda do co-produto glicerol.

Efeito do custo de produção e venda do biodiesel pelo aumento da escala na planta.

Considerando os mesmos equipamentos, preço de compra dos matérias, utilidades, salários (Tabela 3) e as condições operacionais da unidade semi-piloto, foi realizada uma simulação para avaliar o efeito do custo de produção e venda de biodiesel pela mudança da escala em 100 vezes mais da quantidade produzida na planta original. Dessa forma, foram utilizados 300 L de óleo residual e as correntes de entrada de metanol e agentes de lavagem foram proporcionais ao aumento de escala.

Conseqüentemente, a produção de biodiesel também cresceu de forma proporcional. A partir das vazões de alimentação, a quantidade produzida foi de 248,81 kg (99,17% m/m) por batelada (12 horas). Sendo assim, mantendo o tempo operacional a 7920 horas, o número anual de bateladas foi de 660, sendo requeridos 1 supervisor, 2 analistas e 3 operadores para o processo.

Nessas condições, o simulador determinou o custo unitário de produção, equivalente \$3,68 /Kg e o preço de venda mínimo

\$4,00/kg, preço este 93% inferior ao da síntese utilizando alimentação de 3 L de óleo.

Empregando a tecnologia de hidroesterificação e posteriormente reação de esterificação, Toralles *et al.* (2016) avaliaram a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de 12.000 kg/h de óleo residual. Através da análise de sensibilidade, os autores observaram que o valor mínimo de venda do biodiesel para implementação do projeto deveria ser de \$1,12/kg. Mesmo que inferior quando comparado com o presente trabalho, Toralles *et al.* observaram o alto custo operacional podendo ser explicado pelo preço de compra do catalisador, do etanol e pela rota utilizada. Além disso, os autores concluíram que somente alterações no valor de venda do produto tornariam o projeto viável, pois entre todos os parâmetros testados, o preço do biodiesel é o que mais impacta na viabilização do projeto.

Marchetti & Errazu (2008) analisaram o custo de produção de biodiesel utilizando o óleo residual em 4 diferentes rotas, com o auxílio do *SuperPro Designer*®. Os resultados obtidos variaram entre \$0,508/kg a \$0,98/kg para os diferentes processos, apresentando-se também inferiores aos vistos no presente estudo.

De acordo com os autores, a maior viabilidade de produção foi a

rota por catalisador ácido heterogêneo e a de maior custo de investimento a rota supercrítica, devido as condições de operação (temperatura e pressão).

De forma semelhante, Dantas *et al.* (2016) avaliaram o custo de produção e de venda do biodiesel produzido através da reação de transesterificação homogênea do óleo de soja, utilizando o metanol e o catalisador hidróxido de sódio. O simulador *SuperPro Designer*® foi empregado na análise, considerando uma produção de 250 kg/batelada de biodiesel com as mesmas operações unitárias da unidade presente na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. O projeto não apresentou viabilidade econômica de acordo com custo unitário de biodiesel, equivalente a \$0,62/kg, tornando-o viável apenas com o preço de venda a \$0,754/kg ou superior.

Os resultados obtidos não foram satisfatórios economicamente, entretanto, ao aumentar a escala de produção para uma alimentação de 2500 kg de óleo residual, Dantas (2016) observou que o projeto se tornou rentável, com o preço unitário do biodiesel a \$0,26/kg. Segundo a autora, o aumento da escala fez com que receita obtida com a venda do biodiesel fosse muito superior aos gastos com a implementação do projeto. Sendo assim, o aumento de produção é proporcional ao lucro gerado durante o processo.

Resultados semelhantes foram observados por Van Kasteren e Nisworo (2007). Os autores avaliaram a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura via transesterificação em condições supercríticas, utilizando o metanol. Foi empregado o uso do software *Aspen Plus®* Versão 11.1.1 para o estudo de três capacidades de produção. Os resultados da análise econômica demonstraram que o biodiesel pode ser vendido a \$0,17/L para 125.000 toneladas de biodiesel por ano, \$0,24/L para 80.000 ton/ano e \$0,52 para 8000 ton/ano. Foi observado que, para a menor capacidade produtiva, a mão de obra operacional, manutenção e despesas gerais foram maiores quando comparadas com as demais produções, concluindo que a capacidade da planta altera os fatores sensíveis para contribuição de custo.

Sotoft *et al.* (2010) também avaliaram a influência de diferentes escalas de produção do biodiesel por catálise enzimática do óleo de colza. As simulações para processos de produção sem solvente e co-solvente foram realizadas no simulador *Aspen Plus®*, e diferentes cenários foram investigados para escala de produção de 8 e 200 milhões kg/ano. Os autores citam que o processo de produção utilizando co-solvente é inviável economicamente, enquanto a produção em maior escala sem o solvente é mais

viável.

Dessa forma, assim como evidenciado no presente trabalho, Sotoft *et al.* (2010) concluíram que a escala de produção é um dos principais fatores que devem ser analisados para realização de um planejamento de usinas de produção de biodiesel, e que escala muito pequenas podem tornar o custo de produção muito elevado, inviabilizando as produções.

Conclusão

Foi realizado uma avaliação econômica da produção de biodiesel via transesterificação homogênea básica na unidade semi-piloto da Universidade de Vassouras, com auxílio o simulador *SuperPro Designer*®. Foram consideradas as operações unitárias da planta real com suas respectivas variáveis operacionais.

A utilização do óleo residual como matéria prima no processo apresenta grande potencial para produção de biodiesel, pois o mesmo é muito gerado nos processamentos domésticos, industriais e comerciais. Além de possuir baixo valor agregado, contribui significativamente na conscientização ambiental, uma vez que está sendo direcionado para fins que não causam impactos negativos no meio ambiente.

A partir deste estudo, a síntese de biodiesel utilizando 3 L de óleo residual na unidade não apresentou viabilidade econômica pelo alto custo de produção. Portanto, o aumento da escala operacional beneficiou no decréscimo do preço de venda do combustível, representando apenas 7% do valor obtido pela menor escala produtiva.

Com o uso do óleo residual, é necessária a adição da etapa de pré tratamento da matéria prima no processo, entretanto, do ponto de vista econômico, haveria um aumento do custeio. Sendo assim, essa etapa não foi considerada devido o alto custo de operação já apresentado.

Diante os resultados, novas simulações serão realizadas para melhoria e otimização da viabilidade econômica da produção, sugerindo avaliações com maiores escalas de produção, visto que existe uma linearidade crescente entre a quantidade de biodiesel produzido com o menor valor de custo, ou seja, gerando maior lucro no processo.

Referências

ABREU, P.S.M. **Análise econômica dos processos de produção do biodiesel de soja: Rota química x Rota enzimática**. 2013. Dissertação (Mestrado Ciências em Engenharia de

Biocombustíveis e Petroquímica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico 2020**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em: 01 jun. 2020b.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biocombustíveis: Biodiesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em: 05 jun. 2020a.

APOSTOLAKOU, A. A. *et al.* Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils. **Fuel Processing Technology**, v. 90, n. 7-8, p. 1023-1031, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. **Estatísticas**. 2017. Disponível em: <http://www.abiove.org.br>. Acesso em: 15 nov. 2020.

BODIESELBR. **Óleo reciclado representou 12,5% do biodiesel fabricado pela JBS em 2018**. 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/oleo-reciclado-representou-12-5-do-biodiesel-fabricado-pela-jbs-em-2018-210219>. Acesso em: 21 nov. 2020.

BRITO, F. O. **Desenvolvimento de usina de produção de biodiesel a partir de óleo de fritura usando simuladores de processo: aspectos operacionais e ambientais**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

CAVALCANTI *et al.* Economic evaluation based on an experimental study of extraction of alkylamides from *Spilanthes genera* using supercritical CO₂, In: **10th Conference on Supercritical Fluids and Their Applications**, 1: 476, 2013.

COSTA NETO, Pedro R. *et al.* Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

DANTAS, Renata Araújo. **Análise técnica e econômica da produção de biodiesel utilizando óleo de fritura residual em unidade piloto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química, Tecnologia Química). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

DANTAS, Renata Araújo *et al.* Análise econômica da produção de biodiesel em planta piloto: Experimental e Simulação. **56º Congresso Brasileiro de Química- CBQ**, Belém/Para. ISBN 978-85-85905-19-4. 2016. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/5/9372-13049.html>. Acesso em: 11 fev. 2020.

DE CALDAS, Lais Fernanda; SCOTON, Edvaldo José; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes. Diagnóstico da coleta e destinação dos resíduos de óleo vegetal residual de fritura, no município de Agudos-SP. **IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental São Bernardo do Campo/SP**. 2018.

EMBRAPA AGROENERGIA. **Óleo reciclado**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1om7ke02wyiv802hvm3j5eojcbl.html#:~:text=O%20processo%20de%20decomposi%C3%A7%C3%A3o%20do,formando%20uma%20mistura%20altamente%20explosiva>. Acesso em: 20 nov. 2020.

Exame.com. Disponível em: <https://exame.com/carreira/os-profissionais-mais-bem-pagos-na-area-quimica/>. Acesso em: 19 ago. 2019.

FERNANDES, Roberto Klecius Mendonça *et al.* Biodiesel a partir de óleo residual de fritura: alternativa energética e desenvolvimento sócio-ambiental. **Anais do XXVIII Encontro**

nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro. Recuperado em, v. 10, 2008.

GUABIROBA, R. C. S. **O processo de roteirização como elemento de redução do custo de coleta em área urbana de óleo residual de fritura para produção de biodiesel.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE. Rio de Janeiro).

GUARIEIRO, Lilian L. N.; VASCONCELLOS, Pérola C.; SOLCI, Maria Cristina. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011.

GOSLING, Ian. Process simulation and modeling for industrial bioprocessing: tools and techniques. **Industrial Biotechnology**, v. 1, n. 2, p. 106-109, 2005.

HAAS, Michael J. *et al.* A process model to estimate biodiesel production costs. **Bioresource technology**, v. 97, n. 4, p. 671-678, 2006.

INTELLIGEN, Inc. **Guia do Usuário.** SuperPro Designer®. Disponível em: <http://intelligen.com/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

KUNZLER, Andréia Alaíde; SCHIRMANN, Angélica. **Proposta de reciclagem para óleos residuais de cozinha a partir da fabricação de sabão.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

LÔBO, Ivon Pinheiro; FERREIRA, Sérgio Luis Costa; CRUZ, Rosenira Serpa da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

Loja Metaquímica®. Disponível em: <https://www.metaquimica.com/acido-cloridrico-pa-acs-37->

1000ml-quimica-moderna-controlado-policia-federal-formula-hcl.html. Acesso em: 19 ago. 2020.

Loja Metaquímica®. Disponível em: <https://www.metaquimica.com/alcool-metilico-pa-acs-1000ml-quimica-moderna-metanol-formula-ch3oh.html>. Acesso em: 19 ago.2020.

Loja Metaquímica®. Disponível em: <https://www.metaquimica.com/hidroxido-de-potassio-pa-lentilhas-1000g-quimica-moderna-controlado-policia-federal-formula-koh.html>. Acesso em: 19 ago. 2020.

Loja Synth®. Disponível em: <https://www.lojasynth.com/reagentes-analiticasmaterias-primas/reagentes-analiticasmaterias-primas/cloreto-de-sodio-p-a-a-c-s#:~:text=Embalagem%3A,1000g%20%2D%20R%24%2020%2C53>. Acesso em: 19 ago. 2020.

MARCHETTI, J. M.; ERRAZU, A. F. Techno-economic study of different alternatives for biodiesel production. **Fuel processing technology**, p. 740-748, 2008.

MIGUEL, Antônio Carlos; FRANCO, Débora Maria Bueno. Logística reversa do óleo de cozinha. **Revista Científica – Faculdade Anchieta**. n. 9, p. 3-13, 2014. ISSN 1980-3125. Disponível em: <http://www.faculdadeanchieta.edu.br/revista-cientifica/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

NETTO, Renato Correa. **Sustentabilidade de cadeias de reciclagem do óleo de fritura**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Departamento de Agronomia, Universidade de Taubaté, São Paulo, 2010.

PEREIRA, Cristiane de Souza Siqueira. **Avaliação técnico-econômica da extração de ésteres de forbol da torta do pinhão**

manso com dióxido de carbono supercrítico. Tese de Doutorado (Ciências). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D. Plant design and economics for chemical engineers. **McGraw-Hill chemical engineering series Show all parts in this series**, 1991.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Programa de uso racional da água.** Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=587>. Acesso em: 6 jul. 2013.

Salário.com.br. Engenheiro Químico - **Salário 2020 e Mercado de Trabalho em Engenharia Química.** Disponível em: <https://www.salario.com.br/profissao/engenheiro-quimico-cbo-214505/>. Acesso em: 19 ago. 2020.

SANN, Ei Ei *et al.* Highly hydrophobic ZIF-8 particles and application for oil-water separation. **Separation and Purification Technology**, v. 206, p. 186-191, 2018.

SANTOS, Mauricio Xavier; DA SILVA, Jose Geraldo Ferreira. Utilization of residual frying oil in biodiesel production. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 33, n. 1, p. 299-306, 2016.

SILVA, João Eduardo Azevedo Ramos da; ALVES, Maria Rita Pontes Assumpção; COSTA, Miguel Antonio Bueno da. Planejamento de turnos de trabalho: uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 1, p. 73-90, 2011.

SOARES, Wesley Gonçalves Pereira. **Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: aplicação em uma cerâmica do município de Cacoal-RO.** Trabalho de Conclusão de

Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2018.

SOTOFT, Lene Fjerbaek *et al.* Process simulation and economical evaluation of enzymatic biodiesel production plant. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 14, p. 5266-5274, 2010.

TAKAHASHI, M., F. Óleo de fritura: de resíduo a riqueza. **Revista BiodieselBR**. Edição, v. 36, de ago/set. 2013. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/revista/036/residuo-riqueza.htm>. Acesso em: 23 nov. 2020.

TORALLES, Luciana Pereira *et al.* Economic study of waste frying oil as a raw material for biodiesel production via esterification. **XXI Congresso brasileiro de engenharia química**, 2016.

TURTON, Richard *et al.* **Analysis, synthesis and design of chemical processes**. Pearson Education, 2008.

VAN KASTEREN, J. M. N.; NISWORO, A. P. A process model to estimate the cost of industrial scale biodiesel production from waste cooking oil by supercritical transesterification. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 4, p. 442-458, 2007.

Sobre os autores

Janaina Martins Theodoro

Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras. Participou como representante discente da Pró-Reitoria de Ciências Tecnológicas e Exatas da Universidade de Vassouras, no Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão -CONSEPE (2018) e foi voluntária no Programa Profissional em Ciências Ambientais na disciplina de Modelagem e Simulação de Processos Ambientais na Universidade de Vassouras (2019).

Sandro Pereira Ribeiro

Possui graduação em Licenciatura Química e Química Industrial pela Universidade de Vassouras - RJ (2006); Mestrado em Química pelo Instituto Militar de Engenharia - IME - RJ (2010); Doutorado em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF - MG (2015); Professor do curso de Engenharia Química da Universidade de Vassouras- RJ; Professor do Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras- RJ.

Miguel Rascado Fraguas Neto

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1993) e mestrado em Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1997). Atualmente é professor titular da Universidade de Vassouras e coordena os cursos de Engenharia Química e Engenharia Ambiental. Atuou como Pró-Reitor de Ciências Tecnológicas, Sociais Aplicadas e Humanas da Universidade de Vassouras.

Gabriel Alves de Souza Gonçalves

Graduando em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras. Integrante de Projetos de Pesquisa relacionados a Prestabilidade Ambiental, Reciclagem, Obtenção, Estudo, Otimização e Avaliação no Uso de Biodiesel Derivado do Óleo de Fritura em Motores à Diesel; Biocombustíveis e Bioprocessos: levantamento de dados experimentais, modelagem termodinâmica e simulação.

Marisa Fernandes Mendes

Professor Associado IV do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1995), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1998) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002).

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Possui Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras.

Capítulo 13 - Desenvolvimento tecnológico em produtos da biodiversidade brasileira através das Redes de Inovação em fito: Uma referência ao conceito de Arranjos Produtivos Locais e a experiência de um Núcleo de Inovação aplicada no município de Vassouras - RJ

Autores: Antônio Carlos dos Santos Costa; Karoline Soares Rezende; Fabiane Faustino Ferrari; Marina Constant Bruno Maciel; Moisés Teles Madureira

Resumo: O Brasil possui um ecossistema bastante amplo e abrange seis biomas continentais e, conseqüentemente, uma imensa biodiversidade, que abriga mais de 46 mil espécies vegetais identificadas, representando 20% das espécies mundiais e concedendo ao Brasil o primeiro lugar em biodiversidade vegetal. Dentre essas espécies vegetais encontram-se as plantas medicinais, que são utilizadas há séculos por povos do mundo inteiro com finalidade medicamentosa caseira e como matérias primas nas indústrias farmacêuticas. Entretanto, a utilização dessas plantas como insumo na produção de medicamentos e fitoterápicos dependem da aplicação e obediência a várias normas e diretrizes recomendadas por órgãos competentes, como a Organização Mundial da Saúde, o Ministério do Meio Ambiente,

e outros em esferas federais, estaduais e municipais. Baseando-se nesse cenário, o presente trabalho traz como objetivo a apresentação de uma vertente para o desenvolvimento de produtos “fito”, aproveitando-se das redes de inovação e arranjos produtivos locais, apontando a experiência de um núcleo de inovação do município de Vassouras-RJ. O desenvolvimento foi realizado a partir de pesquisas, em conversas com colaboradores, e acesso a plataformas digitais sobre o tema. As informações resultantes da pesquisa levam a conclusão de que o processo de formação de redes de trocas de conhecimento em fito no Brasil está em um estágio de desenvolvimento interessante, no sentido de promover a produção de medicamentos fitoterápicos, incluindo exemplos de indústrias que já operam neste segmento. A biodiversidade vegetal brasileira, pela infinidade de moléculas naturais que detém, tem um alto potencial para desenvolver produtos inovadores, tanto em medicamentos quanto em produtos cosméticos, agrícolas, alimentícios e outros. É enxerga-se um espaço para implementação grupos de trabalho em colaboração com as RedesFito no município de Vassouras-RJ.

Palavras-chave: Biodiversidade; fito-derivado; redes de inovação.

Introdução

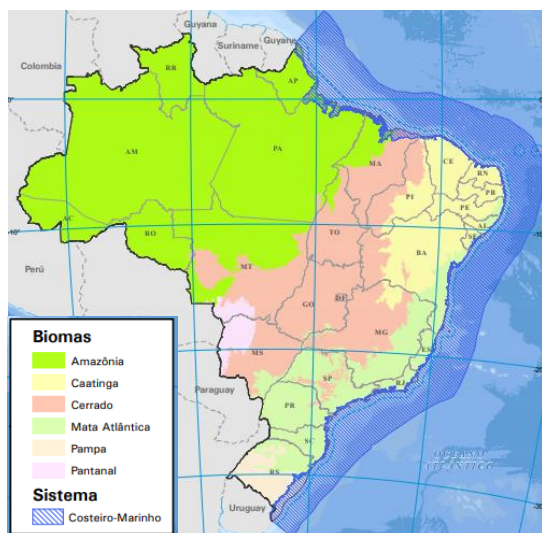
A utilização de plantas medicinais pelas populações de todo o mundo remonta a séculos de tradição e a Organização Mundial da Saúde reconhece a contribuição e o valor de sua utilização (WHO, 1993).

As plantas medicinais vêm sendo utilizadas por países desenvolvidos e em desenvolvimento como medicamentos caseiros, sem receita, como matérias primas para a indústria farmacêutica e representam uma proporção significativa do mercado global de medicamentos (WHO, 2003).

À medida em que os gastos dos governos nacionais de vários países com tratamento médicos e hospitalares de suas populações se tornam cada vez mais elevados, abrem-se novas oportunidades de estímulo ao uso de plantas cujo alcance pelas pessoas de menor poder aquisitivo é mais facilitado desde que as formulações obtidas através das plantas comprovem eficácia sobre as doenças para as quais elas são aplicadas (WHO, 2003).

Particularmente, o Brasil assume posição de relevante destaque nesse tema, uma vez que possui seis biomas continentais, conforme ilustrado na Figura 1, apresentando um “manancial” de diversidade vegetal de incomparável importância.

Figura 1 – Biomas Brasileiros.



Fonte: Adaptado de IBGE, 2020

(<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>)

Como signatário da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), dentro do acordo estabelecido no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil assume o compromisso de zelar por determinados objetivos: a conservação de sua diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos. A CDB ressalta a importância dos conhecimentos tradicionais de povos indígenas e de comunidades locais para o alcance destes objetivos, delegando

aos seus signatários o dever de garantir a esses povos e comunidades o direito de decidir sobre os usos desses saberes e de também perceber os benefícios decorrentes de seu uso. Entre os elementos que compõem a biodiversidade, as plantas são a matéria-prima para a fabricação de fitoterápicos e outros medicamentos (MS, 2016).

A exuberância da biodiversidade brasileira está associada a uma rica diversidade étnica e cultural, que o país mantém como um valioso conhecimento tradicional associado ao uso de plantas medicinais e como potencial necessário para o desenvolvimento de pesquisas com resultados em tecnologias e terapêuticas apropriadas (MS, 2016).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Brasil possui 46.000 espécies vegetais conhecidas, o que dentro do conjunto de recursos disponíveis totaliza 20% do total de espécies do planeta (MMA, 2020).

Uma das primeiras ações do ponto de vista nacional sobre o reconhecimento do uso de produtos naturais foi o lançamento da Política e do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PPNPMF).

O ano de 2006 marcou o lançamento da PPNPMF, e desde então foram alcançados significativos avanços no sentido de formar redes de inovação em “Fito” que consolidassem o processo de promoção de medicamentos da biodiversidade brasileira. E não se limitando especificamente à área de medicamentos, aborda-se como um dos tópicos centrais o seguinte questionamento: como as cadeias produtivas de diferentes segmentos (cosméticos, nutracêuticos, alimentos, bebidas etc.) podem convergir em ações estruturantes e práticas?

Nesse sentido, as ações a partir de políticas mais locais e descentralizadas são sugeridas como uma forma de fazer com que os benefícios esperados de tais políticas sejam alcançados com maior efetividade e eficácia junto aos seus verdadeiros destinatários ou comunidades alvo. E em conjunto com uma articulação em rede, os processos são mais diretos e visíveis, integrando os principais atores de um processo construtivo de inovação (REDESFITO, 2020).

O objetivo deste capítulo é o de apresentar uma vertente do processo de desdobramento das ações para formação de redes de trocas de conhecimento em fito derivados, bem como alguns dos avanços já alcançados ao longo desse processo. O contexto do

trabalho também inclui a experiência de uma associação de produtores rurais localizada no município de Vassouras/RJ.

Desenvolvimento

Baseado em levantamentos realizados através da *internet*, com acessos a plataformas ligadas ao tema e conversas trocadas com pesquisadores, obteve-se acesso ao material que permitiu a elaboração dos tópicos a seguir.

Sistema Nacional de Redes Fito - RedesFito

Pelo Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006, o Governo Federal criou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, que seguido da Portaria Interministerial nº 2.960, de 9 de dezembro de 2008, aprovou o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Os dois documentos foram incorporados em um único, que passou-se a chamar Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PPNPMF), o que configurou-se como um marco no que se refere à introdução de diretrizes para o sistema de inovação do país, favorecendo a criação de projetos objetivando o desenvolvimento da cadeia produtiva de produtos naturais e da indústria nacional.

Oficialmente instituído em 2010, o Sistema Nacional de Redes Fito (SNRF) está destinado à cooperação interinstitucional, governamental e não governamental, a ser supervisionado por um Conselho Diretor, gerenciado por uma Secretaria-Executiva e assessorado por um Comitê Técnico-Científico (FIOCRUZ, 2010).

Para Guilhermino (2010), o Sistema Nacional de Redes Fito – RedesFito foi definido como sendo uma ferramenta auxiliar à implantação do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, tendo como característica principal o foco na inovação em fitomedicamentos e como características gerais o foco na gestão do conhecimento, ou seja, as redes são, ao mesmo tempo, tecnológicas e do conhecimento, com base no conceito de que a inovação é um processo social.

Segundo Villas Boas (2018), a RedesFito é um sistema nacional de redes do conhecimento voltado para a inovação em medicamentos da biodiversidade. Ele representa um novo caminho para realizar projetos de inovação farmacêutica na perspectiva do desenvolvimento sustentável. Este sistema foi elaborado como uma contribuição para a implantação do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Desde então, o sistema passou por várias mudanças organizacionais, resultando na atualização da sua missão, que originalmente definia-se como “inovação em

fitomedicamentos” e, a partir de 2013 passou-se a definir como “inovação em medicamentos da biodiversidade”.

Arranjos Ecoprodutivos Locais (AEPLs)

As inovações das RedesFito nascem nos espaços de Arranjos Eco-Produtivos Locais (AEPL), situados nos principais biomas brasileiros, reunindo a cadeia produtiva, para discutir e colocar em prática os projetos baseados na perspectiva agroecológica (VILLAS BOAS, 2016).

Com base no entendimento de que o processo de inovação em biodiversidade acontece e se concretiza no interior das redes, AEPLs já estão estruturados, por um processo capitaneado pela Fundação Oswaldo Cruz.

Os AEPLs pertencentes à Rede podem ser vistas no Mapa da Figura 2.

Centro de Inovação em Biodiversidade e Saúde (CIBS)

Sediado no Instituto de Tecnologia em Fármacos (FarManguinhos/Fiocruz), o CIBS se dedica a dar suporte na formulação de políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação, estando ainda dotado de infraestrutura técnica e física para

cooperar na transferência de conhecimento e com os projetos nascidos nas redes de inovação.

Figura 2 – Mapa Arranjos Eco-Produtivos Locais - Núcleos RedesFito.



Fonte: Google Maps.

A dinâmica operacional do CIBS está estabelecida na concepção similar à proposta desenvolvida por SIANI (2003), em que se descreve que o processo de desenvolvimento da cadeia produtiva em Fito pode estar pautado por três grandes áreas de desenvolvimento (áreas mestras): Botânico-Agronômica, Farmacêutica-Química e Biomédica (1 e 2). Um resumo das atividades pertinentes às áreas mestras está descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Áreas mestras relacionadas ao desenvolvimento tecnológico de fito.

Área Mestra (Macro Processos)	Principais processos pertencentes a área mestra
Botânica / Engenharia Agrônômica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prospeção / Ecozoneamento ✓ Etnobotânica ✓ Coleta ✓ Classificação botânica ✓ Manejo sustentável ✓ Melhoramento genético ✓ Conservação dos recursos genéticos ✓ Propagação ✓ Cultivo ✓ Beneficiamento Primário
Farmacêutica / Engenharia Química	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Extração ✓ Isolamento/ Identificação química ✓ Padronização química ✓ Formulação ✓ Estabilidade
Biomédica 1: Farmacologia pré-clínica e toxicologia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudos toxicológicos ✓ Estudos de eficácia ✓ Biossegurança
Biomédica 2: Etapa clínica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ensaios Fases I, II, III e IV

Fonte: Adaptado de SIANI (2003).

Cada um dos processos básicos citados no Quadro 1 terão que ser mais bem detalhados a nível de projetos específicos para resolução das pendências referentes às áreas mestras.

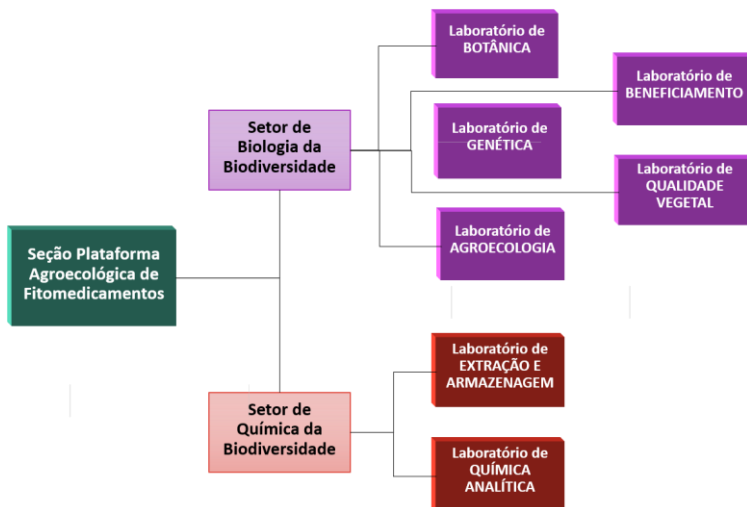
Nesse sentido, o CIBS tem implantada uma Plataforma Agroecológica de Fitomedicamentos (PAF), dispondo de recursos tanto profissionais quanto operacionais para o desenvolvimento e suporte a projetos pilotos em parceria com os interessados das redes.

A PAF, localizada no Campus Fiocruz Mata Atlântica - RJ, desenvolve pacotes tecnológicos e metodológicos que conferem qualidade, rastreabilidade e certificação aos materiais em questão. Esse desenvolvimento possibilita a validação, atualização e criação de protocolos de identificação botânica e genética, cultivo, beneficiamento, qualidade vegetal e análise química, etapas que estruturam a base da cadeia produtiva e tecnológica de plantas medicinais (REDESFITO, 2020).

A produção agroecológica e desenvolvimento regional são os principais objetivos visados pela PAF, sendo assim as atividades da plataforma são essenciais para instituições que almejam atuar na área de medicamentos naturais e fitoterápicos (REDESFITO, 2020).

Para um melhor entendimento do funcionamento da PAF, o desenho esquemático da Figura 3 representa as divisões da plataforma.

Figura 3 – Divisões das atividades da PAF.



Fonte: Adaptado de REDESFITO (2020).

A PAF tem como princípio a produção agroecológica com respeito a biodiversidade e o desenvolvimento regional, pautado na diversidade dos biomas brasileiros. Desta forma, as atividades da Plataforma são essenciais não apenas para os setores da Fiocruz que trabalham com plantas medicinais, mas também para as instituições e outros parceiros desta área. Os serviços e produtos desenvolvidos na PAF são para atender demandas de projetos do

CIBS, grupos de pesquisa das unidades da Fiocruz e projetos das RedesFito, muitos deles vinculados a programas do Ministério da Saúde (FIOCRUZ, 2020).

Núcleos de Inovação - Caso AMARSUL

A partir de 2019, o Sistema Nacional de RedesFito (SNRF) inicia um movimento de formação de núcleos regionais de inovação, identificados com a necessidade de conferir maior representatividade aos grupos de agentes que estão nos AEPLs. Dessa forma, os núcleos passam a ter mais voz e representação dentro das RedesFito em todo o território brasileiro (FIOCRUZ, 2020).

Para exemplificar e fazer um destaque, uma das vertentes desse processo de nucleação das redes se desdobrou em ações que tiveram importantes reflexos no contexto do bioma Mata Atlântica. Dentro desse bioma está estruturado o Núcleo Ipê RedesFito.

Fundado em 2019, o Núcleo Ipê RedesFito está sediado no município de Vassouras e se propõe a atuar em toda a região centro-sul fluminense. Um dos integrantes do núcleo é a Associação das Mulheres Produtoras Rurais das Regiões Sul e Centro Sul Fluminense (AMARSUL).

A AMARSUL foi instituída em 2019, no município de Vassouras-RJ, como sendo uma associação sem fins lucrativos, voltada para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar e sua produção, assim como o desenvolvimento da educação, agroecologia, saneamento básico rural, turismo e proteção da biodiversidade organizada.

Os objetivos da AMARSUL são: Arranjos produtivos locais; incentivo a agricultura segura e sustentável; desenvolvimento sócio econômico; promover estudos e atividades visando a implantação de técnicas e diretrizes para produção agroecológica; programas de planejamento e gerenciamento ambiental; entre outros objetivos relacionados diretamente ao aproveitamento consciente e sustentável dos recursos ambientais disponíveis para a agricultura, geração de renda a partir de plantas medicinais.

A AMARSUL realiza treinamentos de capacitação na parte de processamento primário de plantas medicinais e submete projetos importantes, dentro de seus interesses, participando de editais e pleiteando recursos para o aprimoramento da qualificação de seus participantes, bem como a geração de trabalho e renda.

Os projetos da associação estão voltados para variados segmentos de produtos derivados da biodiversidade, não se restringindo ao

interesse específico em fitoterápicos, mas também dedicados a produção de formulações cosméticas (sabonetes, cremes, óleos, hidratantes etc.). Os projetos também abrangem a importância do uso de práticas de manejo que visam a sustentabilidade dos mesmos, sendo integrados com uma visão de cultivos das plantas de forma orgânica em sistemas agroflorestais, utilização de defensivos orgânicos, não agressivos ao meio ambiente, zelando pela qualidade das fontes de água utilizadas nas culturas, enfim, dentro de uma concepção na qual o ingresso de insumos químicos sintetizados é praticamente zero.

Parcerias Indústria – Produtores

Como uma das fontes alternativas de melhoria da produção e ampliação da capacidade empregatícia e suas atividades, há registros de bem sucedidas parcerias de agricultores com indústrias, no sentido de fornecer matérias-primas vegetais com qualidade e quantidade satisfatória para manter um processo de produção permanente.

Atualmente, uma experiência que tem angariado sucesso dentro deste modelo está localizada no interior do estado de São Paulo. Uma empresa, que é fornecedora de insumos de origem vegetal para indústria farmacêutica, cosmética e outras, mantém um

programa de parceria, através do qual se estabelece a garantia de compra da produção de cooperativas agrícolas. O programa é formalizado por contrato, onde se definem diversos compromissos tais como: compra e venda da matéria prima, repartição de benefícios, rastreabilidade dos processos (GRUPO CENTROFLORA, 2020).

Diretrizes básicas para a produção de matérias primas vegetais

O tratamento com plantas frescas ou secas (droga vegetal) é preconizado pela OMS, que reconhece as tradições culturais da maioria da população mundial, no tocante a lançar mão dos recursos terapêuticos advindo de suas respectivas floras nativas. Neste sentido, a OMS tem estabelecido guias de boas práticas para o cultivo e o beneficiamento primário das plantas medicinais, num exemplo de reconhecimento e estímulo a fitoterapia responsável e idônea (HENRIQUES, 2005).

De acordo com a OMS, os medicamentos tradicionais, principalmente fitoterápicos, têm sido cada vez mais utilizados em todo o mundo. Análises e estudos revelam uma preocupação pertinente quanto à qualidade do material vegetal fornecido. Tal preocupação se justifica pelo possível uso de materiais vegetais medicinais brutos, indicando que não foi dada atenção suficiente

à qualidade, garantia e controle dos medicamentos fitoterápicos (WHO, 2003). Em virtude dos possíveis inconvenientes que podem surgir do uso inadequado de plantas medicinais, a OMS desenvolveu uma série de diretrizes técnicas relacionadas ao controle de qualidade de medicamentos fitoterápicos, enfatizando as boas práticas agrícolas e boas práticas de produção e colheita de plantas medicinais. Essas diretrizes fornecem uma descrição das técnicas e medidas necessárias para o cultivo e coleta adequados e para o registro e documentação de dados e informações necessários durante o processamento de plantas medicinais (WHO, 2003).

Tendo em vista que a qualidade, assim como a eficácia dos medicamentos fitoterápicos está diretamente associada ao controle de qualidade e as boas práticas agrícolas e de coleta, segue no Quadro 2 o resumo de alguns dos aspectos comuns, que constam no *World Health Organization*.

Finalizando, pelas informações trazidas pelo levantamento deste trabalho, uma visão das redes de inovação em fito espalhadas pelo Brasil, foi sintetizada na forma do desenho representado na Figura 4.

Quadro 2 - Requerimentos técnicos recomendados.

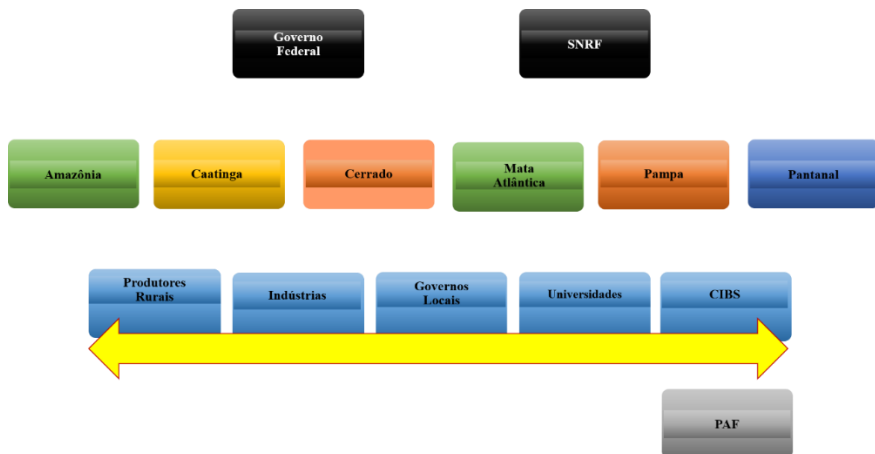
Etapa do Processo	Pontos Críticos de Controle
Processamento pós-colheita	Inspeção e classificação
	Processamento primário
	Secagem
	Processamento específico
	Instalações de processamento
Embalagem a granel e rotulagem	Tipos de embalagens
	Cuidados na rotulagem
Armazenamento e transporte	Segurança das áreas
Equipamentos	Qualidade dos Materiais
	Instalação e construção dos prédios
	Identificação
	Garantia da qualidade
	Documentação
	Higiene e segurança pessoal

Fonte: Adaptado de WHO (2003).

Nessas redes, figuram os principais atores do processo de inovação, como uma realidade social, caracterizada por processos

dinâmicos, não hierarquizados, com trocas de conhecimento, visando o desenvolvimento tecnológico de produtos oriundos da biodiversidade do Brasil.

Figura 4 – Visão das RedesFito.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

Partindo das informações obtidas durante esta pesquisa e do conhecimento adquirido com as diretrizes propostas pela OMS, o presente trabalho relatou de forma sumarizada a sucessão de eventos, após o lançamento da PPMPMF, que vem buscando facilitar a implementação de redes de trocas de conhecimento e de inovação entre vários atores da cadeia de desenvolvimento de fito

(instituições de pesquisa, associação de produtores rurais, indústria e outros).

Este capítulo não se ocupou com detalhes relacionados às questões de legislação que impactam a cadeia de desenvolvimento de fitoderivados. Tais questões trata-se de um tema fundamental, sujeito à muitas discussões e barreiras a serem superadas para que o processo de inovação seja uma realidade. Assim, considera-se que fica aberta a oportunidade para uma continuação do assunto em um trabalho futuro, como candidato à um próximo capítulo de livro.

Diante das questões prioritariamente relacionadas à saúde das populações, é evidente a constatação de que o levantamento do trabalho, reproduziu preferencialmente a motivação pela busca da inovação em medicamentos da biodiversidade. Entretanto, as cadeias produtivas podem se estratificar em processos não exclusivamente ligados à produção de tecnologia de medicamentos, e então se integrar a cadeias de atividades com os demais interesses (cosméticos, repelentes naturais, nutracêuticos, bebidas, alimentos), em função da vasta e rica biodiversidade brasileira.

Embora não tendo sido tratada a questão do ponto de vista legal, sabe-se que os protocolos exigidos pelos órgãos controladores para aprovação de um medicamento, seja ele sintético ou oriundo de planta medicinal, o rigor técnico no processo de aprovação é o mesmo, sendo o medicamento obrigado a cumprir satisfatoriamente todos os testes de segurança e eficácia. Nesse caso, o processo de produção de uma planta medicinal (dentro de uma concepção “*do tubete até o tablete*”) deve estar muito bem estruturado.

As formulações cosméticas e outras que não possuam finalidade medicamentosa não passam por protocolos de controle tão rigoroso, o que pode permitir o desenvolvimento de produtos sob legislação “mais branda” em relação aos medicamentos.

O funcionamento das RedesFito consiste numa articulação nacional formada por grupos de comunidades tradicionais (agricultores familiares, indígenas, quilombolas etc.) somados às demais partes interessadas do processo de inovação (indústrias, centros de pesquisa, Organizações Não Governamentais, universidades, autoridades públicas em geral).

A estrutura simbólica das RedesFito reproduzida na Figura 3, identifica os principais atores do processo de desenvolvimento de

um “fito”, o que por si só, chama a atenção por refletir um caráter multidisciplinar (diversas áreas de especialização profissional) e multilateral (diversas partes interessadas). Este é também um grande desafio a ser resolvido, uma vez que requer uma capacidade muito grande de organização, autodisciplina e coordenação das ações transversais a serem conduzidas para a construção do processo de inovação.

Projetos estruturantes na cadeia de desenvolvimento de fitoderivados podem “nascer” em qualquer parte do processo relacionado às áreas mestras (citadas no quadro 1). Nesse sentido, a AMARSUL, apesar de ainda ser uma associação de formação recente, está integrada à RedesFito (no âmbito do bioma mata atlântica) e já realiza projetos e práticas importantes dentro da região centro-sul fluminense.

Esse cenário é propício ao desenvolvimento de um projeto voltado para o mercado de produtos fitoterápicos com características inovadoras, em virtude da quantidade de plantas medicinais existentes na flora brasileira, sendo que muitas ainda são desconhecidas ou não estudadas.

Uma das bases de projetos é a interação entre as instituições/empresas e as associações rurais, que são

responsáveis pelo cultivo, colheita e fornecimento de insumos, e que serão utilizados como matéria-prima do fitoterápico ou fito derivado a ser produzido. Esse modelo é um exemplo do que já vem sendo aplicado pela CentroFlora, e se mostrou muito eficiente, abrindo caminho para que outras instituições/empresas desenvolvam produtos compostos por insumos 100% naturais, provenientes preferencialmente da biodiversidade brasileira.

A biotecnologia representa, atualmente, uma questão que está ligada à soberania dos países, uma vez que seus desdobramentos têm implicações, minimamente, nas áreas: intelectual, industrial, tecnológica e comercial. Portanto, deter um potencial em termos de recursos de biodiversidade e o conhecimento sobre esse potencial é um assunto que deve fazer parte das agendas estratégicas dos países.

Considerações Finais

Considerando-se a quantidade de espécies vegetais existentes nos biomas brasileiros e os projetos em busca de um modelo de desenvolvimento próprio do Brasil, pode-se concluir que o desenvolvimento tecnológico em produtos inovadores em “fito” é viável. Entretanto, há grandes desafios à frente.

Logo, a implementação de redes de inovação para o desenvolvimento de produtos fitoterápicos, tende ao caminho do sucesso, na medida em que se fortaleçam as iniciativas de colaboração através da penetração e disseminação de núcleos de inovação, como é o caso da AMARSUL que foi citado como um exemplo no município de Vassouras: um projeto que gera benefícios locais para as partes que compõem a parceria, através do desenvolvimento sustentável de variados produtos.

Com relação ao desafio de desenvolver produtos dos biomas brasileiros, conclui-se que o potencial do país é altamente significativo, porém, mesmo com o progresso identificado na realização deste trabalho, verifica-se que o caminho até o alcance desse objetivo ainda é muito longo. As práticas dos conceitos em redes nessa área é ainda um movimento relativamente recente no Brasil, sendo necessário um processo de ganho de maturidade que atraia mais agentes para discussões que incluam facilidades de investimento em vários setores: no setor agrícola, desenvolvimento tecnológico de equipamentos, melhorias de instalações físicas de processamento industrial, investimentos na educação e treinamento específico aos produtores rurais, recursos para investigações científicas de moléculas das plantas, etc.

A Universidade de Vassouras é um agente que pode ser integrado às RedesFito, especificamente ao Núcleo Ipê, colaborando com o desenvolvimento dos projetos, acordos de cooperação e grupos de trabalhos de interesse da região, já que está sediada no centro-sul fluminense, onde se concentra boa porção de mata atlântica preservada no estado do Rio de Janeiro.

Oportunamente, dentro do departamento de pesquisa da universidade está o Laboratório de Insetos e Vetores (LIV), atualmente coordenado pela Professora Doutora Marise Maleck. O LIV realiza pesquisas com produtos naturais bioativos de importância médica e agrícola. Neste caso, identifica-se um ponto de convergência entre os objetivos das pesquisas feitas com plantas medicinais e as ações das RedesFito inseridas no contexto da região.

O conhecimento tradicional de plantas medicinais pelas comunidades locais de Vassouras pode ser um patrimônio intelectual de grande valor e que motive a criação de novos projetos. Para citar apenas como um exemplo, futuramente poderia ser escolhido um projeto cujo título fosse: *Elaboração de um banco de dados sobre informações de plantas medicinais no seio de comunidades tradicionais do município de Vassouras.*

Agradecimentos

Os autores agradecem à AMARSUL pelas colaborações feitas e a disponibilidade das informações utilizadas na elaboração deste trabalho.

Referências

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz. **As RedesFito (Como Funciona)**. Disponível em: <https://redesfito.far.fiocruz.br/index.php/a-redesfito/como-funciona>. Acessado em: 18/11/2020

FIOCRUZ. **Portaria nº 21 de 30 de agosto de 2010. Rio de Janeiro, 2010**. Disponível em: http://www2.far.fiocruz.br/farmanguinhos/images/stories/Portaria_021_Nete_Fito.pdf. Acessado em: 19/11/2020.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=10wlDtdIDh3VzEsgxL86HUuCDF0xTAI&ll=-10.18257728133631%2C-57.8680392345656&z=4>. Acessado em: 20/11/2020

GRUPO CENTROFLORA. **O Programa de Parcerias Para um Mundo Melhor**. Disponível em: <https://www.centroflora.com.br/parcerias/>. Acessado em: 20/11/2020.

GUILHERMINO, J. F. *et al*. **Caracterização e Institucionalização do Sistema Nacional das RedesFito: Elementos que contribuirão para a elaboração de um termo de referência**. Revista Fitos, volume 5, Nº 01. Rio de Janeiro, março/2010. Disponível em:

<https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revistafitos/article/view/105>. Acessado em: 20/11/2020.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade, Brasília, 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>. Acessado em: 20/11/2020.

MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, Brasília, 2016**. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_programa_nacional_plantas_medicinais_fitoterapicos.pdf. Acessado em: 19/11/2020.

SIANI, A. C. *et al.* **Desenvolvimento Tecnológico de Fitoterápicos: plataforma metodológica**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro: Scriptorio, 2003.

HENRIQUES, M. G. M. O. *et al.* **Plantas Medicinais e Fitoterápicos no Combate a Doenças Negligenciadas: uma Alternativa Viável?** Revista Fitos, edição Junho/2005, Vol. 1. Disponível em: https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revistafitos/article/view/16/pdf_3. Acessado em: 15/11/2020.

VILLAS BOAS, G. K. **A Rede de Inovação em Fitomedicamentos da Biodiversidade – RedesFito**. Revista Fitos, edição especial. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revistafitos/article/view/656>. Acessado em: 15/11/2020.

VILLAS BOAS, G. K. *et al.* **Contribuição ao debate sobre o papel da inovação em medicamentos a partir da biodiversidade**. Revista Fitos, volume 10. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revistafitos/article/view/442>. Acessado em: 18/11/2020.

WHO – World Health Organization. **Research Guidelines for Evaluating the Safety and Efficacy of Herbal Medicines, 1993.** Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9290611103>. Acessado em: 20/11/2020.

WHO – World Health Organization. **WHO guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants, 2003.** Disponível em: <https://www.who.int/medicines/publications/traditional/gacp2004/en/>. Acessado em: 19/11/2020.

Sobre os autores

Antonio Carlos dos Santos Costa

Graduando em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras (2020), Vassouras – RJ, Brasil

Karoline Soares Rezende

Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras (2020), Vassouras – RJ, Brasil.

Fabiane Faustino Ferrari

Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras (2020), Vassouras – RJ, Brasil.

Marina Constant Bruno Maciel

Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras). Especialista em Planejamento Gestão Ambiental (Universidade de Vassouras). Engenheira Agrônoma (UFRRJ). Associação das Mulheres Produtoras Rurais das Regiões Sul e Centro Sul Fluminense - AMARSUL, Vassouras – RJ, Brasil.

Moisés Teles Madureira

Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras, 2019). Engenheiro de Processamento de Petróleo e Gás Natural (PUC Rio, 2013). Engenheiro Químico (UFRRJ, 1991).

Capítulo 14 - A formação do engenheiro químico frente às perspectivas da área de óleo & gás auxiliada por ferramentas da indústria 4.0 no período de pandemia e de transição energética

Autores: Karoline Soares Rezende; Antônio Carlos dos Santos Costa; Fabiane Ferrarri Faustino; Gabrielle Policarpo de Assis; Cristiane de Souza Siqueira Pereira; Moisés Teles Madureira

Resumo: Dentre os processos mais usuais de refino para o aumento do rendimento na obtenção de combustíveis encontra-se o processo de craqueamento catalítico, através do qual pode-se viabilizar a maximização da produção de gasolina e diesel. Nessa área em particular, a Engenharia Química é o ramo da engenharia que está mais próximo das qualificações requeridas para o desenvolvimento de projetos de plantas químicas industriais. O presente capítulo possui dois objetivos básicos. O primeiro deles é a utilização de um reator tipo tanque de leito fluidizado, para simular o processo de craqueamento catalítico fluido de uma corrente de gás-óleo. O software utilizado foi o *ProSimPlus* e a partir das condições operacionais estabelecidas para a simulação, foi possível obter uma corrente de saída do reator com boa compatibilidade, em termos de produtos finais, porém com rendimentos relativamente inferiores aos de um processo de uma

planta industrial convencional (Craqueamento Catalítico Fluido). Com esta simulação chega-se à conclusão de que experiências com simulações devem ser continuadas, com vistas a integrar o estudante com a ferramenta. Ressalta-se o valor de tais experiências, auxiliados por softwares de simulação de processos, que favorece o estudante no seu processo de aprendizado, tornando-o mais familiar às atividades de desenvolvimento de projetos associada à possibilidade de futura inclusão em equipes profissionais nas empresas. O segundo objetivo é o de apresentar, dentro do contexto da indústria 4.0 e a transição energética em tempos de pandemia de COVID-19, ações da indústria do petróleo no sentido de convergir com esses tópicos. Paralelamente, em função do entendimento de que são claros os sinais de mudanças culturais e tecnológicas que estão ocorrendo dentro das operadoras de óleo e gás natural, enxerga-se uma possível abertura de oportunidades de projetos para a área de engenharia química no Brasil, em especial com foco voltado para o meio ambiente e sustentabilidade.

Palavras-chave: Engenharia química, Indústria 4.0, Transição energética.

Introdução

A engenharia química serve a humanidade através da pesquisa, do desenvolvimento de novos processos e produtos, do projeto, da construção e da operação de plantas industriais para fabricação de produtos químicos de utilidade para as pessoas (BRASIL, 2004).

Como uma área de atuação fortemente ligada aos processos da indústria química, a engenharia química contribui para o desenvolvimento de tecnologias limpas, processos de reciclagem e de aproveitamento dos resíduos da indústria química que contribuirão para a redução do impacto ambiental, bem como se envolver na coordenação e supervisão de equipes de trabalho, realizar estudos de viabilidade técnico-econômica, executar e fiscalizar obras e serviços técnicos; e efetuar vistorias, perícias e avaliações, emitindo laudos e pareceres técnicos (Universidade de Vassouras, 2020).

Ao longo do processo de formação do engenheiro químico, a transferência de conhecimento auxiliada pela aplicação de Softwares de Simulação de Processos, se reverte em um recurso computacional vantajoso e de grande valor, visto que é uma ferramenta prática que facilita o ensino didático, motiva e desperta

o interesse dos alunos, além de contribuir na formação dos futuros engenheiros químicos e inserção no mercado de trabalho.

A engenharia se utiliza de simuladores para a simulação e otimização de processos, e um dos exemplos objetivos disso é a aplicação do simulador *ProSimPlus*. Através do melhoramento de processos industriais, este software realiza balanço de massa e energia para uma ampla gama de plantas industriais de processo, aumentando sua eficiência e desempenho. Os programas de simulação além de facilitar o trabalho, ajudam a evitar erros os quais ocorrem de forma mais recorrentes quando os cálculos são realizados de maneira manual, que podem gerar impactos, muitas vezes, irreversíveis em um projeto (PROSIMPLUS, 2017).

Dessa forma, as ferramentas de modelagem e simulação de processos oferecem satisfatórias opções para uma melhor compreensão e implementação de melhorias de processos para atender requisitos de eficiência, segurança e meio ambiente.

Uma das áreas de grande poder de atração de profissionais da engenharia química é área de petróleo e energia, que oportunamente está atravessando um processo de transformação, tanto tecnológico quanto organizacional, influenciado em parte pela pandemia de COVID-19 que atingiu o mundo no ano de 2020.

A indústria de petróleo e energia envolve uma longa e complexa cadeia de diversos processos, sendo que mais especificamente no Brasil, um dos setores de grande relevância nessa área, em função de fatores de mercado, é a que se dedica ao refino e abastecimento de derivados combustíveis. E em virtude da dependência de importação de combustíveis pelo país, o refino de petróleo chama a atenção dos engenheiros no sentido de implementar projetos com o objetivo de reduzir o impacto gerado pela dependência externa, bem como os impactos da poluição ambiental.

A partir dessa observação, compreende-se que o encontro do processo de formação de novos engenheiros químicos, utilizando o suporte de softwares de simulação de processos, com a eventual demanda de profissionais com qualificação na área, reúne condições que efetivamente facilitam a integração de equipes experientes dentro de quadros profissionais nas empresas que venham executar projetos de instalação de novas plantas químicas, atendendo todos os interesses ligados a essa área de atividade tais como tecnológico, social, econômico e ambiental.

Este capítulo tem por objetivo apresentar a simulação de um processo de refino de petróleo (craqueamento), bem como discutir, dentro do cenário da indústria 4.0 e da transição energética, aspectos recentes relacionados à área de petróleo e

energia, com potencial de contribuir para geração de oportunidades de grandes projetos, que apontam para um futuro com redução de emissões de carbono da indústria do petróleo. Dessa forma, na medida em que os novos projetos exigirem alta qualificação técnica de seus profissionais, os que detiverem conhecimentos e habilidades com a aplicação de simulação de processos estarão mais atualizados e aptos para integrar as futuras equipes de trabalho.

Desenvolvimento

Conceitos do Processo de Craqueamento

Os hidrocarbonetos do petróleo são divididos de acordo com suas propriedades físicas – modelagem de lumps - convertendo frações pesadas de petróleo em componentes mais leves, seja pelo processo de craqueamento térmico ou catalítico (WEEKMAN & NACE, 2012).

O craqueamento térmico (*viscobreaking*, coqueificação retardada) ou craqueamento catalítico fluido (FCC, hidrocarbonetos) tem sido utilizado em uma ampla gama de processos em todo o mundo. Entretanto há dificuldades para a produção das frações de alto valor (ARIZA, 2012).

O craqueamento térmico é utilizado para o craqueamento de resíduos das unidades de FCC e da destilação a vácuo, enquanto, o craqueamento catalítico é empregado no refino de petróleo, por favorecer a geração de produtos de maior valor agregado (SERRA *et al.*, 2012).

O processo de craqueamento catalítico fluidizado (FCC) implica em processos de quebra molecular. A mistura de gásóleo de vácuo e óleo desasfaltado são submetidas a condições severas de temperatura e pressão em presença de catalisador, e transformada em frações leves, como gasolina de alta octanagem e GLP (SOUZA, 2004).

Além disso, o seu desempenho depende de diversos parâmetros, tais como composição da alimentação, tempo de residência, temperatura de reação, razão catalisador/óleo, pressão parcial de hidrocarbonetos e as propriedades do catalisador influenciam no processo de conversão a seu modo (LAN *et al.*, 2009).

As reações de craqueamento catalítico são restringidas pela deposição de coque e adsorção de hidrocarbonetos pesados nos sítios ativos dos catalisadores. Esses fatores reduzem a atividade do catalisador e são estudados por diversos pesquisadores. Existem distintas funções que representam a desativação do

catalisador ao longo do Riser. Alguns autores, consideram essa desativação como função do tempo de residência (PIMENTEL, 2005).

Porém, segundo Rosa (2002), medir o tempo de residência, de forma precisa, em simulações tridimensionais, é extremamente complicado. Sendo então a melhor opção, a desativação do catalisador.

Simulação do Processo

Neste trabalho foi aplicado o software *ProSimPlus* como uma ferramenta de suporte para desenvolvimento de processos industriais, no âmbito da formação em engenharia química da Universidade de Vassouras.

O foco da simulação foi direcionado especificamente para um dos processos mais usuais da indústria de petróleo que é o processo de craqueamento catalítico fluido de uma corrente de gasóleo de vácuo, simulado como sendo o hidrocarboneto n-Eicosano ($C_{20}H_{42}$).

A proposta deste trabalho consiste em realizar e simular o processo de craqueamento catalítico fluido de um gasóleo e realizar alguns estudos com base na otimização do processo

visando aumentar o rendimento e buscando maximizar os lucros. Para isso, foi necessário um levantamento prévio dos parâmetros a serem utilizados e dos compostos a serem usados.

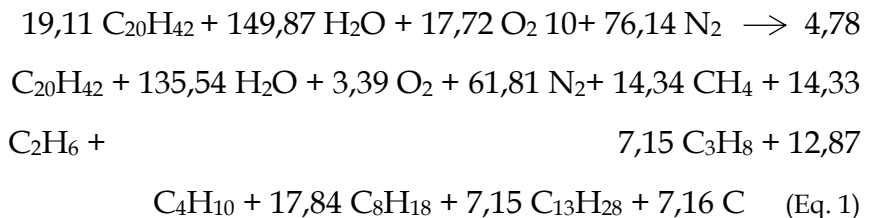
A seguir, a lista dos compostos que foram utilizados.

Lista 1 - Compostos utilizados para iniciar a simulação.

COMPOSTOS UTILIZADOS	
MATÉRIA	n-Eicosano
PRIMA	Água
	Oxigênio
	Nitrogênio

FONTE: Elaborado pelos autores.

No simulador *ProSimPlus* foi fixada uma taxa de conversão para o n-Eicosano em 75%. A reação química do processo foi descrita com base no balanço estequiométrico, conforme retratado na Reação 1.



Foram inseridos os dados operacionais do processo, que consiste na alimentação dos componentes descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Corrente de Alimentação do Reator.

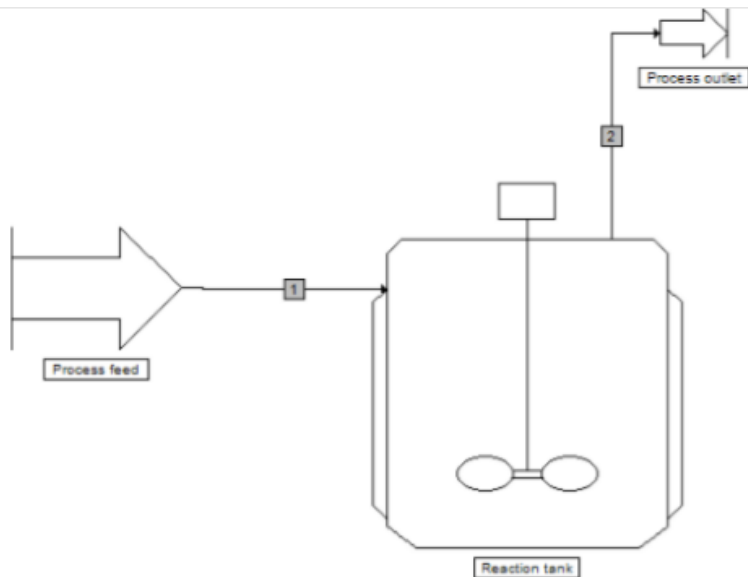
Matéria Prima	N-Eicosano	Água	Oxigênio	Nitrogênio
Taxa de Fluxo de Massa (toneladas/dia)	5.400	2.700	567	2.133
Porcentagem	50%	25%	5%	20%

Fonte: Simulação.

O modelo termodinâmico utilizado foi o NRTL (*Non-Random Two-Liquid*). Modelo este, que se aplica a sistemas com miscibilidade parcial, permitindo representar os equilíbrios líquido-vapor, líquido-líquido e líquido-líquido-vapor (SANTANA, 2008).

O equipamento empregado para reação foi o “Reactor Tank”, no interior do qual foi estabelecida uma pressão total de 12 bar e temperatura de 520 °C. Considerou-se que o reator está carregado com uma carga de catalisador virgem de 62,5 toneladas, com massa específica de 500 kg/m³, representando um volume de reação de 125m³. A simulação considerou o catalisador como carga nova (virgem), desprezando a cinética de decaimento de atividade do mesmo.

Figura 1- Craqueamento catalítico desenvolvido no ProSimPlus.



Fonte: PROSIMPLUS.

Resultados e Discussões

Resultados da Simulação

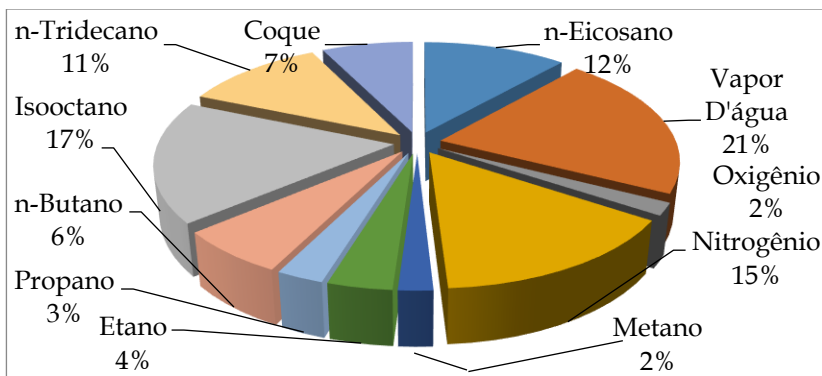
Os resultados obtidos através da simulação no *ProSimPlus* estão representados na Figura 2.

Como principais produtos da reação de craqueamento catalítico, resultante da simulação, verificou-se a presença dos seguintes hidrocarbonetos:

- n-Eicosano – parte da carga de gásóleo que não foi convertida;

- Metano e Etano – hidrocarbonetos leves que compõem parte do gás natural;
- Propano e Butano – hidrocarbonetos leves que fazem parte da composição do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP);
- 2,2,4 Trimetilpentano (isooctano) – hidrocarboneto considerado como parte da Nafta formada no processo de craqueamento catalítico.

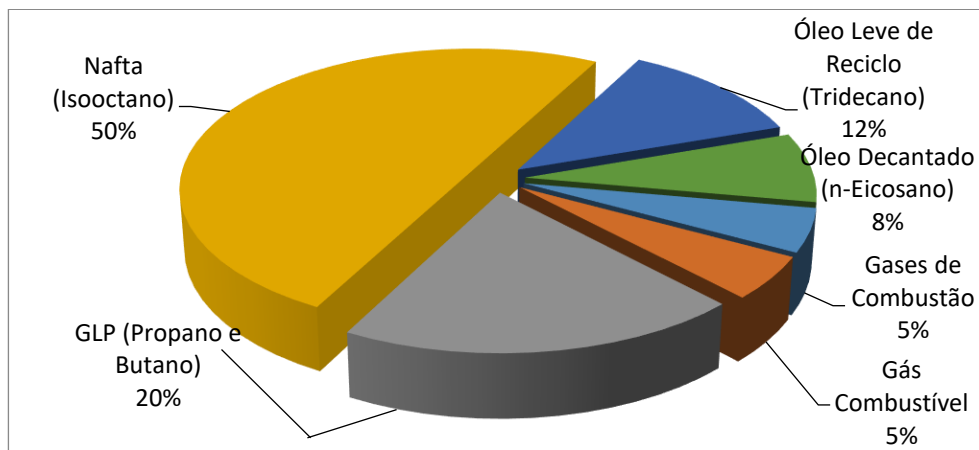
Figura 2 – Rendimentos mássicos das correntes de saída do processo (ProSimPlus).



Fonte: Adaptado ProSimPlus.

Os processos convencionais de craqueamento catalítico fluído são conduzidos em reatores específicos, chamados Risers, e os rendimentos alcançados pelas frações que saem do processo encontram-se ilustrados na Figura 3.

Figura 3 – Rendimentos mássicos das correntes de saída do processo (Convencional).



Fonte: Adaptado ProSimPlus.

Isooctano e GLP estão entre os principais hidrocarbonetos de interesse para a produção de combustíveis. Equiparando-se as frações de isooctano, da simulação no ProSimPlus, com as de nafta, do processo convencional, observa-se um desvio de rendimento de 30% a menos. Equiparando-se as frações de Propano e Butano, da simulação no ProSimPlus, com as frações de GLP, do processo convencional, observa-se um desvio de 10% a menos.

Os rendimentos obtidos pela simulação, quando comparados com o processo convencional, registraram valores inferiores com relação aos hidrocarbonetos isooctano e GLP. Sugere-se a

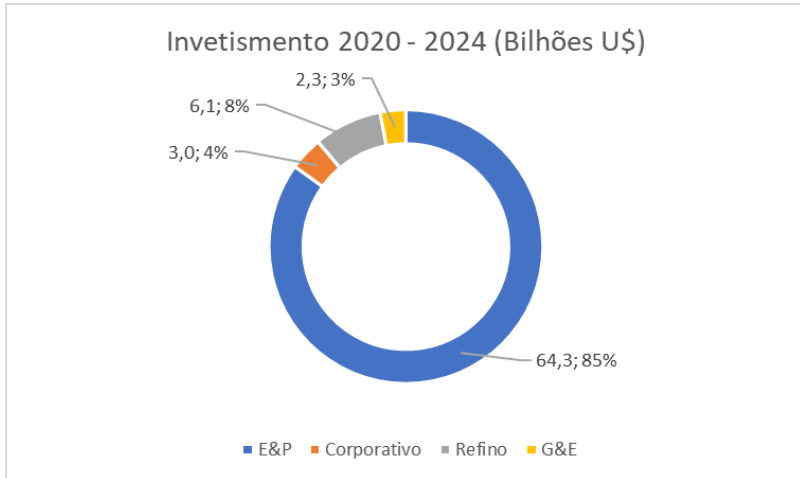
condução de novos processos de simulação, a inclusão de diferentes modelos termodinâmicos, a fim de melhorar os rendimentos. Adicionalmente, novas simulações deverão também considerar que o processo seja regido pelas cinéticas, tanto do craqueamento do gásóleo quanto do decaimento da atividade do catalisador.

Perspectivas da área de óleo e gás orientadas ao refino de petróleo no Brasil

Em números absolutos, a produção de petróleo no polígono do Pré-sal brasileiro passou de 469,9 milhões de barris em 2017 para 521,5 milhões de barris em 2018, alcançando, na média, a marca de 1,946 barris/dia no ano de 2019 (ANP, 2019). Essa evolução de volume produzido de petróleo confere ao país a condição de autonomia em termos de demanda de produção diária de barril.

A Petrobras, que é a maior operadora do país na área de petróleo e gás natural, inclui entre suas atividades, por exemplo: Exploração e Produção (E&P), Refino e Gás e Energia (G&E). No Plano Estratégico 2020 - 2024, a companhia aponta para um investimento, apenas no segmento de E&P, da ordem de 64,3 bilhões de dólares, conforme mostrado na figura 4.

Figura 4 - Investimento Petrobras 2020 - 2024.

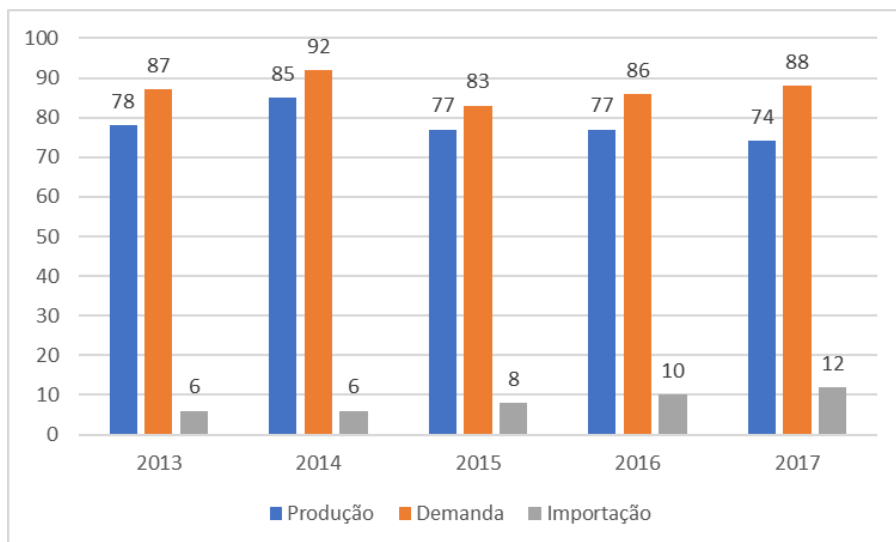


Fonte: Adaptado de Petrobras, 2020.

De acordo com os números mostrados na figura 4 os investimentos na parte de refino correspondem a 8% do total a ser investido nos próximos 4 anos, ao passo que os investimentos em E&P representam 85% do total dos investimentos. Isso deixa claro uma tomada de posição de distanciamento das atividades de refino e maior interesse na exploração e produção, por parte da companhia.

Para demonstrar tal posição, verifica-se que a evolução do mercado de gasolina no Brasil apresentou, entre os anos de 2013 e 2017, o comportamento ilustrado na figura 5.

Figura 5 - Produção, demanda, importação de gasolina A.



Fonte: Fonte: Adaptado EPE, 2018.

Nota-se, da figura 5, que desde os 4 anos anteriores a 2017, a necessidade de importação de gasolina vem aumentando, conseqüentemente aumentando a dependência externa deste combustível.

Constata-se pelo levantamento realizado nos últimos anos que o aumento do consumo de combustíveis no Brasil não vem sendo acompanhado de um processo de ampliação do parque de refino na mesma intensidade.

E frente à tendência de aumento da produção de petróleo no Brasil e conseqüentemente o aumento do consumo de derivados, a

situação deficitária em relação ao atendimento do mercado torna-se mais arriscada.

A preocupação com o aumento desse déficit abre espaço para que projetos de implementação de refinarias de pequeno porte possam ser alternativas para expandir a produção de derivados, mitigando a intensidade do gargalo entre a produção e o consumo de combustíveis.

Com relação a essa problemática da dependência externa, é trazido à tona o estudo da EPE (2019) que trata a respeito da viabilidade de introduzir projetos de pequenas refinarias no Brasil, que seriam estrategicamente localizadas como parte das ações para confrontar os riscos associados ao aumento do déficit de combustíveis no mercado interno.

O movimento da transição energética

Os recursos financeiros recebidos pelos órgãos oficiais do Brasil, devido ao pagamento de obrigações das empresas operadoras de petróleo envolvem montantes elevados e que são destinados conforme a legislação.

Segundo o ANP (2019), o recolhimento de participação especial em 2018 foi 95,4% superior à de 2017, atingindo R\$ 29,6 bilhões.

Deste valor, conforme definido pela lei, couberam aos órgãos de fiscalização e controle as parcelas apresentadas conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Montante distribuído (Base ano 2018).

Valor (bilhões R\$)	Destino
11,8	Estados produtores ou confrontantes
3,0	Municípios produtores ou confrontantes
2,2	Ministério de Minas e Energia
0,5	Ministério do Meio Ambiente
12,0	Fundo Social

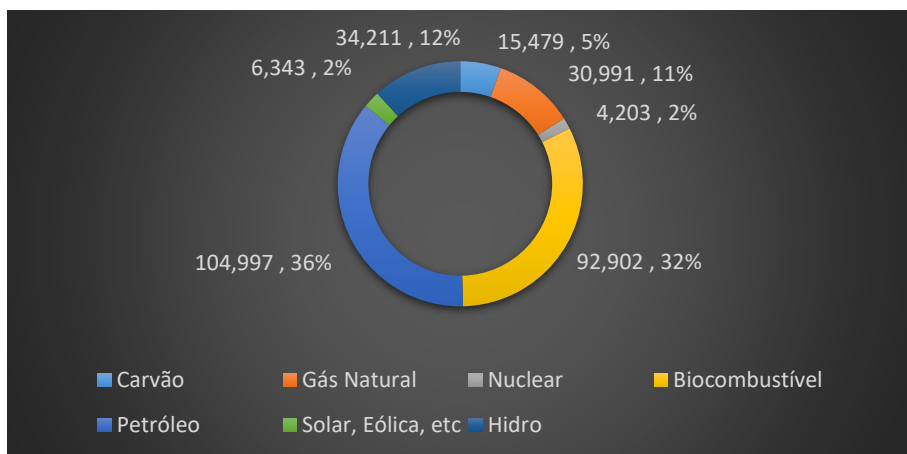
Fonte: Adaptado de ANP, 2019.

O mundo precisa se adaptar à maneira como produz e consome energia se não atuar para evitar que passe por uma elevação dramática de temperaturas. Para os chamados países de “economia emergente” pesam fortemente o comércio de petróleo e gás natural. A implantação de energias renováveis e medidas de eficiência podem auxiliar nas estratégias de diversificação de suas economias (IEA, 2020).

O Brasil, especificamente, possui uma matriz energética que lhe confere uma condição de certo “conforto” em termos de diversificação de fontes de energia, conforme ilustra a Figura 6.

Diante das mudanças tecnológicas que a área de petróleo e energia tem demandado no sentido de expandir e otimizar o aproveitamento de energias de fontes renováveis, as empresas de petróleo se envolvem no movimento que passa cada vez mais a estar focado em projetos que intensifiquem o processo de transição energética.

Figura 6 – Matriz Energética do Brasil.



Fonte: adaptado de IEA, 2020.

O surto da pandemia de COVID-19 gerou impactos que se refletiram em diversas áreas importantes dos países atingidos. A doença impôs que as empresas em geral tivessem que implementar medidas restritivas de gastos para mitigar possíveis perdas financeiras e de competitividade.

No que se refere às empresas operadoras da área de petróleo e energia, já se encontrava em andamento o movimento de transição energética, iniciado anteriormente ao surgimento da pandemia de COVID-19. Conseqüentemente, os processos ligados ao movimento da transição energética foram impulsionados, com o agravamento dos impactos refletidos na economia.

Uma das conseqüências visíveis da aceleração dos processos de transformação interna e de transição energética do setor de petróleo é o revigoramento dos portfólios de projetos com o planejamento de empreendimentos visando alguns dos seguintes objetivos:

- Reduzir os níveis de lançamento de compostos de enxofre oriundos dos combustíveis de petróleo;
- Ampliar a participação do gás natural na matriz energética brasileira, com a conseqüente redução na emissão de compostos poluentes;
- Expandir a aplicação da energia solar fotovoltaica como forma de contribuição para economia de baixo teor de carbono.

Uma das evidências desse tipo de movimento está exposta no Plano Estratégico da Petrobras 2020 - 2024, o qual se ilustra no quadro 2.

Quadro 2 - Projetos da Carteira Petrobras 2020 - 2024.

Projeto	Investimento (milhões US\$)
Projetos de Descarbonização na área de E&P	100
Pesquisa e Desenvolvimento de Energias Renováveis e Descarbonização	70
Desenvolvimento de Projetos de Diesel renovável, bio-querosene de aviação (Bio QAV), combustíveis com baixo teor de enxofre.	Não informado

Fonte: Adaptado de Petrobras, 2020.

Essas transformações que estão sendo requeridas pela indústria, juntamente com a necessidade de formação de equipes, tem capacidade de fornecer um ambiente favorável à criação de projetos.

A Indústria 4.0

No final do século XVII iniciou-se a mecanização da indústria têxtil iniciando assim, a primeira revolução industrial que é

marcada pela energia mecânica e dos motores a Vapor. Após alguns anos Henry Ford montou a linha de montagem, que utilizando os métodos científicos de produção culminou na produção de fabricação em massa caracterizando a segunda revolução industrial (eletrificação da fábrica). A partir dos anos 1970, uma nova tecnologia começa a invadir as fabricas automatizando tarefas mecânicas e repetitivas era o início do advento da tecnologia de informação com a informatização marcando assim a terceira revolução industrial (Indústrias 4.0, 2020).

As revoluções industriais pararam por aí? Não. Um novo cenário está surgindo, a INDÚSTRIA 4.0. A quarta revolução industrial vem com um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico. Essa função é consentida pelas principais tecnologias que são a manufatura aditiva (3D), a inteligência artificial (IA), a internet das coisas (IoT), a biologia sintética (SynBio) e os sistemas ciber-físicos (CPS), conforme demonstrado nas figuras 7 e 8.

Novos desafios veem surgindo e com eles o uso mais eficiente dos recursos, o aumento da competitividade no país e no mundo, a análise em tempo real dos dados de produção, a utilização de ferramentas de gestão mais eficientes do Lean (Sigma ou

Manufacturing), entre outros. Com isso, se estima que há redução de custos industriais serão perceptíveis, podendo chegar ao Brasil a redução de custo de no mínimo R\$ 73 bilhões/ano (R\$ 34 bilhões/ano em ganhos de eficiência; R\$ 31 bilhões /ano em redução de custos de manutenção de maquinas; R\$ 7 bilhões/ano em economia de energia.

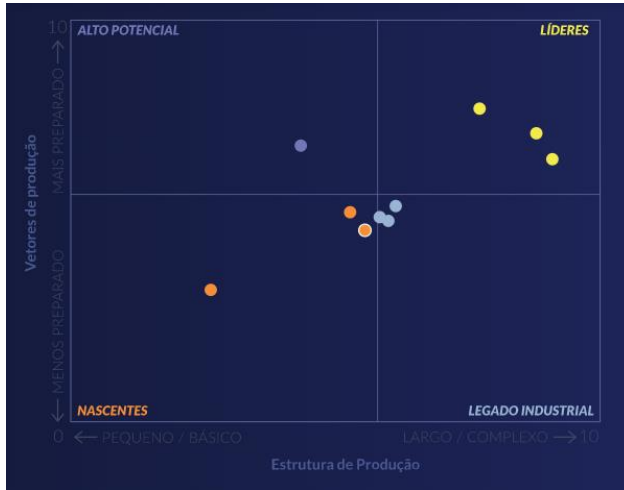
Figura 7 - Principais Tecnologias da Indústria 4.0.



Fonte: Indústria 4.0.

O Brasil passou por uma das maiores recessões da história no ano de 2016 com um produto interno bruto (PIB) de -3,5%. Porém, com um conjunto de reformas econômicas o PIB se recuperou. No ano de 2018, o Brasil ocupava a 41^o posição em termo da estrutura de produção e a 47^o posição nos vetores de produção da indústria, segundo o relatório “*Readiness for the Future of Production Report 2018*”. Porém segundo um gráfico abaixo apresentando na Figura 8, publicado no site do governo da Indústria 4.0, o Brasil se encontra no quadrante que possui uma melhor colocação na corrida da quarta revolução industrial.

Figura 8 - Vetores de produção versus Estrutura de Produção.



Fonte: Indústria 4.0.

O ano de 2020 está sendo marcado por uma pandemia que interferiu diretamente a economia do país e do mundo, refletindo sobre as indústrias. Segundo a Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII), a retomada econômica pós-pandemia dará um novo status a Indústria 4.0. A premissa é que as indústrias retomaram a operar diferente do que era antes da pandemia, que irão entender a nova realidade, passara por adaptações profundas na forma de trabalhar e na interação com os clientes. Então, uma das maiores chances das indústrias se reposicionarem e se recolocarem no mercado é acelerar a indústria 4.0.

Conclusões

Como visto, as ferramentas da Indústria 4.0 está em ascensão e com perspectivas para o pós-pandemia. Assim, a utilização de softwares de simulação de processos de plantas industriais, e em especial a aplicação do *ProSimPlus* no âmbito do curso de engenharia química da universidade de Vassouras, é uma realidade atual gerando importantes resultados no processo de aprendizado e formação.

Devido ao potencial desta ferramenta, a tendência é que o software possa ser ampliado no contexto do curso de engenharia química, podendo ser empregada em praticamente todas as disciplinas do currículo.

Pelas informações levantadas ao longo desta pesquisa, é evidente que o processo de mobilização de profissionais e recursos na área de petróleo e energia está em crescimento. A possibilidade do surgimento de novos projetos no segmento de refino e a transição energética é algo presente, estimulado principalmente pela necessidade de novos parques de refino para reduzir o nível de dependência de importação de combustíveis e a redução de emissão de poluentes.

A transição energética é um processo gradual, como o próprio termo, sugere “transição”. Não será concretizado da noite para o dia, mas já é uma realidade em modo contínuo.

O levantamento das informações ao longo deste trabalho permitiu a constatação de que a matriz energética brasileira pode facilitar o processo de transição energética, lançando mão do uso do gás natural, que é abundante no país. De fato, este é um tema de discussão que levanta certos questionamentos, uma vez que o gás natural é um produto fóssil e não renovável. Porém, há especialistas que defendem essa matéria prima como sendo de transição, pois a queima do gás natural é menos poluente que a queima dos combustíveis líquidos.

Referências

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Combustível. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2019/2019-anuario-versao-impressao.pdf>. Acesso em: 05/11/2020.

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Combustível. **Pré-sal** 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/5290-pre-sal-produtor-petroleo-gas>. Acesso em: 27/04/2020.

Ariza, Oscar Javier Celis. **Desenvolvimento do processo de craqueamento térmico de frações pesadas e ultra pesadas de petróleo utilizando radiação laser de CO₂**. Diss. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Química, 2012.

BARBOSA, Ariane Corrêa *et al.* **Simulação de Reações de craqueamento catalítico e térmico em riser industrial**. 2012.

BRASIL, Nilo Indio do. **Introdução à engenharia Química - 2^a edição** - Rio de Janeiro: Interciência Petrobras, 2004.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Panorama do Refino e da Petroquímica no Brasil**, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-/topico-412/NT%20Refino%20e%20Petroqu%C3%ADmica_2018.11.01.pdf. Acesso em: 09/11/2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Perspectivas de implantação de refinarias de pequeno porte no Brasil**, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-460/NT%20PERSPECTIVAS%20DA%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DE%20REFINARIAS%20DE%20PEQUENO%20PORTE%20NO%20BRASIL.pdf>. Acesso em: 10/11/2020.

IEA - International Energy Agency. **Total Energy Supply by Source, Brazil 1990 - 2019**. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/brazil>. Acessado em: 25/11/2020.

Indústria 4.0, 2019. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>. Acessado: 26/11/2020

LAN, X.; XU, C.; WANG, G.; WU, L.; GAO, J. CFD modeling of gas-solid flow and cracking reaction in two-stage riser FCC reactors. **Chemical Engineering Science**, v. 64, n. 17, p. 3847- 3858, 2009.

PETROBRAS. **Plano Estratégico 2020 - 2024**. Disponível em: <https://petrobras.com.br/data/files/42/93/91/A3/F4E1F610231B6EE642563EA8/fact-sheet-plano-estrategico-2020-2024.pdf>. Acesso em: 10/11/2020.

PIMENTEL, Wagner Roberto de Oliveira *et al.* **Aplicação de redes neurais artificiais e de quimiometria na modelagem do processo de craqueamento catalítico fluido**. 2005.

PROSIMPLUS (2017) **Prosimplus library (standard version+rate base option)**.

QUELHAS, André Domingues; DO BRASIL, Nilo Indio; ARAÚJO, Maria Adelina Santos. **Processamento de petróleo e gás: petróleo e seus derivados, processamento primário, processos de refino, petroquímica, meio ambiente**. Grupo Gen - LTC, 2000.

ROSA, Leonardo Machado da *et al.* **Simulação de reações químicas e consumo de calor em risers**. 2002.

SANTANA, G. C. de S. **Simulação e análise de custos na produção de biodiesel a partir de óleos vegetais**. 2008. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP, 2008.

SERRA, F. A. S. *et al.* Seleção de concretos refratários densos antierosivos para unidades de craqueamento catalítico fluidizado de petróleo. **Cerâmica**, v. 58, n. 345, p. 8-13, 2012.

SOUZA, Jeferson Avila. **Simulação numérica e otimização termodinâmica de risers de craqueamento catalítico em leito fluidizado para a máxima produção de combustíveis**. 2004.

UNIVERSIDADE DE VASSOURAS. **Projeto Pedagógico de Curso, 2020.** Disponível em: https://www.universidadedevassouras.edu.br/arquivos/graduacao/engenhariaquimica/2020/PPC_ENG_QUIMICA_VERSAO_atualizada_covid_setembro_2020.pdf. Acesso em: 05/11/2020.

Sobre os autores

Karoline Soares Rezende

Graduação em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras (2020).

Antonio Carlos dos Santos Costa

Graduação em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras (2020).

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Possui Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras.

Fabiane Faustino Ferrarri

Graduação em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras (2020).

Gabrielle Policarpo de Assis

Graduanda e Engenharia Química pela Universidade de Vassouras. Integrante de Projetos de Pesquisa relacionados Modelagem

matemática da autodepuração e estimativa da carga de poluição difusa de nitrogênio e fósforo no Rio das Mortes, Vassouras/RJ e Biocombustíveis e Bioprocessos: levantamento de dados experimentais, modelagem termodinâmica e simulação. Estagiária da Cerveja Escola da Universidade de Vassouras.

Moisés Teles Madureira

Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras, 2019). Engenheiro de Processamento de Petróleo e Gás Natural (PUC Rio, 2013). Engenheiro Químico (UFRRJ, 1991).

Capítulo 15 - Como é realizado o descarte de drogas anestésicas no centro cirúrgico?

Autores: Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco; Vitor Tenorio Rosa; Juciney Ricardo Cotrim Pacheco; Antonio Neres Norberg; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: Este capítulo aborda como as drogas anestésicas são descartadas junto aos resíduos hospitalares, se descartados sem o devido tratamento ou ainda sem a observância das leis existentes podem constituir perigo à população, aos profissionais de saúde e aqueles que participam do processo de manejo deles. Neste sentido, o descarte de drogas anestésicas no ambiente cirúrgico tem se tornado um desafio para os estabelecimentos de saúde, visto que muitas vezes os protocolos exigidos para o descarte seguro não existem, ou frequentemente nem existem. Tem sido observado que a maioria das drogas anestésicas entre elas, hipnóticos, sedativos, opioides, anestésicos locais, anestésicos venosos, bloqueadores neuromusculares etc. têm sido descartados em locais inapropriados, deixando a população à mercê dos efeitos tóxicos e indesejáveis destas drogas. O desconhecimento da população e a falta de orientação por parte dos poderes públicos, ocasionados pela escassez de campanhas educativas são as

principais causas deste descarte inadequado, somados a falta de capacitação e preparo dos profissionais de saúde. Considerando a grande participação do centro cirúrgico como gerador de Resíduos de Serviços de Saúde - RSS, salienta-se a importância da implantação de um projeto de segregação e diminuição dos resíduos sólidos de saúde no setor, o que demanda o envolvimento de todas as equipes responsáveis pelas assistências direta e indireta prestadas.

Palavras-chave: Descarte de medicamentos, centro cirúrgico, drogas anestésicas.

O descarte de drogas anestésicas no ambiente cirúrgico é de suma importância para a preservação da saúde humana e ambiental. Em uma grande parte dos hospitais em que há procedimentos cirúrgicos, esse descarte ocorre de modo inadequado devido à carência de informações para os profissionais envolvidos na rotina diária desse setor.

Em todo o mundo tem sido identificada a presença de fármacos, tanto nas águas, como no solo, devido ao descarte indevido de medicamentos parcialmente utilizados ou alterados, e da excreção de metabólitos que não são eliminados no processo de tratamento

de esgotos (ALENCAR *et al.*, 2014). O descarte de fármacos tem se tornado um desafio do ponto de vista ambiental e em saúde pública (BILLA & DEZOTTI, 2003; UNIDESC, 2019).

Neste sentido, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC nº 306/2004 que dispõe sobre o Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (GRSS), aprovou o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde a ser observado em todo o território nacional na área pública e privada (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Já a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 358/2005, dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) sob o prisma da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Estes dispositivos legais organizam os resíduos de serviços de saúde em cinco categorias (A, B, C, D e E), que apresentam distintos modos de tratamento e disposição final:

“Grupo A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção (o grupo A está dividido em cinco subgrupos, A1, A2, A3, A4 e A5).

Grupo B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características

de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade;

Grupo C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista;

Grupo D: Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares;

Grupo E: Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório” (CARVALHO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2016).

Os resíduos hospitalares, se descartados sem o devido tratamento ou ainda sem a observância das leis existentes, podem constituir perigo à população, aos profissionais de saúde e aqueles que participam do processo de manejo deles (SANTOS *et al.*, 2016).

Os resíduos de serviços de saúde são aqueles produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins. O seu gerenciamento (acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destinação

final) exige atenção especial, devido ao potencial risco à saúde pública que podem oferecer (SCHALCH *et al.*, 2002). Estudos dessa natureza tem denunciado o impacto ambiental de medicamentos descartados de maneira inadequada, gerando contaminação do solo, água, bem como o surgimento de bactérias resistentes por descarte inapropriado de antibióticos (BALBINO *et al.*, 2017; GARCIA & ZANEETTI-RAMOS, 2004).

No que se refere ao ambiente cirúrgico, é igualmente relevante, pois possui peculiaridades inerentes ao modo de trabalho nestas áreas. A demanda de medicamentos sujeitos a controle especial para os procedimentos anestésicos é constante e é necessário o controle efetivo do uso destes, de forma que se possa acompanhar e registrar todo o processo (MACEDO *et al.*, 2007).

Neste sentido, é importante ressaltar que a análise do descarte de drogas anestésicas utilizadas em centros cirúrgicos tem sido substancialmente negligenciada. Segundo Lemos (2012), equipes de centro cirúrgico tem descartado drogas anestésicas em caixa de perfuro cortantes sem a devida segurança, o que, portanto, evidencia que análises destes procedimentos são importantes para o entendimento da situação atual nos hospitais bem como para promoção de rotina segura nos centros cirúrgicos quanto a temática estudada.

A Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) possui papel fundamental nas questões relacionadas aos RSS gerados pela instituição de saúde. Nessa instância, discute-se os problemas associados aos resíduos e às contaminações que podem advir do armazenamento e manuseio inadequados, além de associação ao responsável técnico do serviço de saúde, para a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos em Serviços de Saúde (PGRSS), conforme exige a Resolução nº 283 do CONAMA (CONAMA, 2001).

Segundo Resolução - RDC nº 222, de 28 de março de 2018, art. 3º:§ XXVII, o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas, técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a geração de resíduos e proporcionar um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores e a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

O PGRSS requer um estudo detalhado de cada unidade hospitalar, isto se deve ao fato de que cada unidade desenvolve atividades diferentes, de riscos diferentes no que se refere o potencial de contaminação. Portanto, cada setor do hospital deve ter o seu gerenciamento de resíduos específico, devido às particularidades

de cada área. E, por fim, o gerenciamento de cada setor se agrega ao gerenciamento macro do hospital, com seus fluxos internos e externos de resíduos.

No que tange o papel da Enfermagem no gerenciamento de resíduos hospitalares, diversos estudos apontam para a necessidade de a enfermagem estar consciente dos impactos provocados pelos resíduos no ambiente, e ainda, atuar como principal veículo de divulgação desta preocupação mundial. Aspectos relevantes, no sentido de a enfermagem atuar com vistas à redução do volume de resíduos gerados, também é mencionado por diversos autores (RIBEIRO & BERTOLOZZI, 2002; DANTAS *et al.*, 2009).

Tem sido observado que a maioria das drogas anestésicas entre elas: hipnóticos, sedativos, opioides, anestésicos locais, anestésicos venosos, bloqueadores neuromusculares etc., têm sido descartados em locais inapropriados, deixando a população à mercê dos efeitos tóxicos e indesejáveis destas drogas. Muitas vezes estas medicações podem ser utilizadas por pessoas desprovidas do conhecimento dos seus efeitos, além do fato de trazerem malefícios à saúde ambiental, sendo necessário uma correta destinação final para eles. A principal escolha feita erroneamente pelo pessoal que trabalha no centro cirúrgico no

descarte destes medicamentos é o seu dispensar no lixo comum, ou descarte no recipiente de materiais perfurocortantes.

Entretanto, estes descartes são considerados inadequados, podendo contaminar o solo, as águas superficiais e as águas subterrâneas, bem como também trazer prejuízo à população que manipula esse descarte. Neste contexto, é urgente a necessidade de se repensar na maneira correta de se descartar os medicamentos e levarmos aos profissionais que trabalham diretamente com estes fármacos, a reflexão sobre as consequências de seus atos para com a saúde pública, e ao mesmo tempo valorizar o seu papel no descarte consciente destes medicamentos.

Os anestesiólogistas e a equipe de enfermagem, por serem profissionais responsáveis pela garantia da saúde e a segurança dos pacientes por meio do uso racional de medicamentos, tornam-se imprescindíveis em prestar a orientação necessária à população quanto ao modo correto de se realizar o descarte de seus medicamentos sem provocar prejuízos ao meio ambiente e danos à saúde da população.

Diante deste fato, devemos conscientizar a comunidade médica (anestesiólogistas), a equipe de enfermagem e o pessoal da faxina hospitalar, quanto ao descarte adequado de medicamentos e

suscitar neles a responsabilidade social como agente transformador da saúde pública e ambiental.

Observa-se que na grande maioria dos hospitais este descarte é feito em lixo comum com possibilidades de vazamentos destes fármacos, provocando com isto na contaminação do meio ambiente e do pessoal que lida diretamente com ele.

Os medicamentos possuem um papel fundamental na indução, manutenção e emersão da anestesia, e em especial na preservação da homeostase do paciente durante o procedimento cirúrgico. Durante o ato cirúrgico, uma grande parte destas drogas é deixada em seringas e nas ampolas de vidro, visto não serem utilizadas na sua totalidade, o que contribui para a sobra de medicamentos, já que não poderem ser utilizadas para um provável consumo posterior. Porém, muitas vezes os medicamentos ficam por muito tempo na sala cirúrgica, à mercê de mudanças de temperatura e terminam sendo descartados em lixo ou esgoto comum sendo este descarte considerado inadequado, podendo contaminar o solo, as águas superficiais (rios, lagos e oceanos) e águas subterrâneas (lençóis freáticos).

Os compostos químicos presentes nos medicamentos podem ser transformados em substâncias tóxicas, quando expostos a

condições de umidade e temperatura desfavoráveis, resultando no impacto do equilíbrio do meio ambiente, além de contribuírem para o surgimento de bactérias resistentes aos mesmos.

O desconhecimento da população e a falta de orientação por parte dos poderes públicos, ocasionados pela escassez de campanhas educativas são as principais causas deste descarte inadequado (CARNEIRO, 2011; PINTO *et al.*, 2014).

Neste contexto, é urgente a necessidade de se repensar a maneira correta de descartar os medicamentos, levando as equipes médica, de enfermagem e da faxina hospitalar a refletirem sobre as consequências de seus atos para com a saúde pública e, ao mesmo tempo, valorizar seu papel no descarte consciente destes medicamentos. Uma simples estratégia preventiva seria evitar sempre que possível que a sobra de medicamentos fosse descartada no lixo comum ou no descarpax, entretanto muitos profissionais de saúde, não recebem este tipo de informação, apesar de serem de sua responsabilidade garantir a saúde e a segurança dos pacientes, visando sempre à prática do uso racional de medicamentos.

O uso de substâncias psicoativas é um pouco mais alto na classe médica quando comparado à população geral. Dentre as

especialidades, a Anestesiologia é a que se apresenta com maiores problemas de abuso de substâncias psicoativas, sendo este o risco ocupacional mais prevalente neste grupo profissional. Tal fato, pode apresentar danos a todas as formas de vida, ou seja, ao meio ambiente natural e, conseqüentemente, à humana, se não forem tomadas as devidas precauções e cuidados na utilização dos recursos disponíveis.

Em relação aos resíduos dos serviços de saúde (RSS), os impactos ambientais causados pelo seu gerenciamento inadequado podem atingir grandes proporções, desde contaminações e elevados índices de infecção hospitalar, em função das contaminações do lençol freático. A assistência à saúde dentro do ambiente do centro cirúrgico é uma atividade complexa, a qual envolve profissionais de diversas áreas e tratamentos diversificados, que demandam cada vez mais a utilização de equipamentos e materiais modernos e complexos. Estes, por sua vez, contribuem para o aumento da utilização de insumos descartáveis que precisam ter destino adequado. Portanto, a elaboração, a implementação e o desenvolvimento de normativas para o descarte adequado desses resíduos, devem envolver todos os profissionais do centro cirúrgico, observando as características desses fármacos, para a partir deste contexto, determinar as ações referentes ao programa.

O objetivo dos profissionais envolvidos no manuseio de drogas anestésicas.

Assim, a elaboração, a implementação e o desenvolvimento de normativas devem envolver todos os profissionais do centro cirúrgico, observando as características de cada fármaco para, a partir deste contexto, determinar as ações referentes ao programa. O objetivo do anestesiológico e da equipe de enfermagem, é realizar assistência durante o peri-operatório e tratamento intensivo pós-operatório com base nos padrões de segurança e qualidade em saúde, visando um atendimento de qualidade ao paciente.

Entretanto, os resíduos gerados em uma unidade hospitalar são fonte de risco para a saúde do trabalhador, que por muitas vezes demonstra um certo descaso com o processo de gerenciamento de resíduos e a adoção de precauções padrão. A realização de procedimentos de forma mecanizada, apressada e/ou desatenciosa faz com que o profissional se boicote no que diz respeito à sua segurança e saúde. E por isto, elaborar protocolos e programas se faz necessário para que as regras façam parte do cotidiano do profissional, minimizando erros e evitando acidentes.

A partir do questionamento “Como está sendo feito o gerenciamento dos resíduos anestésicos no centro cirúrgico?” é que surgiu o interesse da temática. O gerenciamento dos resíduos e a sua rota desde o descarte inicial, na fonte geradora destes até sua destinação final deve estar rigorosamente em consonância com as normas de biossegurança vigentes na legislação brasileira. Neste sentido, os riscos advindos deste processo surgem desde a produção deste resíduo, cujo gerador é o profissional de saúde, principalmente, o anestesiológico.

Considerando a grande participação do centro cirúrgico como gerador de RSS, salienta-se a importância da implantação de um projeto de segregação e diminuição dos resíduos sólidos de saúde no setor, o que demanda o envolvimento de todas as equipes responsáveis pelas assistências direta e indireta prestadas – anestesiólogos, enfermagem, engenharia clínica, farmácia e higiene, capacitando-os para o correto descarte dos resíduos, objetivando a diminuição de resíduos infectantes e poluentes.

Por fim, drogas anestésicas devem ser descartadas em sacos de cor laranja, que de acordo com a legislação vigente indica resíduos químicos, e dentro de bombonas, que são construídas com material que não permite o vazamento, mesmo com resto que seringas ou ampolas com medicamentos. Neste sentido, a visão

deste grupo de estudo para ações futuras é promover a conscientização de capacitação, além de confecção de procedimentos operacional padrão (POP) para descarte de drogas anestésicas em centro cirúrgico, pois é sabido que embora alguns hospitais realizem o descarte adequado, muitos ainda carecem de um procedimento ótimo, seja por falta de conhecimento e/ou capacitação.

Referências

ALENCAR, T. O. S. *et al.* Descarte de medicamentos: uma análise da prática no Programa Saúde da Família. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 2157-2166, 2014.

ALMEIDA, M. A. R.; WILSON, A. M. M. M.; PETERLINI, M. A. S. Evaluación del descarte de residuos de fármacos en unidades pediátricas. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 50, n. 6, p. 922-928, 2016.

BALBINO, M. L. C.; BALBINO, E. C. O descarte de medicamentos no Brasil: Um olhar socioeconômico e ambiental do lixo farmacêutico. **Revista Brasileira de Estudos Jurídicos-Faculdades Santo Agostinho**, v. 7, n. 1, p. 87-100, 2017.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química nova**, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.

CARVALHO, E. V. *et al.* Aspectos legais e toxicológicos do descarte de medicamentos. **Rev Bras de Toxicol**, v. 22, p. 1-8, 2009.

GARCIA, L. P.; ZANETTI-RAMOS, B. G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, p. 744-752, 2004.

LEMOS, M. C. **Gerenciamento de Resíduos de um Hospital Público do Rio de Janeiro: um estudo sobre o saber/fazer da enfermagem no Centro Cirúrgico e Central de Materiais**. 2012. Dissertação de Mestrado.

MACEDO, L. C. *et al.* Segregação de resíduos nos serviços de saúde: a educação ambiental em um hospital-escola. **Cogitare Enfermagem**, v. 12, n. 2, p. 183-188, 2007.

RODRIGUES, C. R. B. *et al.* **Aspectos legais e ambientais do descarte de resíduos de medicamentos**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SANTOS, S. L. F. *et al.* Aspectos toxicológicos do descarte de Medicamentos: Uma questão de educação em saúde. **Revinter**, v. 9, n. 3, 2016.

UNIDESC, V. G. P.; UNIDESC, D. S. S. **Descarte Consciente de Medicamentos: Uma Responsabilidade Social de Farmácias e Drogarias**. Centro Universitário ICESP de Brasília, p. 88, 2019.

VAZ, K. V.; FREITAS, M. M.; CIRQUEIRA, J. Z. Investigação sobre a forma de descarte de medicamentos vencidos. **Cenarium Farmacêutico**, v. 4, n. 4, p. 17-20, 2011.

Sobre os autores

Conceição de Maria Melo e Alvim Pacheco

Médica anesthesiologista graduada pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ (1991). É portadora do Título de Especialista em Anestesiologia pela UERJ- SBA. Fez Pós-Graduação em Anestesiologia CET-UERJ, no Serviço do Prof. Alfredo Portella.

Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Professora responsável das disciplinas de Anestesiologia e Farmacologia I e II da Universidade Iguçu. Endereço eletrônico para contato:

Vitor Tenorio Rosa

Possui graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Augusto Motta (2006) e graduação em Medicina em andamento pela Universidade Iguçu. Mestrado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) e Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2014). Atualmente é professor adjunto da Universidade Iguçu, exercendo o cargo de Coordenador do Curso de Ciências Biológicas.

Juciney Ricardo Cotrim Pacheco

Médico, Mestre em Ciências Biológicas e Doenças Parasitárias; Professor Adjunto de Ginecologia e Obstetrícia da Universidade Iguçu. Possui o Título de Especialista em Ginecologia e Obstetrícia pela Febrasgo. Diretor Técnico da Maternidade Mariana Bulhões na cidade de Nova Iguçu. Coordenador Médico da Maternidade do Hospital Municipal Albert Schweitzer na cidade do Rio de Janeiro. É portador da Medalha de Mérito Pedro Ernesto, concedida pela Câmara Municipal da cidade do Rio de Janeiro.

Antonio Neres Norberg

Graduado em Medicina pela Fundação Educacional Serra dos Órgãos. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Mestre em Patologia Clínica pela UFRRJ, doutorado em Parasitologia pela UFRRJ. É professor titular no curso de Medicina da FAMESC. Professor titular no Centro Universitário UNIABEU. Coordenador do curso de Medicina da Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC. Membro titular da Academia Brasileira de Medicina Militar. Endereço eletrônico para contato:

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil. Endereço eletrônico para contato:

Capítulo 16 - Memória sobre o Sistema da Natureza, em que se considera a possibilidade da utilização de dados populacionais de entomofauna como indicador do estado de conservação do ambiente por meio de métodos estatísticos

Frederico Novaes da Fraga, Alexandre Ururahy Rodrigues, Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti, Marco Antônio Pereira Araújo

Resumo: O impacto antrópico no ambiente gera uma demanda por sua mensuração. No atual cenário mundial, favorável à preservação ambiental, fruto de décadas de movimento ambientalista, medir o impacto humano no ecossistema é fundamental. Diversos métodos são utilizados para tal fim, como o uso de bioindicadores por exemplo. Neste capítulo, é empreendida uma revisão sistemática da literatura e uma análise estatística de modo a estabelecer uma base teórica e um ferramental para o uso de insetos (Lepidoptera) como bioindicadores. Foram recolhidos dados sobre espécies de Lepidoptera que foram estatisticamente testados de modo a estabelecer a validade da hipótese da influência do meio sobre os números de três espécies: *Archaeoprepona demophon*, *Hamadryas feronia* e *Taygetis laches marginata*. As médias da

primeira e da última revelaram-se estatisticamente iguais, porém, para a *Hamadryas feronia*, o teste estatístico revelou que o impacto sobre essa espécie foi significativo, levando à conclusão de que o uso dessa espécie para monitoramento é eficaz.

Palavras-Chave: Bioindicadores; Impacto Ambiental; Entomofauna; Lepidoptera; Monitoramento Biológico.

Introdução

A afirmação de Galileu Galilei (2004, p. 46) de que o livro da Natureza “está escrito em língua matemática” pode não ser mais totalmente adequada ao *ethos* científico após o Caos e os trabalhos de Heisenberg e Gödel, porém ainda o é para descrever o ímpeto científico humano. Numa comunicação semanal que Francis Galton (1874), o famigerado pai da estatística – também da eugenia (HOLT, 2018) –, endereçava a seus pares da Royal Society, ele investiga o “homem de ciência”,⁸ coletando uma série de entrevistas, que chama de autobiografias, feitas com vários cientistas das ilhas britânicas, procurando extrair deles quais seriam as qualidades intrínsecas desse homem, como energia,

⁸ “The purport of this discourse is to specify the chief qualities by which the English **men of science** of the present day are characterized [...]” (GALTON, 1874, p. 227, grifo dos autores).

saúde, perseverança, entre outras, principalmente para aqueles que, engajados em outros serviços durante o dia, tinham “seu estudo e trabalho científicos sempre realizados depois do horário comercial” (GALTON, 1874, p. 228, tradução dos autores).⁹ A preocupação desses homens se dava justamente no âmbito de produzir e legar conhecimento sobre o sistema do mundo, embora a convivência nas academias não fosse livre de disputas de ego e maquinações políticas (CAVALCANTI, 2010), principalmente depois do advento do erudito¹⁰ como intelectual público, ativo nas funções sociais e políticas das cidades (BURKE, 2003; GUMBRECHT, 2017).

Esse ímpeto está presente até os dias atuais, em que o mesmo vigor empregado pelos filósofos escolásticos em produzir as grandes demonstrações lógicas das Sumas (MARÍAS, 2004), passando pelos sistemas dos filósofos da natureza¹¹ (FANNING, 2016), pelo fervor totalizante dos enciclopedistas (CHARTIER, 2017), e culminando nas tentativas da física moderna de sanar os abismos

⁹ “[...] my studies and scientific work were always accomplished after business hours [...]”.

¹⁰ Ou Cientista, ou estudioso, ou *Philosophe* (GUMBRECHT, 2017), para os fins desse trabalho, o termo é indiferente, como ressalta Goff (2018, p. 23): “Entre tantas palavras: eruditos, doutos, clérigos, pensadores (a terminologia do mundo do pensamento sempre foi vaga) [...]”.

¹¹ Lê-se: os primeiros cientistas naturais, como Galileu, Newton, Kepler etc.

ainda aparentemente intransponíveis entre os dois maiores paradigmas científicos modernos, a mecânica quântica e a teoria geral da relatividade, em busca da teoria de tudo (GREENE, 2001). A compreensão dos fenômenos da natureza através de modelos sistemáticos requer o uso de um ferramental matemático poderoso, de modo que esses modelos sejam minimamente eficientes e acurados em sua representação, ainda que as ferramentas sejam imperfeitas e falíveis, como afirmam tanto os teoremas de Gödel (GLEISER, 2015) quanto a Incerteza de Heisenberg (FIRESTEIN, 2019). A percepção dessas fraquezas, no entanto, é bem anterior. O próprio Henri Poincaré notou alguns problemas quanto ao uso de equações diferenciais para modelagem, uma ferramenta ainda fundamental para tal (ANTON *et al.*, 2014): ele mostrou, em seu trabalho “Memória sobre as curvas definidas por uma equação diferencial”¹² que, para a maior parte dessas equações, não é possível encontrar uma solução analítica que possa ser descrita, como se faz parecer nos cursos introdutórios a equações diferenciais — na maioria das vezes, é necessário entender qualitativamente o comportamento da solução sem encontrá-la de fato (POINCARÉ, 1881). Técnicas

¹² *Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle.*

estatísticas também podem ser utilizadas quando do estudo de algum fenômeno, sejam eles descritivos ou inferenciais. Como se verá adiante, a coleta de dados acerca de algum fato da natureza pode servir de base para sua descrição e para que se possa inferir conclusões acerca dele, ressaltando-se que, por serem técnicas baseadas em amostras, e é muito difícil realizar uma amostragem de toda uma população, pode haver erros quanto às conclusões oferecidas nesses processos (BELFIORE, 2015).

Nos dias atuais, ferramentas e técnicas capazes de compreender e tirar conclusões sobre o comportamento de fenômenos são assaz necessárias, principalmente quando é cláusula pétrea medir, quantificar e qualificar a influência antrópica no ambiente (BOTKIN & KELLER, 2018).

Um dos métodos possíveis para esse fim é o uso de indicadores biológicos, ou bioindicadores, do estado do ambiente. A utilização desse método é interessante pois, monitorando espécies estratégicas, é possível ver como se dá sua interação com o ambiente, e como esta varia, visando obter descrições e referendar conclusões. Este capítulo investiga essa forma de monitorar o ambiente. O que aqui se pretende é, a partir de dados de monitoramento de entomofauna, Lepidoptera no caso, presentes na literatura (SANTOS *et al.*, 2012), realizar análises estatísticas,

com o apoio do software *Minitab*© (2019), de modo a entender como se comportam e testar a hipótese de ser possível utilizar essas espécies, futuramente apresentadas, como forma de monitoramento.

De modo a constituir uma base teórica sólida, foi empreendida uma revisão sistemática da literatura, de modo a elencar trabalhos que tratam do tema e estabelecer um eixo conceitual que os conecte. Em seguida, são apresentados alguns conceitos relativos aos tipos de estatísticas empregados neste estudo, bem como o expediente metodológico deste trabalho. Por fim, as análises são descritas passo a passo e as conclusões delas extraídas são analisadas de modo a concluir se a hipótese se verifica ou não.

Referencial Teórico

Optou-se, neste trabalho, para uma revisão sistemática da literatura, para obter subsídios teóricos específicos aos seus intentos. Esse procedimento diferencia-se de uma revisão da literatura *ad hoc* por ser baseada num processo de metanálise, uma “análise estatística de uma grande coleção de resultados de estudos individuais com a finalidade de integrar esses resultados” (GLASS, 1976, p. 3). Assim, neste processo, é produzida uma *string* de busca, contendo o maior número de descritores possível para

que os trabalhos selecionados estejam o mais próximo possível do tema abordado. A vantagem desse processo é oferecer “informação sobre os efeitos de determinado fenômeno num amplo espectro de situações e métodos empíricos” (KITCHENHAM, 2004, p. 2). Os critérios para a realização da revisão sistemática são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios de Revisão Sistemática.

Critérios de Revisão Sistemática	
Seleção de Fontes	Fundamentada em bases de dados eletrônicas
Palavras-chave	Insetos, Bioindicadores, Lepdoptera, Coleoptera, População, Poluição, Impacto Ambiental, Degradação Ambiental
Idioma dos Estudos	Português
Métodos de busca de fontes	Fontes pesquisadas via <i>web</i>
Listagem de fontes	Google Acadêmico
Tipo dos artigos	Teóricos; Estudos Experimentais
Critérios de inclusão e exclusão dos artigos	Apresentação de bases teóricas sobre escolhas das espécies; metodologias de coleta; apresentação dos dados; técnicas estatísticas empregadas

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Para empreender a pesquisa, foi inserida uma *string* na base de dados Google® Acadêmico, composta a partir dos critérios da revisão sistemática. Trata-se de “um conjunto de descritores com alguns operadores booleanos” (COSTA; ZOLTOWSKI, 2014, p. 62), de modo a obter resultados refinados e que atendam às especificidades da pesquisa, que se apresenta na seguinte forma:

- inseto AND bioindicador AND (coleoptera OR lepidoptera) AND população AND análise AND (poluição OR poluente OR tóxico OR contaminação) AND "impacto ambiental" AND "degradação ambiental".

Esta *string* de busca rendeu 111 trabalhos, que foram selecionados em três etapas: leitura dos títulos, leitura dos resumos e, por fim, uma leitura mais detalhada dos trabalhos. As etapas são representadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Seleção de Trabalhos.

Seleção de Trabalhos	
Resultados Iniciais	111 trabalhos
Selecionados a partir dos títulos	31 trabalhos
Selecionados pela leitura dos resumos	14 trabalhos
Seleção final	12 trabalhos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

O Quadro 3 dispõe alguns pontos de interesse destacados nos trabalhos. Goulart & Callisto (2003), Sonoda (2009), Rosa & Paiva (2009) e Prestes & Vicenci (2019) empreendem trabalhos essencialmente teóricos, que empreendem uma revisão da literatura sobre os temas de bioindicadores e monitoramento biológico utilizando espécies animais, notadamente insetos. Os primeiros realizaram uma pesquisa voltada à utilização de macroinvertebrados bentônicos para monitoramento biológico de impacto ambiental, tratando especificamente de ambientes aquáticos. Já Prestes & Vicenci (2019) realizaram uma ampla revisão de literatura, elencando 16 artigos relacionados a bioindicadores e qualidade ambiental, construindo um apanhado teórico dos usos de determinadas espécies e alguns fatores geradores de desequilíbrio.

Rosa & Paiva (2009) realizaram uma revisão de literatura sobre a utilização de marcadores moleculares microssatélites, DNA mitocondrial e Y-específicos como forma de produzir dados de monitoramento de espécies. Já Sonoda (2009) empreendeu um trabalho revisional, reunindo conteúdo de artigos, teses e dissertações que tratam de monitoramento biológico de ambientes aquáticos, com foco no bioma Cerrado. Esses trabalhos são interessantes por apresentar qual o horizonte teórico em que este

trabalho se insere, e apresentarem, em amplo aspecto, como outros trabalhos realizaram espécies semelhantes ou não de monitoramento. Outro aspecto a se destacar é o fornecimento de informações sobre metodologias diferentes de monitoramento, como Goulart & Callisto (2003), que trataram de ambientes aquáticos, e Rosa & Paiva (2009), que apresentam uma nova técnica de monitoramento de espécies.

Os trabalhos restantes são estudos empíricos, ou seja, envolvem coleta de dados em áreas delimitadas para a obtenção de uma determinada conclusão. Santos (2016) propõe uma estratégia de monitoramento de químicos presentes no ambiente, especificamente em áreas urbanas, utilizando invertebrados terrestres. Suas classes de interesse são Insecta, Crustacea e Arachnida. Sua estratégia de monitoramento consistiu na coleta de amostras dessas espécies para a obtenção de dados que serão tratados química e estatisticamente para determinar a qualidade ambiental das regiões estudadas, baseando-se na capacidade desses animais de absorverem os elementos químicos presentes, mesmo em níveis tóxicos, considerando sua capacidade de adaptação ao meio. Andriotti (2019) realizou o monitoramento de riachos de Florianópolis utilizando duas estratégias: coleta e

análise de invertebrados aquáticos e amostragem de massa proveniente de decomposição foliar.

Já Amaral (2007) e Campos (2012) não se interessaram no monitoramento do impacto de ações antrópicas, mas no processo de sua recuperação. O primeiro trabalha com o processo de recuperação de áreas degradadas, por meio da reutilização de resíduos orgânicos. Sua estratégia para monitorá-lo é a amostragem de invertebrados epígeos, de modo a detectar a influência dos materiais utilizados, lodo de esgoto e resíduo de poda de árvores, na recuperação do ambiente e consequente impacto na fauna estudada. O segundo realiza um trabalho semelhante ao primeiro, utilizando insetos bentônicos como fauna para monitoramento de uma área recuperada, desta vez uma região aquática.

Saito (2013) realizou um trabalho em duas partes: a primeira, uma caracterização e um estudo sobre a variação da fauna de insetos num determinado local considerando aspectos abióticos, e a segunda, o desenvolvimento de um índice multimétrico a partir desses dados. Pereira (2009) realizou um estudo da composição e da distribuição de *Hymenoptera: Braconidae* na fazenda Canchim (Embrapa, São Carlos, SP), utilizando três armadilhas *Malaise*

dispersas por três ecossistemas: área agrosilvopastoril, mata mesófila semidecídua e área de reflorestamento.

Santos (2012) delimitou duas áreas, uma unidade “conservada” e outra “impactada”, para propor uma estratégia de monitoramento. Ela permitiu identificar espécies que preferiram a área impactada (*Hamadryas feronia*; *Capronieria galesus*) e outras, a conservada (*Catoplebia Amphirhoe*; *Archaeoprepona demophan*), demonstrando que o uso de borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) é eficiente no monitoramento. Já Moraes (2003) utiliza a fauna de borboletas frugívoras para monitorar a recuperação de uma área degradada por mineração.

A estratégia de monitoramento proposta por Santos (2016) é interessante por propor o uso de outras ordens que não Insecta, oferecendo novos horizontes. Sonoda (2009), Campos (2012), Saito (2013) e Andriotti (2019) focam em ambientes aquáticos, oferecendo uma nova perspectiva de trabalho e uma gama de espécies a serem utilizadas como alternativas para estudos similares, porém nos limites desse trabalho e nos primeiros momentos da pesquisa, não serão utilizados. Pereira (2009) utilizou a alternativa das armadilhas *Malaise*, que deve ser considerada como possibilidade de amostragem.

O protocolo de monitoramento utilizado por Moraes (2003) e Santos (2012) e são os mais interessantes a serem adotados, dado o escopo deste trabalho. Desse modo, os dados disponibilizados pela primeira em seu trabalho serão futuramente trabalhados na análise estatística discriminada na metodologia.

Quadro 3 – Pontos chave da bibliografia levantada.

Informações sobre o estudo		Monitoramento	Área de interesse e/ou estudada	
Autores	Natureza do Trabalho	Indicadores de interesse e/ou utilizados	Característica do ambiente	Estado de conservação
Goulart e Callisto (2003)	Revisão de Literatura	Macroinvertebrados Bentônicos	Aquático	–
Moraes (2003)	Empírico	Lepidoptera: Nymphalidae	Terrestre	Recuperado
Pereira (2009)	Empírico	Hymenoptera: Braconidae	Terrestre	Conservada/ Uso agrosilvopastoril/ Recuperado
Rosa e Paiva (2009)	Revisão de Literatura	Amplio espectro de fauna	Terrestre/ Aquático	–
Sonoda (2009)	Revisão de Literatura	Invertebrados Aquáticos	Aquático	–
Campos (2012)	Empírico	Insetos Bentônicos	Aquático	Recuperado

Santos (2012)	Empírico	Lepidoptera: Nymphalidae	Terrestre	Degradado/Impactado
Saito (2013)	Empírico	Insetos Bentônicos	Aquático	–
Amaral (2017)	Empírico	Invertebrados Epígeos	Terrestre	Recuperado
Santos (2016)	Empírico	Invertebrados Terrestres	Terrestre	Conservado/ Impactado
Andriotti (2019)	Empírico	Invertebrados Aquáticos/ Decomposição Foliar	Aquático	Impactado
Prestes e Vicenci (2019)	Revisão de Literatura	Amplo espectro de fauna	–	–

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Monitoramento de Impacto Ambiental e Bioindicadores

A ação humana impacta o ambiente. Quando o homem age, tem de ter em conta “tanto o que se passa no seu corpo quanto outros dados externos, como por exemplo, as condições meteorológicas ou as atitudes de seus vizinhos” (MISES, 2010, p. 35), pois entendendo-se a natureza como um sistema (TOWNSEND *et al.*, 2010), qualquer tipo de intervenção trará consequências à sua estabilidade.

Considerando-se a variedade da ação humana sobre o ambiente, as consequências são, também, diversas: Santos (2017, p.1) ressalta que “em geral, toda alteração ocorrida no meio ambiente que cause desequilíbrio e prejudique as atividades humanas e a biota pode ser considerada um impacto ambiental”. Alguns exemplos dessas ações são a degradação de ambientes aquáticos, desmatamento desenfreado, poluição do solo e dos lençóis freáticos, além da influência destas ações na diminuição da biodiversidade local, entre outros (PRESTES; VICENCI, 2019). Vale ressaltar, também, que mesmo a exploração de recursos renováveis pode causar danos ao ambiente.

Townsend *et al.* (2010, p. 475) citam o exemplo da pesca por rede de arrasto, capaz de danificar comunidades de corais. E a capacidade de interferência se potencializa com o seu número crescente, pois, como a capacidade tecnológica humana era baixa e a demanda por alimento era menor nos tempos em que a humanidade não possuía um grande contingente populacional, esses autores afirmam que o impacto humano não era maior que o de qualquer outra espécie. Foi o desenvolvimento tecnológico, ampliando a escala de ação da humanidade, que proporcionou esse poder de impacto. Deve-se atentar, também, para a natureza desses impactos, como fez Santos (2007, p.1):

“Para os leigos, o termo poluição ambiental está associado a fenômenos visíveis, como, por exemplo, a fumaça que sai dos escapamentos dos automóveis e chaminés, além do lixo e detritos nas ruas e nos rios. Porém, a poluição do meio ambiente pode se apresentar tanto como matéria visível, mas também como matéria de dimensões fora do alcance a olho nu, como é o caso dos gases e de micropartículas suspensas no ar, ou mesmo sob a forma de energia como a eletromagnética, o ruído e o calor, que não são visíveis”.

Além disso, não apenas os seres humanos causam impacto no ambiente, mas animais, quando introduzidos noutros *habitats* por migração ou processo análogo também causam impacto (TOWNSEND *et al.*, 2010). Essas citações revelam a importância do monitoramento dessas ações, para que possam ser controladas, que os danos ocasionados possam ser, de algum modo, sanados e para que desastres ambientais sejam evitados.

No âmbito político, essa preocupação resultou em diversos movimentos de cunho ambientalista. O marco inicial desses movimentos foi a campanha realizada por Rachel Carson contra o uso do diclorodifeniltricloroetano (DDT), “mundialmente bem-sucedida” (SCRUTON, 2007, p. 364), despertando a população para temas ambientais com seu livro *Primavera Silenciosa*, cuja tese era de que, com a influência danosa do DDT sobre as populações

de pássaros, em breve as primaveras chegariam sem serem anunciadas pelo canto deles (LOMBORG, 2001).

Esse impacto social refletiu-se na política, despertando o interesse de diversos governos e entidade para os temas, como demonstram as diversas conferências realizadas que abordaram principalmente ou como parte de seu programa temas ambientais: a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano (1972), em Estocolmo; a Conferência Intergovernamental de Tblisi (1977), na Geórgia; também a Eco 92 (1992) no Rio de Janeiro, para citar algumas (RAMOS, 2001,). Outro acontecimento relevante, mas dessa vez no âmbito das políticas públicas, foi a instituição nos Estados Unidos do *National Environmental Policy Act*, em 1969, que previa um sistema de aferição das consequências de projetos de desenvolvimento no ambiente, o chamado Estudo de Impacto Ambiental (GOULART; CALLISTO, 2003).

Há diversos métodos para medir esses impactos. O caso apresentado por Goulart e Callisto (2003), por exemplo, referiu-se ao monitoramento de ambientes aquáticos, que pode ser feito através da medição de variáveis químicas, físicas e microbiológicas (lê-se: coliformes totais e fecais), com a vantagem de quantificar imediatamente “modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável

modificada, e determinação destas concentrações alteradas” (GOULART; CALLISTO, 2003, p. 158) – em que reside, também, sua desvantagem: esses dados revelam apenas um instantâneo sobre as condições desse ambiente. Eles apresentam a utilização de macroinvertebrados bentônicos como instrumento de medição mais constante (GOULART e CALLISTO, 2003; SONODA, 2009; SAITO, 2013). Noutro caso, como apresentado por Santos (2016), invertebrados terrestres são cogitados de antemão como indicadores da presença de químicos no ambiente. Seu trabalho consiste na coleta de amostras das classes Insecta, Crustacea e Arachnida para obtenção de dados sobre o ambiente: as amostras serão coletadas e tratadas quimicamente para a obtenção de dados sobre os químicos presentes, para posterior tratamento estatístico dessas informações de modo a obter uma conclusão sobre a qualidade ambiental das áreas estudadas. Vale ressaltar que a utilização de invertebrados, principalmente de entomofauna, pode ter outras aplicações como em atividades forenses, conforme demonstra Rodrigues (2008) ao realizar uma coleta de amostras de Calliphoridae (Diptera) que visitaram cadáveres de *Sus scrofa* Linnaeus, utilizado como modelo para um homem adulto, para desenvolver uma distribuição temporal que possibilitasse a

determinação do estágio de decomposição pelo quantitativo e tipo de amostra entomológica.

O âmbito comum desses exemplos é a adoção de fauna animal como instrumento de verificação da condição de determinado ambiente. Na literatura, esses espécimes são tratados como bioindicadores. Na definição apresentada por Prestes & Vicenci (2019), eles são espécies, grupos de espécies ou comunidades que são capazes de reagir à presença de elementos geradores de impacto no ambiente, mostrando as mudanças no ambiente e permitindo, assim, medir sua magnitude.

Os bioindicadores não são úteis apenas para medir o impacto e a degradação de dado ambiente, mas também seu estado de recuperação, como propõem Moraes (2003), Campos (2012) e Amaral (2017). Em suma, o que se apreende da bibliografia é que o uso de bioindicadores se dá pela amostragem de espécies numa região delimitada, da qual são extraídos os dados que serão tratados estatisticamente — assim, será possível estabelecer uma conclusão sobre a qualidade ambiental e o impacto sobre a região de interesse. Outro aspecto interessante a se ressaltar é que a amostragem de espécies pode ser utilizada em conjunto com outros bioindicadores, como faz Amaral (2007), ao trabalhar concomitantemente com estes e com indicadores químicos, ou

Andriotti (2019) que trabalha também com a decomposição foliar para avaliação dos impactos. Além disso, o estudo pode relacionar tratamento químico do resultado das coletas, de modo a identificar elementos de interesse específico, como em Santos (2016).

Estratégias de Monitoramento

Não há espécies ou técnicas universais para a realização de monitoramento biológico, de modo que o pesquisador deve adaptar às metodologias às situações-problema (PRESTES & VICENCI, 2019). A gama de espécies que pode ser aplicada a diversos fins de monitoramento está descrita na bibliografia, notadamente no já referido Quadro 3. As espécies podem ser monitoradas em diferentes ambientes, aquáticos e terrestres, e em áreas de diferentes estados de conservação: a escolha da espécie de interesse irá depender da natureza do estudo a ser realizado. O Quadro 4 apresenta algumas ordens de interesse para monitoramento, em função da característica ambiental que indicam e do seu meio.

Uma estratégia de monitoramento consiste, portanto, em delimitar uma área de estudo, definir qual ou quais as ordens de interesse para coleta, definir o posicionamento de armadilhas e

realizar a amostragem. Esta pode se dar por: contagem dos insetos que visitam a armadilha num determinado período definido do dia, o que pode envolver a marcação, com tinta, por exemplo, de alguns indivíduos para interesses de cálculo populacional; ou pelo posicionamento de uma armadilha com uma solução inseticida, de modo a capturar os insetos e mata-los. Outro método de monitoramento é a utilização de marcadores moleculares, que podem ser utilizados no estudo de viabilidade genética e dinâmica populacional de espécies (ROSA; PAIVA, 2009). Trata-se de um método mais sofisticado, utilizado para interesses de determinação de descendência e contingente populacional, podendo, deste modo, ser utilizado para fins de monitoramento biológico.

Considerando a hipótese levantada da possibilidade do uso de insetos para o monitoramento de impacto ambiental gerado por um empreendimento industrial numa região, escolhe-se a ordem Lepidoptera dentre as apresentadas no Quadro 4, por ser sensível à presença de metais pesados e de variações na concentração de CO₂.

Lepidópteros são insetos que estão presentes em diversos ecossistemas terrestres, podendo enfrentar condições

desfavoráveis com certa resiliência: podem adaptar-se para viver em desertos, florestas com alta pressão de patógenos e predadores, e até mesmo no Ártico (MORAES, 2003).

Quadro 4 – Insetos de interesse como bioindicadores.

Grupo	Nome popular	Indicador	Meio
Odonata	Libélulas	Qualidade da água	Aquático
Ephemeroptera	Efemérides	Extremamente sensíveis às mudanças do ambiente/ necessidade de alta concentração de oxigênio (CAMPOS, 2017, p. 32)	Aquático
Lepidoptera	Borboletas ou Mariposas	Mudanças Ambientais, concentração de metais pesados e de CO ₂	Terrestre
Coleoptera	Besouros	Concentração de oxigênio (CAMPOS, 2017, p. 32), presença de inseticidas ou herbicidas e CO ₂	1º estágio: Aquático (SONODA, 2009, p. 19) / 2º estágio: Terrestre
Diptera: Syrphidae	Moscas e Mosquitos	Sensível a mudanças na biodiversidade	Terrestre

Fonte: Traduzido e adaptado de ROCHA *et al.* (2010, p. 255).

Metodologia

Para verificar a viabilidade do uso das espécies de lepidópteros no monitoramento, os dados da amostragem empreendida por Santos (2012) foram aqui analisados sobre uma outra perspectiva. Sua amostragem consistiu na delimitação de duas áreas numa reserva natural localizada no Rio de Janeiro, compreendendo os municípios de Casimiro de Abreu, Rio das Ostras e Macaé (Reserva Biológica União), uma área conservada e uma impactada/degradada. A reserva como um todo está cercada por sítios de atividade agrícola, além de ser cortada por redes de transmissão de energia elétrica e gasodutos. A influência sobre a área impactada delimitada se dá pela presença de redes de transmissão de alta tensão cortando-a, gerando fragmentação da vegetação, barreiras à livre circulação das espécies e aumento do efeito de borda.

A utilização de estatísticas para a análise desses dados pode-se dar por forma descritiva ou inferencial. A primeira “descreve e sintetiza as principais características observadas em um conjunto de dados por meio de tabelas, gráficos e medidas-resumo”, ou seja, o estudioso poder obter, com ela, uma visão geral de como os dados se apresentam e se comportam, sem, contudo, poder “tirar quaisquer conclusões ou inferências acerca da população [estudada]” (BELFIORE, 2015, p. 29), ao menos com esses

métodos. Para tal, recorre-se à segunda forma, que possui métodos para analisar dados e referendar ou impugnar uma hipótese que se queira aplicar a eles (SPIEGEL & STEPHENS, 2009). Esses métodos consistem, basicamente nos testes de hipótese. Estatisticamente falando, uma hipótese é uma afirmação “acerca das distribuições de probabilidade das populações” (SPIEGEL & STEPHENS, 2009, p. 265) que se deseja provar falsa ou verdadeira, e para isso os testes são aplicados.

Belfiore (2015) expõe o processo da seguinte forma: considera-se, inicialmente, uma população, com uma variável x e um parâmetro θ associados a ela. Define-se, em seguida, a hipótese que se quer testar sobre esse parâmetro, a chamada de hipótese nula (H_0), e aquela a ser confirmada no caso da rejeição desta, a hipótese alternativa (H_1). Os procedimentos matemáticos testarão essas hipóteses segundo um nível de significância α , pré-estabelecido e geralmente de 0,05, ou 5% (SPIEGEL & STEPHENS, 2009). Esse parâmetro implica que existem apenas 5 entre 100 chances de a hipótese testada não corresponder com a realidade das amostras, ou seja, há uma “confiança” (SPIEGEL; STEPHENS, 2009, p. 266) de 95% de que, feita uma nova amostragem com os mesmos critérios sobre uma mesma população, a hipótese nula, e o que for que ela proponha, virá a se confirmar novamente. Ademais, há

dois tipos de testes: paramétricos e não paramétricos. Nos paramétricos, as hipóteses relacionam-se a parâmetros populacionais, medidas numéricas que descrevem uma população, como média, desvio-padrão e variância. Para a aplicação desses testes, é necessário que os dados apresentem normalidade, ou seja, que sua distribuição obedeça a uma curva de Gauss, e homocedasticidade, ou seja, igualdade de Variância (BELFIORE, 2015). Já os testes não paramétricos são formulados levando em conta características qualitativas da população, não exigindo um número tão grande de pressupostos.

A metodologia de análise estatística utilizada neste trabalho é a proposta por Siqueira *et al.* (2020), que está esboçada na Figura 1. O processo consiste, basicamente, em três etapas:

- Verificação da normalidade dos dados;
- Verificação da igualdade das variâncias, ou homocedasticidade, dos dados;
- Teste de hipótese apropriado.

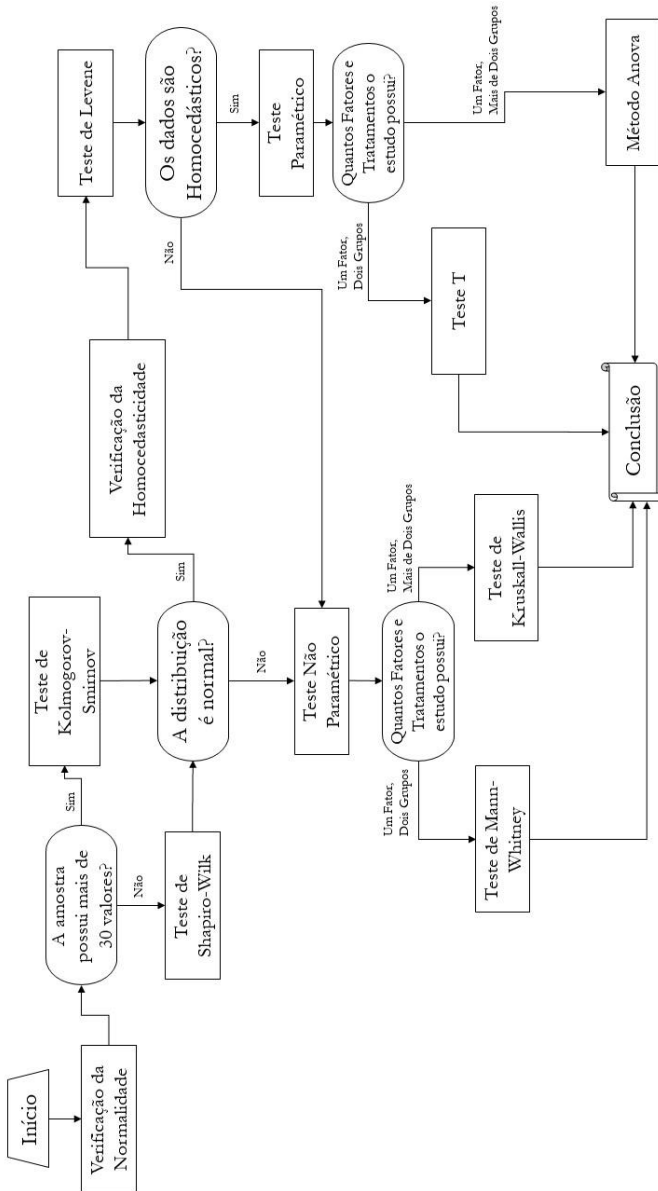
Considerada a amostra de dados, deve-se, primeiro, checar a normalidade dos dados, por meio do teste de Shapiro-Wilk, caso haja menos de 30 valores, ou do de Kolmogorov-Smirnov, caso contrário. O resultado desse teste define o passo seguinte: caso se

confirme a normalidade, segue-se para o teste de homocedasticidade; caso contrário, deve-se seguir diretamente para um teste não paramétrico, tendo em vista as exigências de cada tipo de teste, referidas anteriormente. Para se verificar a igualdade de variâncias, utiliza-se o teste de Levene. Se confirmada, opta-se por um teste paramétrico; caso contrário, deve-se utilizar um não paramétrico, mesmo que o critério da normalidade tenha sido satisfeito.

O teste paramétrico apropriado irá depender da configuração da população: caso os dados estejam divididos em apenas dois grupos, é aplicado o teste T; caso sejam mais grupos, deve-se recorrer ao método Anova. No caso de um teste não paramétrico, para dois grupos opta-se pelo teste de Mann-Whitney, em caso de mais, pelo de Kruskal-Wallis.

Foram selecionadas três espécies de quantitativo populacional destacado das amostras colhidas por Santos (2012) para que fosse realizada uma análise estatística visando determinar a diferença significativa ou não nas médias das amostragens, de modo a obter uma conclusão sobre o impacto do ambiente nas espécies.

Figura 1 - Representação do Método Estatístico Aplicado aos Dados.



Fonte: Adaptado de Siqueira *et al.* (2020).

Os dados testados foram as coletas mensais, de fevereiro de 2010 a março de 2011, de três espécies, divididas em dois grupos: coletadas na área conservada (AC) e coletadas na área impactada (AD). As espécies são: *Archaeoprepona demophon* (A.d.), *Hamadryas feronia* (H. f.) e *Taygetis laches marginata* (T. l. m.).

Análises Estatísticas

Análise dos dados de *Archaeoprepona demophon* (A. d.)

O primeiro teste será aplicado aos dados de *Archaeoprepona demophon*. As estatísticas descritivas para essa espécie são mostradas na Figura 2. A disposição dos dados revela que as amostras possuem um comportamento bem semelhante, aos menos no que se refere à média e ao desvio-padrão.

Figura 2 - Estatísticas Descritivas para *Archaeoprepona demophon*.

Estatísticas

Variável	área	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
A. d.	AC	11	0	1,091	0,368	1,221	0,000	0,000	1,000	2,000	4,000	
	AD	11	0	1,182	0,352	1,168	0,000	0,000	1,000	2,000	3,000	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

A Figura 3 mostra o diagrama de caixa (*Boxplot*) das amostras. Esse tipo de gráfico permite representar a simetria dos dados, bem

como a identificação dos valores máximos e mínimos, da mediana e dos pontos discrepantes em relação às outras amostras, os *outliers* (BELFIORE, 2015), seguindo a ordem: ponto mínimo, primeiro quartil (início do bloco central), segundo quartil ou mediana, terceiro quartil (fim do bloco central) e ponto máximo. Como se pode observar, as amostras das duas áreas possuem um comportamento muito semelhante, inclusive com medianas iguais, diferindo apenas no ponto máximo. No entanto, essas informações não são suficientes para referendar nenhuma hipótese acerca dessa população, sendo necessário recorrer a ferramentas inferenciais.

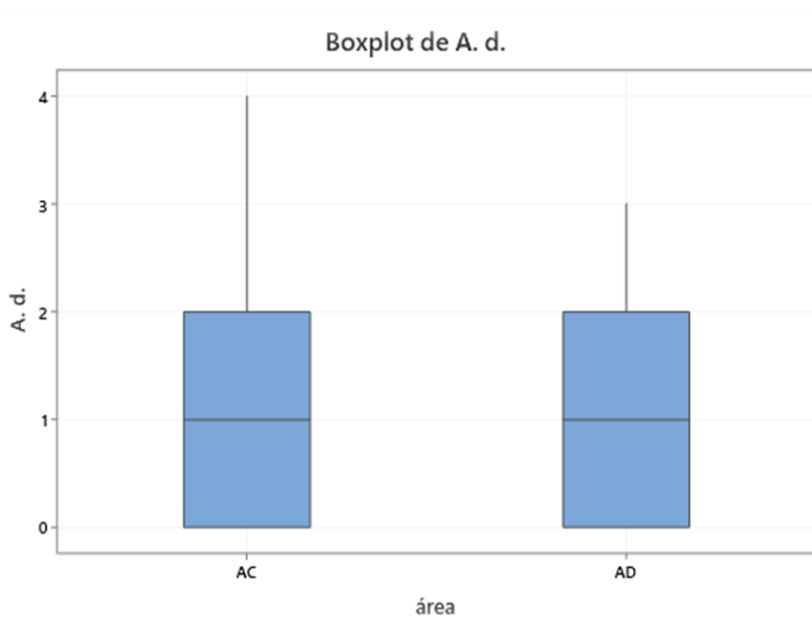
A aplicação de um teste paramétrico para analisar dois grupos depende de eles apresentarem duas características: normalidade e homocedasticidade. Para testar normalidade dessas amostras, será utilizado o Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk, considerando-se um número de amostras menor que 30. Para tal, duas hipóteses são consideradas: a nula, que afirma a normalidade dos dados, e a alternativa, que afirma a não normalidade dos dados. A significância considerada para o teste é de 5%.

H_0 = Os dados apresentam distribuição normal.

H_1 = Os dados não apresentam distribuição normal.

Significância = 0,05 ou 5%.

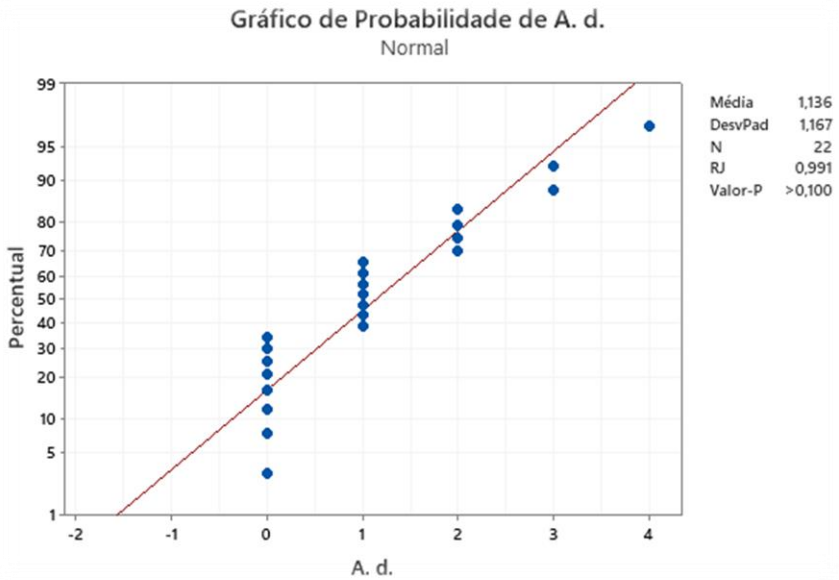
Figura 3 - Boxplot para *Archaeoprepona demophon*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

A conclusão do teste de Shapiro-Wilk, mostrada na Figura 4, com valor-p maior que 0,1, também maior que o nível de significância estabelecido, é que se deve aceitar a hipótese nula de que os dados são normais.

Figura 4 - Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk para *Archaeoprepona demophon*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Dando continuidade, segue-se ao teste de homocedasticidade de Levene, para o qual são elencadas, também, duas hipóteses:

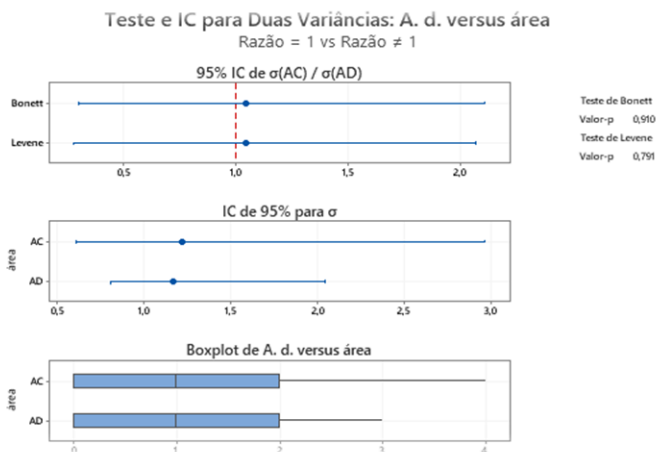
H_0 = Os dados são homocedásticos.

H_1 = Os dados não são homocedásticos.

Significância = 0,05 ou 5%.

O resultado do teste, Figura 5, mostra um valor-p de 0,791, maior que os 5% de significância estabelecida, de modo que pode-se aceitar a hipótese nula de que os dados são homocedásticos.

Figura 5 - Teste de Homocedasticidade de Levene para *Archaeoprepona demophon*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Considerando os dados como normais e homocedásticos, pode-se utilizar um teste paramétrico para testar a igualdade de médias; considerando-se dois grupos, utiliza-se o Teste-T. As hipóteses são:

H_0 = As médias são iguais estatisticamente.

H_1 = As médias são diferentes estatisticamente.

Significância = 0,05 ou 5%.

O Teste T, Figura 6, mostrou um valor-p de 0,86, maior que 5%, ou seja, a hipótese nula é aceita, portanto não há base estatística para acreditar que as médias sejam diferentes.

Figura 6 - Teste T para *Archaeoprepona demophon*.

Teste

Hipótese nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor-T GL Valor-p

-0,18 19 0,860

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Análise dos dados de *Hamadryas feronia* (H. f.)

Segue-se para os testes dos dados referentes ao quantitativo de *Hamadryas feronia*. As estatísticas descritivas para essa espécie são mostradas na Figura 7. Nesse caso, as médias e o desvio padrão dos grupos diferem. O diagrama de caixa, Figura 8, leva à conclusão semelhante: os dados da população da área conservada (AC) concentram-se numa região, com apenas um outlier, enquanto que as amostras da área degradada (AD) estão mais distribuídas na escala.

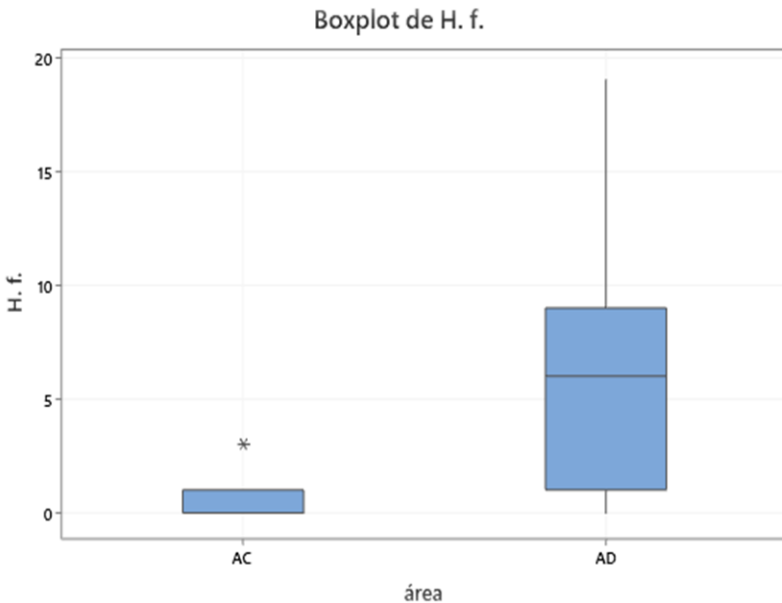
Figura 7 - Estatísticas Descritivas para *Hamadryas feronia*.

Estatísticas

Variável	área	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
H. f.	AC	11	0	0,545	0,282	0,934	0,000	0,000	0,000	1,000	3,000	
	AD	11	0	6,55	1,82	6,02	0,00	1,00	6,00	9,00	19,00	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 8 - Boxplot para *Hamadryas feronia*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Essa diferença aparente deve ser, portanto, submetida ao teste de hipótese para que a diferença entre as médias se confirme. Primeiro, deve-se testar a normalidade dos dados utilizando o Teste de Shapiro-Wilk. As hipóteses são:

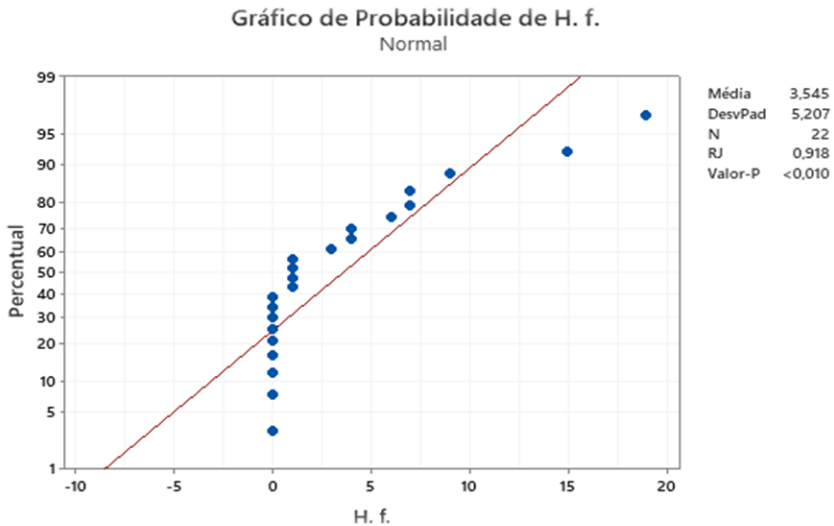
H_0 = Os dados apresentam distribuição normal.

H_1 = Os dados não apresentam distribuição normal.

Significância = 0,05 ou 5%.

A conclusão do teste de Shapiro-Wilk, mostrada na Figura 9 (Figura 4), com valor-p menor que 0,01, leva à aceitação da hipótese alternativa de que os dados não são normais.

Figura 9 - Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk para *Hamadryas feronia*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Nesse caso, não é necessário testar a homocedasticidade dos dados, pois uma das condições para a utilização de um teste paramétrico não foi satisfeita de imediato. Nesse caso, segue-se para um teste não paramétrico. Considerando-se que os dados estão divididos em dois grupos, utiliza-se o teste de Mann-Whitney. As hipóteses são:

H_0 = As médias são iguais estatisticamente.

H_1 = As médias são diferentes estatisticamente.

Significância = 0,05 ou 5%.

O resultado do teste de Mann-Whitney, mostrado na Figura 10, revelou um valor-p de 0,005, menor que a significância estabelecida de 5%, levando à aceitação da hipótese alternativa de que as médias são diferentes, dado o nível de significância considerado – ou seja, a média de AD é significativamente maior que a de AC.

Figura 10 - Teste de Mann-Whitney para *Hamadryas feronia*.

Teste

Hipótese nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor-p
Não ajustado para empates	83,50	0,005
Ajustado para empates	83,50	0,004

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Análise dos dados de *Taygetis laches marginata* (T. l. m.)

Por fim, segue-se aos testes para o quantitativo de *Taygetis laches marginata*. As estatísticas descritivas para essa espécie se encontram na Figura 11. Novamente, há uma

discrepância de médias e desvio padrão entre as amostras. O diagrama de caixas da Figura 12 mostra, para as amostras da área conservada (AC), uma concentração das amostras, bem como um *outlier*, enquanto para as da área degradada (AD) a distribuição é mais esparsa na escala.

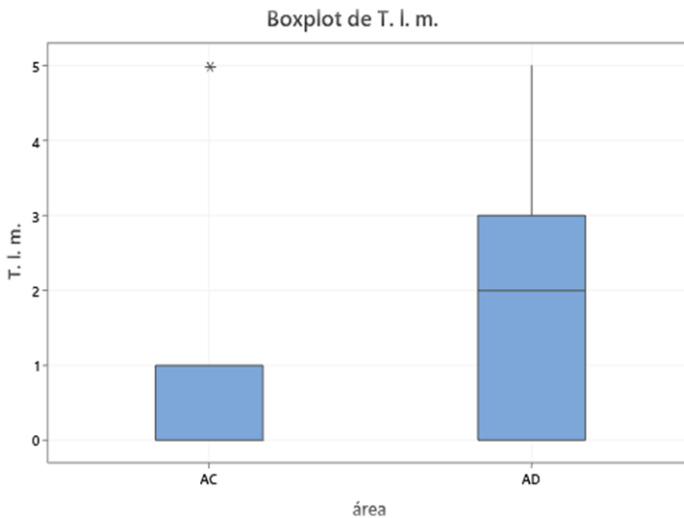
Figura 11 - Estatísticas Descritivas para *Taygetis laches marginata*.

Estatísticas

Variável	área	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
T. l. m.	AC	11	0	0,636	0,453	1,502	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	5,000
	AD	11	0	1,636	0,491	1,629	0,000	0,000	2,000	3,000	3,000	5,000

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 12 - Boxplot para *Taygetis laches marginata*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Dando continuidade à análise, deve-se testar a normalidade dos dados utilizando o Teste de Shapiro-Wilk. As hipóteses são:

H_0 = Os dados apresentam distribuição normal.

H_1 = Os dados não apresentam distribuição normal.

Significância = 0,05 ou 5%.

A conclusão do teste de Shapiro-Wilk, mostrada na Figura 13Figura 4, com valor-p maior que 0,1, leva à aceitação da hipótese nula de que os dados são normais.

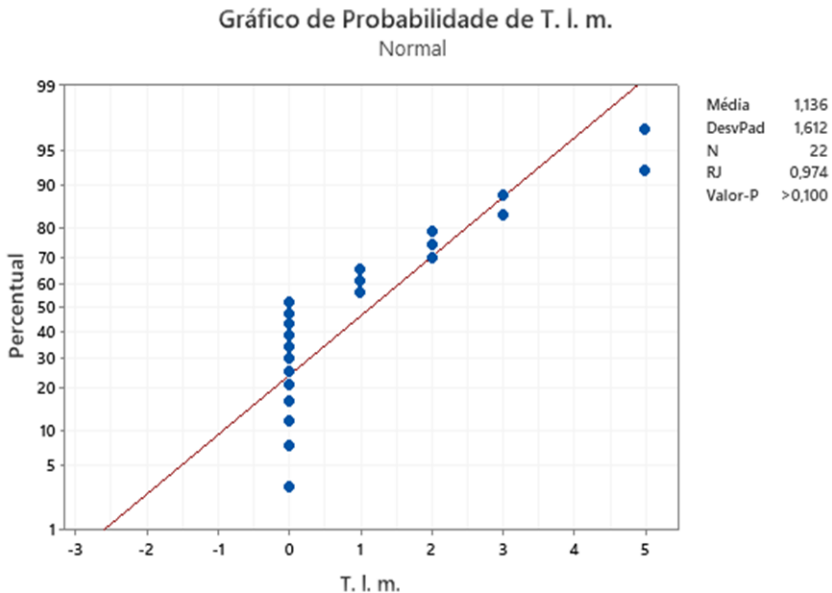
Dando continuidade, segue-se ao teste de homocedasticidade de Levene, para o qual são elencadas, também, duas hipóteses:

H_0 = Os dados são homocedásticos.

H_1 = Os dados não são homocedásticos.

Significância = 0,05 ou 5%.

Figura 13 - Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk para *Taygetis laches marginata*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

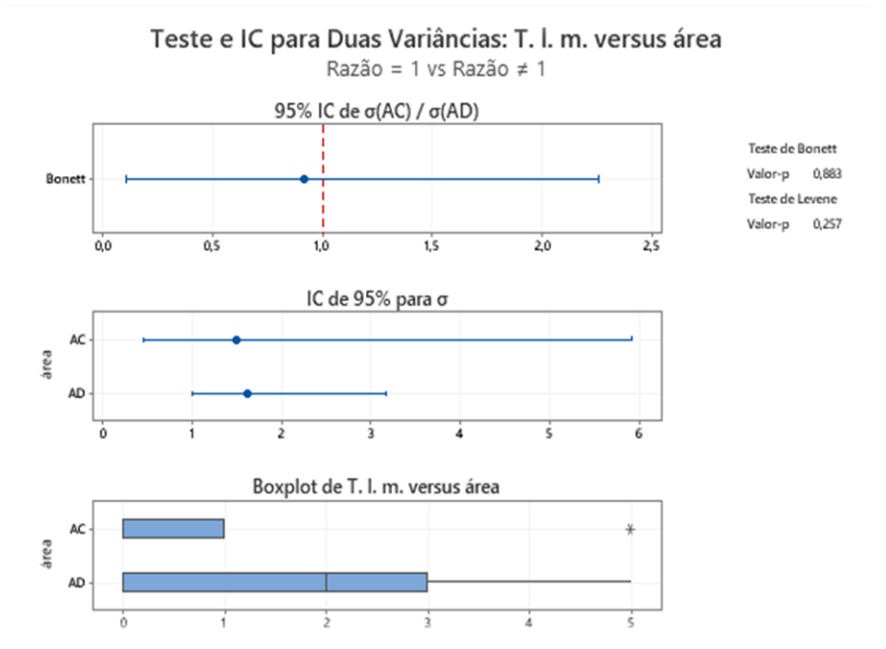
O resultado do teste, Figura 14, mostra um valor-p de 0,257, maior que os 5% de significância estabelecida, de modo que se pode aceitar a hipótese nula de os dados serem homocedásticos. Considerando os dados como normais e homocedásticos, pode-se utilizar um teste paramétrico para testar a igualdade de médias; considerando-se dois grupos, utiliza-se o Teste-T. As hipóteses são:

H_0 = As médias são iguais estatisticamente.

H_1 = As médias são diferentes estatisticamente.

Significância = 0,05 ou 5%.

Figura 14 - Teste de Homocedasticidade de Levene para *Taygetis laches marginata*.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

O Teste T, Figura 15, mostrou um valor-p de 0,151, muito maior que 5%, ou seja, a hipótese nula é aceita, portanto não há base estatística para acreditar que as médias sejam estatisticamente diferentes.

Figura 15 - Teste T para *Taygetis laches marginata*.

Teste

Hipótese nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor-T GL Valor-p

-1,50 19 0,151

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Considerações sobre as análises

Os testes com as três espécies levaram à conclusão de que apenas *Hamadryas feronia* apresentava uma diferença significativa entre as médias da amostragem da área conservada (AC) e da área degradada (AD), referendando o que estava aparente nas estatísticas descritivas. No caso da primeira espécie, estas também foram acertadas: não havia diferença significativa entre as médias. Vale ressaltar um detalhe interessante: para a última espécie, *Taygetis laches marginata*, há uma discrepância — enquanto as estatísticas descritivas levam a crer que há uma diferença entre as médias, os testes levam à conclusão oposta.

Considerações Finais

A hipótese levantada por esse estudo refere-se ao uso de Lepidoptera como medida do impacto gerado por ação humana

no ambiente. Para referendar essa hipótese, foi realizada primeiro uma pesquisa bibliográfica para fornecer fundamentos teóricos e dados que pudessem ser analisados. Posteriormente, foram selecionados dados da amostragem realizada por Santos (2012) para serem analisados sob a metodologia apresentada por Siqueira *et al.* (2020).

Os dados selecionados se referem à amostragem populacional de três espécies de lepidóptera (Nymphalidae) em duas áreas, uma impactada e outra conservada: *Archaeoprepona demophon*, *Hamadryas feronia* e *Taygetis laches marginata*. Os testes estatísticos revelaram que, para a primeira e para a última espécies, não existe diferença significativa entre as médias das amostragens. Já para a *Hamadryas feronia*, no entanto, existe diferença significativa, ou seja, as alterações antrópicas feitas ao ambiente da área conservada, envolvendo uso de pesticidas, construção de linhas de transmissão de energia elétrica e gasodutos, tiveram um impacto significativo sobre essa espécie em específico nessa região estudada. Desse modo, esse estudo conclui que o uso de amostras de lepidópteros como indicadores de impacto ambiental foi eficiente, considerando a metodologia de análise utilizada bem como os dados da literatura.

Referências

AMARAL, Tatiana Cruz. **Invertebrados epígeos como indicadores de recuperação de área degradada tratada com lodo de esgoto e resíduos de poda de árvores**. 2017. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Ciências Veterinárias, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

ANDRIOTTI, Jéssica. **Efeitos das modificações ambientais na comunidade de invertebrados aquáticos e no processo de decomposição foliar em pequenos riachos em uma ilha subtropical**. 2019. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

ANTON, Howard; BIVENS, Irl; DAVIS, Stephen. **Cálculo**. Volume 2. Porto Alegre: Bookman, 2014.

BELFIORE, Patrícia. **Estatística Aplicada a Administração, Contabilidade e Economia com Excel e SPSS**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

BOTKIN, Daniel; KELLER, Edward. **Ciência Ambiental: Terra, um planeta vivo**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BURKE, Peter. **Uma História Social do Conhecimento, 1: De Gutemberg a Diderot**. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.

CAMPOS, Thaianne da Silva Teixeira. **Insetos bentônicos como indicadores da qualidade da água em áreas reabilitadas após mineração de carvão no sul de Santa Catarina**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017.

CAVALCANTI, Irenilda Renialda Barreto de Rangel Moreira. **O Comissário Real Martinho de Mendonça: práticas administrativas na primeira metade do século XVIII**. 2010. Tese.

(Doutorado em História Social) – Programa de Pós-Graduação em História Social, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

CHARTIER, Roger. “A Enciclopédia Tronou a Ruptura Possível”. SANTOS, Mário Ferreira dos. **Filosofia da Crise**. São Paulo: É Realizações, 2017.

COSTA, Angelo Brandelli; ZOLTOWISKI, Ana Paula Couto. Como escrever um artigo de revisão sistemática. In: KOLLER, Sílvia; COUTO, Maria Clara de; HOHENDORFF, Jean von (Orgs). **Manual de Produção Científica**. Porto Alegre: Penso, 2014.

DA ROCHA, José Renato Mauricio; ALMEIDA, Josimar Ribeiro; LINS, Gustavo Aveiro; DURVAL, Alberto. **Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring**. *Holos environment*, v. 10, n. 2, p. 250-262, 2010.

FANNING, Philip Ashley. **Isaac Newton e a Transmutação da Alquimia**. Santa Catarina: Editora Danúbio, 2016.

FIRESTEIN, Stuart. **Ignorância: como ela impulsiona a ciência**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

GALILEI, Galileu. *Os Pensadores: Galileu Galilei*. São Paulo: Nova Cultural, 2004.

GALTON, Francis. On men of science, their nature and their nurture. **Proceedings of the Royal Institution of Great Britain**. v. 7, p. 227-236, 1874.

GLASS, Gene. **Primary, secondary and meta-analysis of research**. *Educational Researcher*, v. 5, p. 3-8, 1976.

GLEISER, Marcelo. **A Ilha do Conhecimento: os limites da ciência e a busca de sentido**. Rio de Janeiro: Record, 2015.

GOFF, Jacques Le. **Os Intelectuais na Idade Média**. Rio de Janeiro: José Olympio, 2018.

GOULART, M. D.; CALLISTO, Marcos. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista da FAPAM, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.

GREENE, Brian. **O Universo Elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

GUMBRECHT, Hans Ulrich. Quem eram os *Philosophes*? IN: SANTOS, Mário Ferreira dos. **Filosofia da Crise**. São Paulo: É Realizações, 2017.

HOLT, Jim. Sir Francis Galton, the father of statistics... and eugenics. In: _____. **When Einstein Walked with Gödel: excursions to the edge of fought**. New York: Farrar, Strauss and Giroux, 2018.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

LOMBORG, Bjørn. **The skeptical environmentalist: measuring the real state of the world**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

MARÍAS, Julian. **História da Filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

MINITAB statistical software. Versão 19.1. [s. l.]: **Minitab, LLC**, 2019. Disponível em: <https://www.minitab.com/pt-br/products/minitab/>. Acesso em 21 de novembro de 2020.

MISES, Ludwig von. **Ação Humana: um tratado de economia**. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010.

MORAES, Fernanda Tonizza. **Heterogeneidade ambiental e lepidópteros frugívoros (Lepidoptera: Nymphalidae) como**

bioindicadores em áreas reflorestadas após mineração de bauxita em Poços de Caldas, MG. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências – Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

PEREIRA, Aline Garcia. **Uso de armadilhas Malaise como estratégia de avaliação de bioindicadores em agroecossistemas: diversidade e guildas de Braconidae em diferentes mosaicos vegetacionais da Fazenda Canchim (Embrapa), São Carlos, SP, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2009.

POINCARÉ, Henri. Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle. **Journal de Mathématiques Pures et Appliquées**, v. 7, p. 375-422, 1881.

PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. **Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental/Bioindicators as environmental impact assessment.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 2019.

RAMOS, Elisabeth Christmann. **Educação ambiental: origem e perspectivas.** Educar em Revista, n. 18, p. 201-218, 2001.

RODRIGUES, Alexandre Ururahy. **Distribuição Temporal dos Calliphoridae (Diptera) associados à decomposição de *Sus scrofa* Linnaeus (Suidae) na Reserva Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas.** 2008. Tese (Doutorado em Entomologia) – Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA/UFAM, Manaus, 2008.

ROSA, AJ de M.; PAIVA, Samuel Rezende. **Marcadores moleculares e suas aplicações em estudos populacionais de espécies de interesse zootécnico.** Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E), 2009.

SAITO, Victor Satoru. **Macroinvertebrados aquáticos em riachos de cerrado: abordagens ecológicas teórica e aplicada**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

SANTOS, Marco Aurélio dos (Org). **Poluição do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

SANTOS, Mariana Luiza de Oliveira. **Elementos químicos em invertebrados terrestres como indicadores de qualidade ambiental de áreas urbanas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SANTOS, Simone Ramos dos. **Proposta de protocolo de monitoramento utilizando borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) como indicadores de impacto ambiental na reserva biológica União/RJ**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SCRUTON, Roger. **Filosofia Verde: Como Pensar Seriamente o Planeta**. São Paulo: É Realizações, 2017.

SIRQUEIRA, Tassio; MIGUEL, Marcos; DALPRA, Humberto; ARAÚJO, Marco Antônio; DAVID, José Maria. **Application of Statistical Methods in Software Engineering: Theory and Practice**. arXiv preprint arXiv:2006.15624, 2020.

SONODA, K. **Monitoramento biológico das águas no Bioma Cerrado utilizando insetos aquáticos: uma revisão**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009.

SPIEGEL, Murray; STEPHENS, Larry. **Estatística**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TOWNSEND, Colin; BEGON, Michael; HARPER, John.
Fundamentos de Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Anexo: Dados Brutos Extraídos de Santos (2012).

área	A. d.	H. f.	T. l. m.
AC	2	0	0
AC	1	1	1
AC	1	0	0
AC	1	1	0
AC	0	0	0
AC	0	0	0
AC	4	0	1
AC	0	0	0
AC	2	1	0
AC	1	3	0
AC	0	0	5
AD	1	7	0
AD	3	19	2
AD	2	7	1
AD	2	6	2
AD	0	0	0
AD	1	0	2
AD	1	9	3
AD	0	4	0
AD	0	1	3
AD	0	4	0
AD	3	15	5

Sobre os autores

Frederico Novaes da Fraga

Nasceu em 1997 e, para os padrões modernos, não fez nada de muito relevante desde então. Graduado em Engenharia Elétrica e mestrando em Meio Ambiente, no meio tempo entre uma explicação enfadonha e outra de porque faz todo sentido um engenheiro estudar o meio ambiente, realiza pesquisas em energia, biomassa, história ambiental e intelectual e iluminação. Tem um trabalho publicado sobre a influência da luz de lâmpadas eletrônicas na visão humana.

Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

Doutora em História Social, concentração em História Colonial, pela Universidade Federal Fluminense. Professora Adjunta I e Pesquisadora da Universidade de Vassouras. Atua nos cursos de Graduação, Pós-Graduação *Lato Sensu* e no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Alexandre Ururahy Rodrigues

Biólogo pela Faculdade de Biologia e Psicologia Maria Thereza (1986), Mestrado em Ciências Biológicas, modalidade Biologia Animal, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002) e Doutorado Ciências Biológicas, modalidade em Entomologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2008). Sócio fundador da Associação Brasileira de Antropologia Forense-ABRAF. Perito Judicial. Adestrador. Atualmente, trabalha Na Universidade de Vassouras como Professor Adjunto no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, como Pesquisador colaborador no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor (2009) e Mestre (1998) em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Especialista em Métodos Estatísticos

Computacionais (2006) e Bacharel em Matemática com Habilitação em Informática (1993) pela UFJF. Professor Adjunto da Universidade Federal de Juiz de Fora. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Juiz de Fora. Professor do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do CES/JF, da FMG e da Universidade de Vassouras. Avaliador de cursos de graduação em Computação do INEP/MEC.

Capítulo 17 - A ciência e a escola: jogos didáticos na alfabetização científica e educação ambiental

Thiago Dutra Dias, Simone Pereira Alves, Igor Luiz Souza da Cruz,
Marise Maleck

Resumo: Diante do quadro atual onde as questões ambientais representam uma grande preocupação da humanidade, cada vez mais discussões sobre o meio ambiente e sua preservação tem protagonizado os mais diversos segmentos da sociedade. Por se tratar da primeira e principal fonte de conhecimento científico, a escola não pode se eximir de sua função como promotora da Educação Ambiental, proporcionando aos alunos uma compreensão global e apurada acerca das causas ambientais lhes permitindo adotar posicionamentos que priorizem a conservação do meio ambiente. A Alfabetização Científica associada à Educação Ambiental possibilita que a grande maioria da população esteja munida de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para desenvolver sua vida cotidiana, ajudando a solucionar os problemas, as necessidades de saúde, a sobrevivência básica e apta a tomar decisões positivas quanto à preservação ambiental. No contexto escolar, os jogos didáticos representam uma importante ferramenta no aprendizado, pois,

auxiliam os educadores, despertando o interesse nos alunos e desenvolvendo neles, competências importantes para seu crescimento.

Palavras-chave: Meio ambiente. Educação. Lúdico.

Introdução

Inegavelmente, a escola é a primeira e principal fonte de informação científica a qual tem-se contato, porém as atividades que ocorrem nas salas de aula estão sujeitas às interferências do mundo externo. Se a escola um dia foi referência na comunidade pelo conhecimento que detinha, atualmente uma considerável parcela de informações são trazidas para as escolas pelos alunos que possuem uma imensa gama de possibilidades de acesso a outras fontes de informações. Docentes, muitas vezes sem recursos e estrutura adequada para o desenvolvimento das suas atividades, tem a missão de ensinar a alunos que atualmente encontram-se conectados a outras fontes de conhecimento, o que leva a escola e o professor, a deixarem de ser o centro de referência do saber. Nesse contexto, os jogos didáticos surgem como uma excelente possibilidade de trabalhar conceitos e conteúdo, de

maneira organizada, mantendo o equilíbrio entre a ludicidade e a função educativa (ROCHA & PEREIRA, 2017).

Dentro do contexto escolar, Educação Ambiental e Alfabetização Científica são conceitos que caminham lado a lado, se complementando na formação de alunos críticos e aptos a protagonizar as mudanças que se almejam para o futuro. Nos dias atuais, as questões ambientais representam uma preocupação da sociedade, devido as consequências das ações humanas desordenadas, que podem ser observadas em todo o planeta. Essa preocupação deu início às discussões sobre as causas ambientais e a necessidade da implementação da Educação Ambiental, visando proporcionar às pessoas uma compreensão global e apurada do ambiente e lhes permitir adotar posicionamentos que priorizem a conservação do meio ambiente (BREDA & PICANÇO, 2011). Dessa forma podemos compreender que Alfabetização Científica configura mais um elemento na Educação Ambiental, pois a mesma se traduz como a possibilidade de que a grande maioria da população esteja munida de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para desenvolver sua vida quotidiana, ajudar a solucionar os problemas e as necessidades de saúde e sobrevivência básica, e tomar consciência das complexas relações

entre ciência e sociedade. Podendo assim, considerar a ciência como uma parte da cultura do nosso tempo (CHASSOT, 2003).

A ciência tem, essencialmente, compromissos com a sociedade, pois é cofinanciadora das pesquisas que se fazem ao apresentar questionamentos e problemas, onde os saberes acadêmicos e científicos apresentam as soluções necessárias. Eis aí um desafio aos professores: transformar o saber acadêmico, que desenvolve ciência e tecnologia, em algo assimilável e compatível com o saber escolar, familiarizando os alunos com tudo aquilo que se utiliza mesmo que de maneira imperceptível, realizando um ensino de ciências que contemple os aspectos históricos, ambientais, posturas éticas e políticas, associadas aos saberes populares (CHASSOT, 2003).

Breve Histórico Sobre Educação Ambiental no Brasil

É impossível tratar desse tema, sem antes compreender e interpretar suas interações, contextualizando aos aspectos sociais, políticos e econômicos de cada período da história recente do Brasil, que continuam a influenciar a maneira de se fazer educação, sendo necessário destacar alguns momentos que evidenciam o panorama do ensino de ciências, para que se possam relacionar as relações entre a sociedade e a educação e os seus

reflexos na atualidade. Em síntese, evidenciando as características de cada período no contexto da social de época, estão citados os aspectos significativos do ensino das ciências nas décadas de sessenta, até o final dos anos noventa (BORGES & LIMA, 2007).

Os direcionamentos adotados pela ideologia política no período pós-64 repercutiram fortemente na educação, pois nesse período, o sistema educacional brasileiro sofreu considerável influência de educadores americanos, uma vez que os Estados Unidos passaram a prestar assistência financeira e técnica ao Ministério da Educação e Cultura. Diversos acordos de cooperação surgiram dessa parceria, que definiram importantes reformas educacionais no Ensino de 1º e 2º Graus e no Ensino Superior, favorecendo o desenvolvimento da Pedagogia Tecnicista, que preconiza a utilização dos princípios científicos para sanar problemas educacionais e conferindo maior relevância aos conteúdos de ensino procedentes da ciência objetiva, desconsiderando aqueles baseados em ideias subjetivas (BORGES & LIMA, 2007). Nesse período o ensino de ciências mostrou-se incoerente, pois, embora documentos oficiais da Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1971 exaltassem as disciplinas científicas, o tempo destinado ao seu ensino fora reduzido para atender a um currículo voltado principalmente ao cunho profissionalizante e ainda que os

currículos sugerissem a “aquisição de conhecimentos atualizados” e a “vivência do método científico”, em grande parte das escolas brasileiras, o ensino de ciências, continuou a ser teórico, segmentado e descritivo (SILVA, 2015).

Nos anos 1980, as propostas educacionais concebidas pelas diversas correntes didáticas, apontavam para os anelos de redemocratização do Brasil. Termos como, crítica, emancipação, educação como prática social, eram expressões comumente utilizadas em projetos educativos, demonstrando uma esperança comum (BORGES & LIMA, 2007). A inquietação com o restabelecimento da democracia no país refletiu de forma que os projetos desenvolvidos apresentaram grande diversidade de idealizações sobre o ensino das ciências, envolvendo instituições de ensino de várias esferas, desde Secretarias de Educação, Universidades à grupos de professores independentes. A criação de um projeto para Melhoria do Ensino de Ciências e Matemática, pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, com o objetivo de melhorar o ensino dessas disciplinas, é um exemplo dessa mobilização. Com a Constituição de 1988, um importante passo foi dado quando a Educação Ambiental se tornou uma exigência a ser garantida pelos governos nas esferas federal, estadual e municipal no artigo 225, § 1o, VI:

“promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (BAÍA & NAKAYAMA, 2013).

Em 1998, o Ministério da Educação disponibilizou à comunidade escolar, no documento intitulado Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), uma proposta de reorganização do currículo de acordo com os seus fundamentos presentes na Lei nº 9.394/1996. Ainda que o Ministério da Educação tenha o indicado sem reinvidicações normativas, mas como um conjunto de princípios direcionadores para a educação brasileira, uma parte dos docentes o considerou dogmático e uniformizador. Com os PCNs, o Ministério de Educação incluiu a Educação Ambiental de maneira transversal, no currículo das séries iniciais, objetivando ampliar e aprofundar o debate educacional. Em sua elaboração, os PCNs pretendiam respeitar a diversidade cultural e política das regiões do país, porém, sem desconsiderar a carência em firmar referências comuns no processo educacional em todas as regiões brasileiras, criando meios para que no ambiente escolar os estudantes tivessem acesso a conhecimentos elaborados e necessários para a prática da cidadania (BAÍA & NAKAYAMA, 2013). Com a Lei 9.795/1999 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, fica determinado que a Educação Ambiental

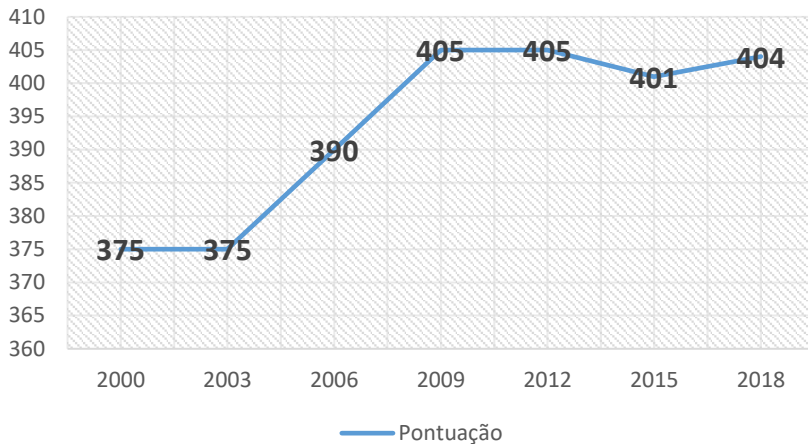
deve estar presente em todos os níveis de ensino, respeitando as peculiaridades de cada região do país: “como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal”.

PISA - Programa Internacional de Avaliação de Alunos

O PISA (*Programme for International Student Assessment* - Programa Internacional de Avaliação de Alunos) é uma avaliação realizada em vários países, pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com periodicidade de três anos, onde são avaliadas habilidades de leitura, matemática e ciência, em estudantes perto de concluírem o ciclo básico de ensino, com a finalidade de analisar até que ponto os alunos aprenderam conceitos e habilidades consideradas "essenciais para a completa participação em sociedades modernas", segundo a OCDE. Em sua última edição realizada no ano de 2018 constatou que o Brasil é um país que sabe muito pouco sobre ciência, alcançando a 66^o posição no ranking mundial e 404 pontos em ciências, continuando abaixo da média mundial de 489 pontos e sendo antecedido por países como Tailândia, Costa Rica e Colômbia (BRASIL, 2020).

Desde a primeira edição, no ano 2000, o país vem observando uma melhora modesta nos indicadores do ensino de ciências (Figura 1).

Figura 1 - Evolução do Brasil em Ciências – PISA 2000 a 2018.



Fonte: Brasil, 2020.

É inadmissível, que em pleno século XXI, o quadro da educação, apresente tantos problemas, como a falta de capacitação dos educadores, de planejamento curricular atualizado, democrático e flexível, de um projeto político-pedagógico eficiente e eficaz que esteja inserido em seu real contexto social e de interação, integração e comprometimento social e econômico de todos os envolvidos na comunidade escolar. Infelizmente, uma parcela da sociedade aparentemente não almeja mudanças, pois, para que se mude algo, é necessário que modifiquemos nosso pensamento e

nossas ações e que aprendamos a acolher e respeitar as diferentes opiniões e necessidades individuais e coletivas. A crise na educação é estabelecida pelos problemas gerados por métodos classificatórios de avaliação, currículos fechados e falta de recursos materiais, criatividade, motivação — tanto por parte de professores como de alunos —, respeito e valorização das diversas ideias e opiniões. Cabe, porém, aos educadores, criar, pesquisar, refletir e agir para mudar essa realidade que envolve a educação. A transformação significativa depende da criatividade individual e coletiva, da organização e do planejamento das ideias e das condições estruturais e globais, que devem ser estimuladas pelo meio em que vivemos e pela associação desses fatores à reflexão, análise, pesquisa, interpretação, contextualização e avaliação das ações (VALLE, 2020).

Educação Ambiental: Educar para a vida

A degradação do meio ambiente é um dos principais problemas da sociedade contemporânea e a preservação dos recursos naturais configura um dos maiores desafios da humanidade. Diante disso a Educação Ambiental se mostra como uma forma mais abrangente de educar, que deve ser implementada de forma ampla, como um processo de aprendizagem permanente,

afirmando valores e contribuindo para a transformação social, reivindicando as responsabilidades individuais e coletivas (BAÍA & NAKAYAMA, 2013).

A Educação Ambiental tem se apresentado como um valioso instrumento na orientação para a conscientização da população diante dos problemas ambientais, trazendo consigo uma atuação participativa, onde o indivíduo assume um papel de protagonismo no processo de ensino/ aprendizagem. Deve ser vista como um exercício de cidadania, em que todos os componentes da comunidade se comprometam como participantes integrais desse desenvolvimento educacional. Por meio da Educação Ambiental se intenciona trazer luz a mente das pessoas que ainda não conseguiram entender o quão grave é a situação atual do meio ambiente, salientando que o homem é apenas mais um componente da natureza em que vive e não superior a ela, esquecendo-se da importância dos demais componentes da natureza (MARQUES *et al.*, 2014).

Os antepassados relacionavam-se com o meio ambiente respeitando às diferentes formas de vida, manejando os recursos naturais de forma a garantir a sua subsistência. Entretanto, com o desenvolvimento econômico e tecnológico, ocorreu uma ressignificação das maneiras de pensar e agir, pautada na

priorização do lucro econômico, gerando uma crise ambiental (LEFF, 2015 *apud* BASSANI, 2019). Nessa perspectiva, a Educação Ambiental, propõe de forma transformadora, a desconstrução da racionalidade atual, do enfrentamento da crise ambiental e construção de uma racionalidade ambiental que vislumbre o futuro, estabelecendo um novo saber, que contemple as diferentes formas de vida e suas relações entre elas, permitindo a manutenção de um ecossistema anteriormente equilibrado (LEFF, 2015 *apud* BASSANI, 2019).

Segundo Pinto (2013), a Educação Ambiental é um processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum de todos essenciais à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade, podendo concluir que o trabalho de conscientização, e educação ambiental é de suma importância na obtenção de resultados positivos.

A Educação Ambiental reflete, em toda a sua construção e dinâmica aplicativa, a importante valorização da participação individual e coletiva na preservação do ciclo natural da vida. A conscientização das questões ambientais vem a partir do encontro com o equilíbrio nas relações estabelecidas entre os seres vivos e

os recursos naturais. A partir de então, inicia-se o despertar das ações, dos valores ambientais e sociais na escola e na comunidade, a fim de que, gradativamente, as ações se multipliquem em âmbitos maiores e se alcance a participação efetiva e construtiva com o respeito à biodiversidade e a conseqüente melhoria na qualidade de vida dos indivíduos (MARQUES *et al.*, 2014).

A informação em Educação Ambiental é uma estratégia de intervenção que ainda se encontra distante da realidade social definida pelas experiências cotidianas, representações e apropriações. Uma maior aproximação do campo científico ao senso comum se faz necessária para a interação entre essas formas de conhecimento, permitindo a construção de mensagens mais direcionadas e, possivelmente, de maior contribuição ao esclarecimento da população (LENZI & COURA, 2004).

A educação, mobilização social e comunicação são campos de ação fundamentais para o bom desempenho de programas de Educação Ambiental e paralelamente da promoção da saúde. Assim, a escola é a principal força responsável por mudanças de comportamento sendo capaz de transmitir o conhecimento para outros membros participantes do grupo, da comunidade, e de fiscalizar diariamente os ambientes ao seu redor. As crianças desempenham um papel fundamental dentro deste contexto,

como multiplicadores de todo conhecimento adquirido. Em síntese, é necessário um estímulo breve e capaz de esclarecer dúvidas e de fazê-los pensar a mudar. Sendo muito importante relativizar o poder dessas práticas em produzir ou induzir mudanças de comportamentos e atitudes, especialmente em contextos de saúde e meio ambiente (RANGEL, 2008).

Alfabetização Científica: A Inserção a Cultura Científica

Segundo Fourez (1994 *apud* LORENZETTI & DELIZOICOV, 2001), a “Alfabetização Científica” deve ser entendida como “um tipo de saber, de capacidade ou de conhecimento e de saber-ser que, em nosso mundo técnico-científico, seria uma contraparte ao que foi alfabetização no último século”. Auler & Delizoicov (2001) usam o termo “alfabetização científico-tecnológica” e afirmam que ela engloba uma variada gama de significados que abrange a popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência.

Saber ler a linguagem em que está escrita a natureza é segundo Chassot (2003), o significado de ser alfabetizado cientificamente. Insistindo em considerar a alfabetização científica como “o conjunto de conhecimentos que facilitaríamos aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem”, pode-se

presumir que os alfabetizados cientificamente não apenas tem facilitada a sua leitura do mundo em que vivem, mas entendem as necessidades de transformá-lo em algo melhor através da conscientização de que pela ciência é possível melhorar a vida no planeta, e não torná-la mais perigosa, como ocorre com o mau uso de algumas tecnologias (CHASSOT, 2003).

A alfabetização científica se mostra importante mesmo em atividades simples do cotidiano. Por exemplo, para algumas pessoas é muito difícil tomar medidas efetivas de prevenção ao *Aedes aegypti*, pelo simples fato de desconhecerem o ciclo de vida do inseto, sua biologia, entre outras informações relevantes que as tornariam capazes de compreender que o aumento populacional do mosquito *A. aegypti* está totalmente relacionado aos cuidados quanto à eliminação de possíveis criadouros através da destinação e coleta adequadas de lixo, da manutenção, conservação e monitoramento das residências e demais espaços de convivência. Muitos outros exemplos podem ser listados, que reforçam a ideia de que pessoas mais bem informadas, vivem melhor, mas a importância da alfabetização científica não deve se restringir a melhorar o cotidiano das pessoas; ela deve mudar as próprias pessoas (CARUSO, 2003).

Ao se pensar em Alfabetização Científica, podem se identificar três pontos que são chamados por Sasseron & Carvalho (2008) de Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, pois eles podem servir como auxílio na idealização, planejamento e análise de propostas de ensino que almejem a mesma.

O primeiro dos eixos estruturantes se refere ao entendimento básico de conhecimentos, termos e conceitos científicos fundamentais e a sua importância está na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações rotineiras.

O segundo eixo preocupa-se com a compreensão da natureza da ciência e dos fatores políticos e éticos que envolvem sua prática, pois, em nosso dia a dia, sempre nos deparamos com informações e circunstâncias que nos exigem análises e reflexões considerando o contexto antes de agir. Deste modo, compreendendo a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar recursos para o exame de problemas do cotidiano que envolva conceitos científicos ou conhecimentos alcançados deles.

O terceiro eixo estruturante da Alfabetização Científica abrange o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia,

sociedade e meio-ambiente e envolve o reconhecimento de que quase todos os fatos ocorridos em nossas vidas têm sido influenciados, de alguma forma, pelas ciências e tecnologias. Neste sentido, é fundamental que sejam trabalhados conceitos que evidenciem a necessidade de um futuro sustentável e saudável para a sociedade e o planeta.

Novas Perspectivas na Educação Ambiental

A sociedade contemporânea requer que a escola reveja suas condutas pedagógicas e reorganize os conteúdos trabalhados, priorizando temas que sejam relevantes para o aluno e abdicando aqueles sem significação, contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida e ampliando as possibilidades de ele intervir de forma positiva na comunidade em que está inserido. Também se faz necessário, repensar as metodologias com o objetivo de superar a aula verbalística, substituindo-a por práticas pedagógicas que priorizem a formação de um indivíduo crítico, competente, apto a difundir conhecimentos e utilizá-los em benefício de sua vida (BORGES & LIMA, 2007). Essas novas metodologias, diferenciadas, descomprometidas com o tradicionalismo, objetivam através de jogos, teatros, paródias, brincadeiras, demonstrações, experimentos entre outros

contextualizarem aos processos e conceitos referentes às ciências (FORTUNATO & ROCHA, 2020).

Cabe ao docente propor essas ações como um estímulo a seus alunos a questionar, mudar, procurar, descobrir, sentir, participar e assumir seu papel e responsabilidade no seu próprio desenvolvimento. Valorizar as relações sociais e sua integração com o meio ambiente é também uma maneira de refletir e exercer a cidadania. Por isso projetos temáticos que envolvam questões ambientais necessitam cada vez mais ser inseridos em meio ao currículo escolar. O professor deve ser o mediador de ações que direcionem os alunos a uma nova forma de pensar e agir no mundo.

Jogos Didáticos: A Ludicidade na Educação Ambiental

O termo “lúdico” se refere a aquilo que tem caráter de divertimento, como jogos e brincadeiras, sendo considerado um valioso instrumento no processo educacional. A ludicidade vem sendo utilizada em diversas instituições como escolas, empresas, hospitais e universidades, possibilitando a desenvolvimento no ensino-aprendizagem e utilizando a linguagem única e universal que é a brincadeira (BAÍÁ & NAKAYAMA, 2013). Seja na infância ou na idade adulta, os jogos fazem parte da natureza humana,

sendo utilizado desde os tempos mais remotos como uma forma de divertimento e recreação, o que faz com que seus conceitos e significados sejam muito diversificados (BREDA & PICANÇO, 2011).

No contexto escolar, os jogos didáticos, são uma ferramenta que auxiliam os educadores, pois de maneira dinâmica despertam interesse nos alunos em aprender e assimilar os conteúdos com maior eficiência (ROCHA & PEREIRA, 2017). Quando aplicados em aula, os jogos didáticos aguçam a curiosidade através do levantamento de hipóteses, geram cooperação, competição, motivando os alunos e contribuindo para a aprendizagem (SIQUEIRA & ANTUNES, 2013). Também desenvolvem competências como, disciplina, observação, atenção, comparação, otimizam o poder de argumentação e facilitam o desenvolvimento social pois promovem uma maior interação com os colegas, além de permitir que o aluno seja apresentado a diversos temas associados a Educação Ambiental e de relevância atual (ROCHA & PEREIRA, 2017).

De acordo com Borges & Neves (2005), as atividades lúdicas propiciam, aos escolares, auxílio na exploração da criatividade e melhora das atitudes no processo de ensino e aprendizagem, já que eles podem descobrir, inventar e elaborar estratégias para

promoverem mudanças. Segundo Philbert e Bueno (2008), as brincadeiras estimulam e contribuem para o desenvolvimento de alguns aspectos cognitivos, como concentração, expressão corporal, autoconfiança e cooperação.

Todo jogo utilizado em sala de aula deve essencialmente, possuir objetivos pedagógicos claros, apresentar um caráter educativo, respeitando o nível de conhecimento dos alunos e possibilitando o avanço na compreensão dos conteúdos e/ou conceitos, não podendo ser considerado apenas como uma brincadeira, sem fins didáticos. Essencialmente, os jogos didáticos devem ser utilizados como mobilizadores da aprendizagem, promovendo a aproximação do conhecimento científico à realidade do aluno (ROCHA & PEREIRA, 2017). O jogo se diferencia dos demais materiais pedagógicos por conter o aspecto lúdico, proporcionar aprendizagens específicas e atingir objetivos específicos. É uma opção para otimizar o desempenho dos alunos em conteúdo de difícil aprendizagem (GOMES & FRIEDRICH, 2001). O jogo em si não é um fim, mas um meio para apresentar um conteúdo específico, resultando num aprendizado mais dinâmico e abrangente que favorece a aquisição das informações.

Jogo “Aedinha Apresenta Bingo!”

Desde 2008, o Laboratório de Insetos Vetores da Universidade de Vassouras (LIV-UniVassouras) realiza o levantamento populacional de *A. aegypti* no município de Vassouras, RJ. Desde então, esta linha de pesquisa tem mostrado as áreas e os bairros de maior incidência para a presença do culicídeo (PINHEIRO *et al.*, 2014). Devido à presença de *A. aegypti* no município notou-se a necessidade de um trabalho de conscientização, que teve início em 2009, com a ação extensionista “*Aedes* na praça”, que ocupando espaços públicos de grande circulação de pessoas, se propôs em atrair a atenção da população local sobre a importância do controle do mosquito. Em 2010, o grupo estendeu esta atividade às escolas do município com o Projeto “Educação antidengue” (MALECK *et al.*, 2017), a fim de informar e educar os alunos das escolas do município, através de atividades didáticas e lúdicas, sobre os amplos aspectos relacionados ao monitoramento e controle do inseto vetor. O sucesso dos resultados do “Projeto Educação antidengue”, com adesão significativa das escolas, da população em geral, das cidades vizinhas, e com os diversos convites para realização destas atividades, a equipe do LIV expandiu no ano de 2014 as ações aos bairros da cidade, com o Projeto “Educação antidengue: na rota do mosquito”, a fim de chegar à casa das pessoas e criar multiplicadores no controle do

A. aegypti. Posteriormente esse projeto deu origem ao “Projeto Sociedade, Educação e Saúde: na rota do mosquito”, que propôs novos estudos, levantamentos e a conscientização de estudantes, adultos e idosos no conhecimento e controle do mosquito vetor da dengue, zika, chikungunya e febre amarela urbana.

Em 2019, na busca de novas ferramentas de trabalho a equipe do LIV-UniVassouras, desenvolveu o jogo didático “Aedinha apresenta Bingo!” (Figura 2), que tem por objetivo compartilhar informações referentes ao *A. aegypti*; sua origem, ciclo de vida, criadouros, doenças associadas e prevenção; através de um jogo educativo no formato de bingo. Com o crescente aumento de ocorrências de doenças associadas ao *A. aegypti*, ações educativas se fazem cada vez mais necessárias, a fim capacitar a população para adquirir hábitos que venham a prevenir os criadouros do mosquito. Com esse objetivo o jogo “Aedinha apresenta Bingo!” (Figura 3) traz informações importantes para que essa capacitação se torne mais atrativa, dinâmica e eficiente.

O desenvolvimento do jogo se faz por meio de informações referentes ao *A. aegypti*, distribuídas em cartões com perguntas (Figura 4) cujas respostas estão distribuídas em cartelas (Figura 5) semelhantes às de bingo. Essas cartas são sorteadas e o participante, ao identificar a resposta correta deve marcar em sua

cartela. Para ganhar a partida, as respostas deverão ser marcadas corretamente, preenchendo uma coluna horizontal ou vertical da cartela.

Desde o início de sua aplicação o jogo “Aedinha apresenta Bingo!”, demonstra ser uma importante ferramenta de fixação do conteúdo, uma vez que é aplicado após a ministração de uma palestra explicativa sobre o tema. Esse modelo de jogo foi utilizado em diversas vezes com grupos de faixas etárias muito distintas, desde crianças alfabetizadas a idosos de grupos de convivência de Vassouras, RJ, demonstrando resultados muito positivos, onde pode ser observado que a função educativa do jogo foi cumprida, proporcionando o debate e a reflexão, favorecendo a construção de conhecimentos sobre a área ambiental e propiciando uma maior interação entre os participantes da atividade.

Temas relacionados a doenças endêmicas e/ou epidêmicas precisam ser abordadas de maneira consistente, criativa, e adequadas às realidades locais. Sendo assim, o controle do vetor *A. aegypti*, é um ótimo modelo para educar e conscientizar a população, já que faz parte da realidade atual, devido à grande parte dos criadouros infestados ou potenciais se encontrarem no entorno dos domicílios. As atividades educativas têm cada vez

mais responsabilidade, tanto no engajamento da população na eliminação dos criadouros, como no esclarecimento sobre as doenças transmitidas pelo mosquito. É relevante assinalar, que o objetivo deste jogo didático está diretamente ligado ao aspecto científico, educativo e de inclusão da sociedade local, como promotores efetivos destas ações no âmbito educação-meio ambiente-saúde.


Figura 2 - Caixa do Jogo "Aedinha apresenta bingo!".



Fonte: Laboratório de Insetos Vetores – Universidade de Vassouras.

Figura 3 - Caixa do Jogo “Aedinha apresenta bingo!”

COMO JOGAR?



- 1º Pegue sua cartela do bingo!
- 2º Sorteie o cartão com uma pergunta.
- 3º Para ganhar, marque todas as respostas em uma coluna horizontal ou vertical da cartela.



Coordenadora do Projeto
Profª Drª Marise Maleck



Pesquisadores Associados
Prof. Dr Eduardo T. L. Trajano
Profª Drª Margareth M. C. Queiroz

Colaboradores
Diego L. S. Cruz - Designer (Layout)
Taissa Maleck - Designer (Aedinha)

Autores
Marise Maleck ^{1,2,3,5}
Igor L. S. Cruz ^{1,2}
Michele T. Serdeiro ^{1,4}
Simone P. Alves ¹
Thiago D. Dias ¹
Diego L. S. Cruz
Margareth M. C. Queiroz ^{2,5}
Eduardo T. L. Trajano ³

1. Laboratório de Insetos Vetores, Universidade de Vassouras, Vassouras.
2. Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, Universidade de Vassouras, Vassouras.
3. Mestrado Profissional em Ciências Aplicadas em Saúde, Universidade de Vassouras, Vassouras.
4. Laboratório Interdisciplinar de Vigilância Entomológica em Díptera e Hemiptera, IOC, Fiocruz, Rio de Janeiro
5. Laboratório de Entomologia Médica e Forense, IOC, Fiocruz, Rio de Janeiro

Realização:


Financiamento:


*as demais imagens utilizadas são de domínio público.

Idade recomendada
6 anos +
3 a 30 participantes

Fonte: Laboratório de Insetos Vetores – Universidade de Vassouras.

Figura 4 - Cartão com pergunta do Jogo "Aedinha apresenta bingo!"



Fonte: Laboratório de Insetos Vetores – Universidade de Vassouras.

Figura 5 - Cartela com respostas do Jogo "Aedinha apresenta bingo!"



Fonte: Laboratório de Insetos Vetores – Universidade de Vassouras

Considerações Finais

O uso da ludicidade é uma metodologia considerada válida para desenvolver atividades em Educação ambiental, sendo uma ferramenta viável que se adequa às exigências educacionais e a realidade das pessoas, promovendo o desenvolvimento da consciência ambiental, tornando esses indivíduos responsáveis pelas ações que impactam o meio ambiente, através da compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que os permitam tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto às limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento.

Com a aplicação de jogos didáticos, fundamentados por conteúdos e objetivos específicos e utilizando uma metodologia adequada, é possível trazer contribuições reais para o debate e desenvolvimento das causas ambientais, dentro do contexto escolar, contribuindo para o esclarecimento, a reversão do quadro de deficiências que assolam o ensino de ciências, enfatizando a Educação Ambiental pautada pelos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica e evidenciando a necessidade de ser revisto o fazer pedagógico que resulte na melhoria da qualidade de ensino e aprendizagem dos alunos, impactando positivamente a sociedade.

Referências

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? ENSAIO – **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 01-13, 2001.

BAÍÁ, M. C. F.; NAKAYAMA, L. A Educação Ambiental por meio da ludicidade: uma experiência em escolas do entorno do Parque Estadual do Utinga. **Revista Margem Interdisciplinar – Periódicos UFPA**, v.7, n. 9, p. 89-112, 2013.

BASSANI, A. T.; TRAMONTINA, A. C.; TRAMONTINA, F. F. Educação Ambiental, Vigilância em Saúde e o Controle do Vetor *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande**, v. 36, n. 1, p. 339-356, 2019.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971**. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5692-11-agosto-1971-357752-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 20 nov.2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Brasil no Pisa 2018** – Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020.

BREDA, T.V.; PICANÇO, J.L. A Educação Ambiental a partir de jogos: aprendendo de forma prazerosa e espontânea. **II SEAT – Simpósio de Educação Ambiental e Transdisciplinaridade, UFG/IESA/NUPEAT**, 2011.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

BORGES, C.J.; NEVES, L.O.R. O lúdico nas interfaces das relações educativas. **Revista de Pedagogia – UnB**, v. 6, n. 12, p. 1-9, 2005.

CARUSO, F. **Desafios da Alfabetização Científica**. Ciência & Sociedade, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), 2003. Disponível em: <http://www.cbpf.br/~eduhq/html/publicacoes/links_publicacoes/ciencia_sociedade_cs00802/cs01003.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2020.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 23, p. 89-100, 2003.

FORTUNATO, B. M.; ROCHA, R. **Praticando Biologia: Uma Proposta de alfabetização biológica para alunos do Ensino Médio**. (S.D.) Disponível em:

<anaisonline.uems.br>semex>article>download>. Acesso em: 21 nov. 2020.

GOMES, R. R.; FRIEDRICH, M. **A Contribuição dos jogos didáticos na aprendizagem de conteúdos de Ciências e Biologia. EREBIO**, n. 1, p. 389-392, 2001.

LENZI, M. F.; COURA, L. C. Prevenção da dengue: a informação em foco. **Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 37, n. 4, p. 343-350, 2004.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 45-61, 2001.

MALECK, M.; CRUZ, I.S.; SERDEIRO, M. T.; PARDAL, B. M.; PINHEIRO, R. F.; ALVES, S.P. Educação antidengue: um relato de experiência. **Revista de Extensão**, v. 14, p. 74-83, 2017.

MARQUES, M. L. A. P.; SILVA, A. F.; ARAÚJO, J. E. Q.; QUEIROZ, T. H. S.; ALMEIDA, I. D. A.; MARINHO, A. A. A educação ambiental na formação da consciência ecológica. **Cadernos de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 11-18, 2014.

PHILBERT, L. A. S.; BUENO, S. M. V. A importância do lúdico na saúde. **Revista Criar Educação Infantil, São Paulo**, v. 19, p. 6-7, 2008.

PINHEIRO, R.F.; ALVES, S. P.; OLIVEIRA, A. A.; ESPINDOLA, C. B.; MALECK, M. Avaliação da Presença de *Aedes aegypti* (Linnaeus) e *Aedes albopictus* (Skuse) no Município de Vassouras, RJ, Brasil. **EntomoBrasilis (Vassouras)**, v. 7, p. 116-123, 2014.

PINTO, P.S.; PINTO, F.O.; DUARTE, S.C. A Dengue e sua relação com Educação Ambiental no município de Quissamã/RJ. **Revista Científica da Faculdade de Medicina de Campos**, v. 8, n. 1, p. 14-18, 2013.

RANGEL, M.L. Dengue: educação, comunicação e mobilização na perspectiva do controle - propostas inovadoras. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 12, n. 25, p. 433-441, 2008.

ROCHA, M.P.; PEREIRA, J.L. Jogos Didáticos para o Ensino de Ciências com Ênfase na Educação Ambiental. **IX EPEA - Encontro Pesquisa em Educação Ambiental, UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora**, 2017.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SILVA, A.F.N. **Utilização de recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia nas escolas atendidas pelo PIBID Biologia Campus I**. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, p.83, 2015.

SIQUEIRA, I.J.; ANTUNES, A.M. Jogo de trilha “Lixo Urbano”: Educação Ambiental para sensibilização da comunidade escolar. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 185-201, 2013.

VALLE, J.F. **A Crise Educacional**. Educacional - Sala de Aula. Disponível em: <http://www.educacional.com.br/articulistas/outrosEducacao_artigo.asp?artigo=jucelia>. Acesso em: 21 nov. 2020.

Sobre os autores

Thiago Dutra Dias

Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras, especialista em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Graduado em Ciências Biológicas, licenciatura e bacharelado pela Universidade Severino Sombra. Técnico do Laboratório de Insetos Vetores da Universidade de Vassouras. Tem experiência na área de Entomologia (Manutenção de colônia de *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Oncopeltus fasciatus* e *Dysdercus peruvianus*) e desenvolve projetos de Educação Ambiental.

Simone Pereira Alves

Especialista em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora, graduada em Ciências Biológicas, licenciatura e bacharelado, Universidade Severino Sombra. Experiência na área de Zoologia, com destaque nos seguintes temas: Ecologia de Mosquitos, *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, manutenção e manejo de animais de laboratório. Técnica do Biotério Central da Universidade de Vassouras e integra a equipe do Laboratório de Insetos Vetores da Universidade de Vassouras.

Igor Luiz Souza da Cruz

Biomédico e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Integra a equipe do Laboratório de Insetos Vetores/ Universidade de Vassouras e do Laboratório de Entomologia Médica e Forense/ Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. Doutorando do Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Biodiversidade e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Experiência no controle alternativo dos mosquitos do gênero *Aedes* (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) através de substâncias naturais de plantas.

Marise Maleck

Bióloga; Mestre e doutora em Biologia Celular e Molecular/IOC/FIOCRUZ; Pós-doutora em Parasitologia/Ruhr - Universitat Bochum, Alemanha. Área de atuação: “Produtos naturais bioativos e vetores de importância médica e agrícola.” Professora Titular e Vice coordenadora do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, Universidade de Vassouras, RJ. Coordenadora do Laboratório de Insetos Vetores/Universidade de Vassouras, RJ.

Capítulo 18 - Uso de *Bacillus thuringiensis*: segurança e sustentabilidade no controle de insetos

Autores: Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa; Igor Luiz Souza da Cruz; Karine Silva de Carvalho; Jéssica Letícia Abreu Martins; Fernando Hercos Valicente; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: A bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* é um dos agentes biológicos mais utilizados no controle de insetos-praga e vetores. A sua capacidade de produzir proteínas inseticidas possibilita a produção de biopesticidas e plantas transgênicas de maneira eficaz, segura, sustentável e economicamente viável. A busca por novos subprodutos à base desta bactéria deve seguir normas rígidas de biossegurança para evitar possíveis impactos negativos à saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Palavras-chave: controle biológico, proteínas *Cry*, plantas Bt, biossegurança.

Introdução

O controle químico ainda é o método de combate a insetos mais empregado no mundo, e o uso massivo e inadequado desta técnica

vem desencadeando, ao longo dos anos, diversos efeitos maléficos em nossa sociedade, tais como desequilíbrios ambientais devido à contaminação de solos, água, alimentos, aparecimento de resistência dos insetos aos inseticidas sintéticos, e sua ação generalista ainda atua negativamente sobre organismos não alvo, como polinizadores, demais invertebrados, outros animais e seres humanos (VENDRAMINI & CASTIGLIONI, 2000).

Esta ação prejudicial dos pesticidas químicos intensificou a busca por métodos alternativos de controle mais seguros e sustentáveis, sendo o controle biológico uma das grandes tendências globais no combate de insetos-pragas agrícolas e insetos vetores de doenças humanas (VIVIAN & QUERINO, 2020).

Tais métodos consistem na utilização de inimigos naturais para a regular o número populacional de plantas ou animais, baseados na densidade recíproca, sendo, portanto, uma extensão do controle natural (PARRA, 2002). Ainda dentro desta modalidade de controle, temos o controle biológico com entomopatógenos que utiliza algumas espécies de vírus, fungos, bactérias, nematoides e protozoários — inofensivos à saúde da população e ao meio ambiente — na supressão dos insetos-alvo (VALICENTE, 2009).

Seguindo esta premissa básica do controle microbiano, o entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Bacillaceae) é amplamente utilizado em programas de biocontrole, devido a sua alta variabilidade genética, capacidade de produzir um complexo de toxinas específicas, eficazes e biodegradáveis contra diferentes espécies de insetos de importância agrícola e médico-sanitário (GILBERT & GILL, 2010).

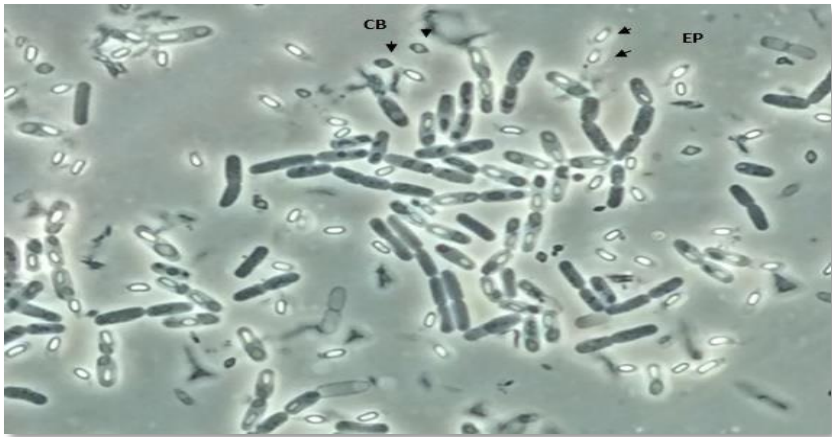
Referencial Teórico

***Bacillus thuringiensis* (Bt): características gerais**

O entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* (Bt) foi descoberto em 1901 pelo biólogo japonês Shigetane Ishiwata que relacionou a alta mortalidade de *Bomby mori*, uma espécie de bicho-da-seda, a uma bactéria esporulante. Em 1911, o pesquisador alemão Ernst Berliner descreveu isolados de Bt a partir de estudos realizados em traças de farinha, *Anagasta kuehniella*. Já em 1953, Hannay descobriu a capacidade de Bt em produzir cristais proteicos em sua fase estacionária do seu ciclo de crescimento ou de esporulação, e esta é considerada a principal característica deste agente biológico (Figura 1).

Bacillus thuringiensis pertence à família Bacillaceae, que agrupa a maioria das bactérias formadoras de esporos, sendo uma bactéria cosmopolita, gram-positiva, encontrada naturalmente em diversos tipos de solos, ambientes aquáticos, rizosferas, superfícies vegetais, grãos armazenados, teias de aranha, crustáceos, anelídeos, mamíferos insetívoros, insetos doentes ou mortos, dentre outros (Figura 2) (FEDERICK, 1999; KONECKA *et al.*, 2012; RAYMOND *et al.*, 2010).

Figura 1. Microscopia de contraste de fase de fase de *Bacillus thuringiensis* mostrando: (EP) e esporos; (CB) cristais bipiramidais.

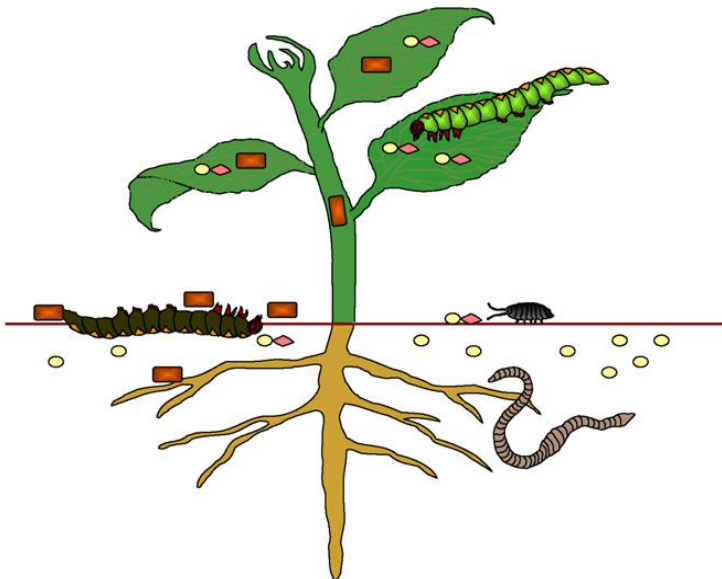


Fonte: Carvalho, 2017.

Suas células vegetativas geralmente são móveis e apresentam de 1,0 a 1,2 μm de largura por 3,0 a 5,0 μm de comprimento, já os

esporos possuem um formato elipsoidal e encontram-se na região central ou paracentral no interior da célula-mãe, e por ser um bastonete aeróbio não restrito, apresenta uma faixa de temperatura de crescimento entre 10 e 45 °C (ANGELO, VILAS-BÔAS, CASTRO-GÓMEZ, 2010; VILAS-BÔAS; PERUCA & ARANTES, 2007).

Figura 2. Complexo ecológico de *Bacillus thuringiensis* mostrando os possíveis locais de busca de isolados e meio de reprodução de Bt: solos, rizosfera, tecidos de plantas, insetos vivos e/ou mortos, outros invertebrados, dentre outros. A forma vegetativa de Bt está representada pelo retângulo vermelho, os esporos pelas formas ovais em tonalidades cremes e, os cristais proteicos pelo formato de diamante rosa.



TRENDS in Microbiology

Fonte: Raymond *et al.*, 2010.

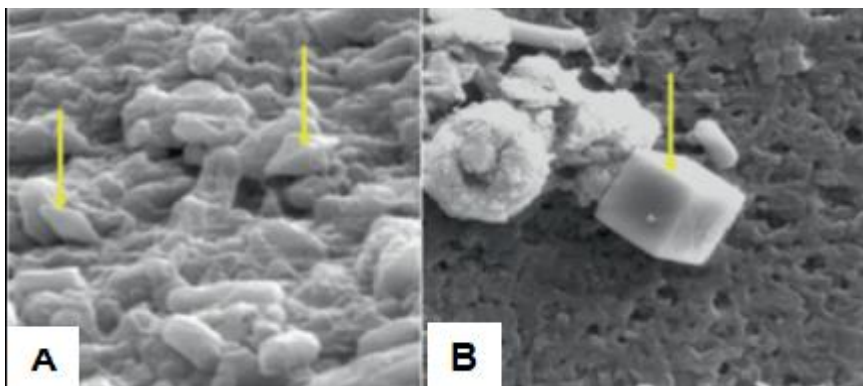
A estrutura morfológica dos cristais proteicos pode apresentar formatos variados como o bipiramidal, piramidal, esférico, retangular, ovoide, cuboide, romboidal e irregular e, alguns estudos relatam que a forma do cristal pode estar relacionada à atividade tóxica do mesmo (Figura 3) (LERECLUS; DELÉCLUSE; LECADDET, 1993; ROH *et al.*, 2006; VALICENTE & LANA, 2010).

As inclusões proteicas cristalinas de Bt apresentam uma ação tóxica em diversas ordens de insetos, dentre elas, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Orthoptera, Mallophaga, inclusive em algumas destas ordens encontram-se tanto os insetos-pragas de grande importância para o setor agrícola, como as espécies *Anticarsia gemmatallis*, *Chrysodexis includen*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera, Pyralidae), *Epinotia aporema* (Lepidoptera: Tortricidae), *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae), como insetos vetores de doenças com grande relevância mundial, principalmente as espécies pertencentes aos gêneros *Aedes*, *Anopheles* e *Culex* (Diptera: Culicidae) (BRAVO *et al.*, 2012; MONNERAT *et al.*, 2005; SOARES *et al.*, 2020). Além disso, o espectro de ação destas toxinas abrange outros organismos como os nematoides, ácaros, protozoários e

vários tipos de células cancerígenas humanas (PALMA *et al.*, 2014; VAN FRANKENHUYZEN, 2009).

No decorrer da fase de desenvolvimento, as cepas de Bt são capazes de produzir inúmeros fatores de virulência, entre os mais proeminentes estão as δ -endotoxinas (proteínas Cry e Cyt) que após a esporulação compõem cerca de 20 a 30% da proteína total da célula, α -exotoxina, β -exotoxina (thuringiensina), proteínas Vips (produzidas na fase vegetativa), enzimas de degradação, enterotoxinas, hemolisinas, quitinases, fosfolipases e as inclusões que não possuem atividade entomopatogênica, denominadas parasporinas (GLARE & O'CALLAGHAN, 2000; HOFTE & WHITELEY, 1989; SCHNEPF *et al.*, 1998).

Figura 3. A) Proteína cristal de *Bacillus thuringiensis* apresentando formato bipiramidal, observação realizada em Microscópio Eletrônico de Varredura com aumento de 20.0000X. B) Proteína cristal na forma cuboide, análise com aumento de 10.000X.



Fonte: Valicente & Souza, 2004.

Mecanismo de ação das proteínas *Cry*

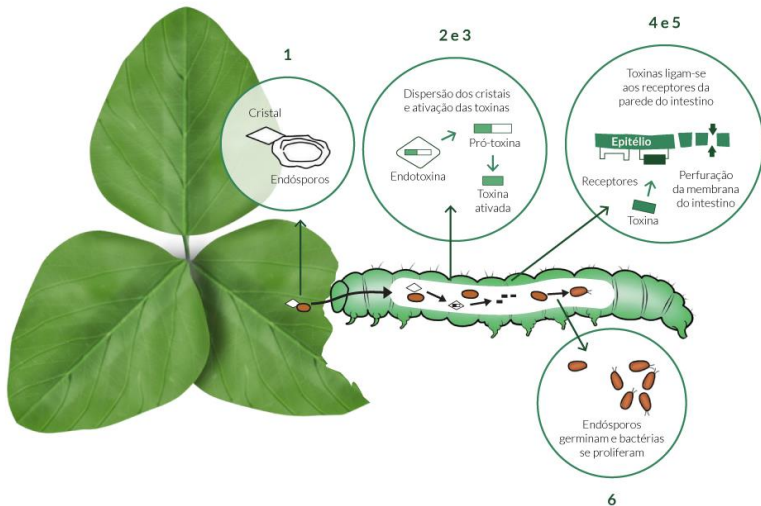
A toxicidade do Bt é pertinente a síntese de uma ou mais proteínas *Cry* que agem no intestino médio dos insetos-alvo, porém essas proteínas são sintetizadas em sua forma inativa, ou seja, são protoxinas contidas em corpos de inclusão sem qualquer atividade entomopatogênica (ARONSON & BECKMAN, 1986; KNOWLES, 1994). Para que ocorra a ativação destas protoxinas, é necessária a ingestão dos cristais por um inseto susceptível, isto é, o cristal precisa entrar em contato com o pH alcalino (em torno de 9,5) do intestino do próprio inseto e deve ser posteriormente solubilizado pela ação de proteases intestinais, para que só então ocorra a liberação dos peptídeos tóxicos (Figura 4) (GILL, COWLES & PIETRANTONIO, 1992; ADANG, CRICKMORE, JURAT-FUENTES, 2014).

Após a liberação e ativação das proteínas, essas toxinas ligam-se em receptores específicos presentes nas microvilosidades da parede do intestino (ARONSON & SHAI, 2001; SOBERÓN, MONNERAT, BRAVO, 2016; GILLB; SOBERÓN, 2007; BRAVO, 2016).

A ligação de alta especificidade dos receptores ocasiona um desequilíbrio iônico entre o meio intra e extracelular que acaba

danificando a membrana da célula epitelial intestinal, facilitando assim a disseminação das bactérias pelo organismo, a partir desta ação tóxica, o inseto passa a apresentar alguns sintomas antes da sua morte, como perda do apetite e abandono da dieta alimentar, diarreia, vômito e paralisia (ANGELO, VILAS-BÔAS & CASTRO-GOMES, 2010; VALLETE-GELY; LEMAITRE & BOCCARD, 2008; ZHANG *et al.*, 2020).

Figura 4. Representação esquemática do modo de ação de *Bacillus thuringiensis*. Etapas envolvidas: (1) ingestão pela larva susceptível de esporos e cristais de Bt; (2 e 3) solubilização dos cristais no suco gástrico alcalino e ativação das toxinas; (4 e 5) ligação das toxinas aos receptores específicos do intestino médio do inseto e formação dos poros na membrana intestinal e (6) morte do inseto por septicemia ou inação.



Fonte: <<http://biovalens.com.br/produto/bt-turbo-max/>>

Biossegurança de Bt para organismos não alvo

A Biossegurança é um ponto chave para estudos que prospectam sobre a segurança e proteção da saúde como um todo, tanto de animais quanto de vegetais (TEIXEIRA & VALLE, 2010). No intuito de atender a demanda crescente por alimentos, além de alcançar a sustentabilidade no sistema de produção agrícola, o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas tem ganhado cada vez mais espaço. No entanto, para a liberação comercial de um material que seja criado a partir desta tecnologia, ele é submetido a diversos testes de biossegurança que evitam efeitos deletérios ao meio ambiente (VALOIS, 2001).

O desenvolvimento das plantas transgênicas utilizadas para resistência de plantas ao ataque de pragas é uma estratégia difundida por todo o mundo. Todo o processo envolvido na regulamentação de um transgênico é sustentado e regulamentado do início ao fim, iniciando-se com a clonagem *in vitro* e sendo acompanhado mesmo após a comercialização (CARNEIRO *et al.*, 2009). Uma das principais razões para esta expansão do uso pode estar relacionada aos parâmetros de segurança estabelecidos e testados desde o desenvolvimento até a comercialização de um transgênico, o que aumenta sua popularidade no Brasil.

A liberação de bactérias de *B. thuringiensis* no ambiente pode ocorrer também via bioinseticidas comumente usados em ambientes agrícolas. Estes produtos são produzidos unindo esporos, cristais e células, os quais carregam as denominadas proteínas *Cry* (CAPALBO *et al.*, 2005). Considerando a alta especificidade das toxinas Bt aos insetos-praga alvos das proteínas *Cry* presentes nesta bactéria, várias espécies de insetos não alvo parecem ser poupadas de controle, dentre os quais citamos os inimigos naturais, predadores e abelhas (CARNEIRO *et al.*, 2009). Os organismos não alvo testados para estabelecimento e liberação de um bioinseticida abrangem desde insetos, microrganismos, e até mesmo outros animais como anelídeos, estes dois últimos, são intrinsecamente correlacionados com a qualidade do solo que possivelmente receberam interferência de bactérias de *B. thuringiensis* (SOARES, MARIANO & PAULINO, 2020; ROMEIS & MEISSE, 2011; XAVIER *et al.*, 2008).

Em relação ao efeito das bactérias em insetos não alvo, também são considerados os efeitos após aplicação de formulados contendo as toxinas. Em um estudo que buscou avaliar possíveis interferências de produtos à base Bt utilizados para controle de culicídeos na sobrevivência de larvas da Ordem Odonata não se encontrou significância da ação do bioinseticida na espécie

Pantala flavescens (FONSECA *et al.*, 2004). Em um espectro mais amplo, um estudo que avaliou a influência de milho transgênico na dinâmica populacional de insetos benéficos de milho geneticamente modificado demonstrou que algumas famílias de insetos como Chrysopidae, Syrphidae e Coccinellidae não sofreram interferência do milho em questão (FRIZZAS, 2003).

Para outros animais como os anelídeos, uma das formas de se testar a segurança das aplicações de produtos que contém *B. thuringiensis* é o chamado teste de fuga, o qual avalia a resposta destes organismos ao Bt presente no solo. Neste caso, o estudo de Soares, Mariano & Paulino (2020) observaram que esta bactéria não conferiu toxicidade para as minhocas testadas, mostrando-se como uma forma viável de controle de pragas usada na agricultura.

A diversidade das comunidades fúngicas do solo onde plantas transgênicas são cultivadas também é alvo de interesse dos estudos que consolidam a biossegurança das toxinas Bt. No caso da cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), as unidades formadoras de colônia de fungos encontrados no solo coletado não sofreram influência do tipo de planta cultivada (i.e plantas de algodão convencional e plantas de algodão transgênico) (ABE, 2011). Este resultado demonstra que mesmo que de maneira

indireta, as proteínas consideradas tóxicas para as pragas de interesse econômico não prejudicam microrganismos não alvo.

Apesar de várias evidências de segurança e dos contextos distintos avaliados nos estudos, é importante considerar todos os níveis tróficos envolvidos no sistema (VALICENTE, ANDRADE & MENDES, 2015). A rigidez nos processos de avaliação e liberação tanto dos produtos quanto das plantas geneticamente modificadas é essencial, tanto para garantir a efetividade do controle das pragas quanto para não colocar em risco a biodiversidade associada aos agroecossistemas.

Outro ponto importante a ser avaliado é a interação dos organismos nas teias tróficas encontradas no ambiente, de maneira tal que as possíveis transferências de proteínas ao longo dos níveis sejam consideradas. Assim, é indispensável o investimento em estudos e tecnologias que sejam capazes de avaliar todas as esferas biológicas e suas interações com o ambiente do estudo.

Resistência de plantas a insetos-pragas

O uso do *B. thuringiensis* e seus subprodutos fazem parte de um conjunto de medidas para promover a redução da população de insetos nas lavouras e são amplamente empregados em

programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (GALLO *et al.*, 2002). Os biopesticidas à base dessa bactéria tornaram-se utilizados em todo mundo devido à necessidade de uma agricultura mais sustentável e desenvolvida com uma maior preocupação com a preservação do meio ambiente (BOBROWSKI *et al.*, 2003).

Com o avanço das tecnologias de Biologia Molecular, novas perspectivas do uso desta bactéria e de suas proteínas inseticidas foram disponibilizadas, entre elas, a produção de plantas transgênicas que conferem resistência a insetos. A diversidade de genes de Bt que codificam proteínas inseticidas e um conjunto de técnicas que utilizam *Agrobacterium tumefaciens*, bombardeamento de partículas e eletroporação para a inserção desses genes nos genomas das plantas, tornaram-se um atrativo para a exploração na biotecnologia vegetal (HORSCH *et al.*, 1985; MCCABE, SWAIN & MARTINELL, 1988).

Atualmente, estão depositadas no Banco de Dados de Proteínas Pesticidas, 732 sequências de genes cry, 41 cyt e 110 vip provenientes de genomas de cepas *B. thuringiensis* (CRICKMORE *et al.*, 2020). As toxinas Bt são produzidas continuamente na planta e protegidas contra degradação, sendo geralmente expressas em todas as partes da planta ou tecido-específico, garantindo a

eficiência de controle durante todo o ciclo da cultura (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000) e permitindo a proteção contra insetos que danificam as partes internas das plantas onde a pulverização dos pesticidas não consegue alcançar (JOUANIN *et al.*, 1998).

O mecanismo de ação ocorre após a ingestão das plantas transgênicas pelos insetos, onde as proteínas que já estão em sua forma ativa, ligam-se aos receptores específicos presentes no intestino médio e induzem a formação de lesões epiteliais que conseqüentemente levam à morte (SCHNEPF *et al.*, 1998; SCHÜNEMANN, KNAAK & FIUZA, 2014).

A comercialização da primeira planta Bt iniciou-se em 1995 com o lançamento da Batata Bt (NewLeaf™, Monsanto, St Louis, MO, EUA) expressando a proteína Cry3A e promovendo atividade tóxica ao besouro da batata do Colorado (*Leptinotarsa decemlineata*). No ano seguinte, em 1996, foram lançados dois cultivos: o Algodão Bt (Bollgard™, Monsanto) projetado para proteção contra *Heliothis virescens* e o Milho Bt (desenvolvido e licenciado por diversas empresas de sementes) para proteção contra *Ostrinia nubilalis* (DE MAAGD, BOSH & STIEKENA, 1999).

No Brasil, a liberação dos transgênicos só ocorreu definitivamente em 24 de março de 2005 através da Lei nº 11.105, de Biossegurança que:

“estabelece as normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados - OGM e seus derivados e, cria o Conselho nacional de biossegurança CNBS e reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio”.

Neste mesmo ano, a cultura do algodão foi a primeira planta Bt a ser aprovada para uso comercial no país.

O processo de desenvolvimento e liberação de plantas geneticamente modificadas é realizado em diversas fases, que exigem avaliações experimentais criteriosas para garantir que estes organismos não irão causar nenhum dano aos animais, à microbiota do solo, aos organismos não alvos, aos seres humanos e ao ambiente (VASCONCELOS & CARNEIRO, 2015). Ao final somente os produtos que atendam os padrões técnicos e de segurança e que tenham perspectivas de negócios positivas seguem para a introdução comercial (PRADO *et al.*, 2014).

Um importante parâmetro de avaliação de segurança para plantas geneticamente modificadas é o Princípio da Equivalência Substancial (PSE). Esse princípio baseia-se na proposta de que

plantas transgênicas são equivalentes quimicamente às plantas convencionais (não transgênicas), com exceção das características inseridas pela transgenia (ZATERKA, 2019).

Para garantir a biossegurança no uso dessa tecnologia, o Art. 16 da Lei n. 11.105 de 24/03/2005 determina aos órgãos e entidades de registro e fiscalização (BIOSSEGURANÇA & TRANSGENIA, 2011, p.26):

“I – Fiscalizar as atividades de pesquisa de OGM e seus derivados;

II – Registrar e fiscalizar a liberação comercial de OGM e seus derivados;

III – emitir autorização para a importação de OGM e seus derivados para uso comercial;

IV – Manter atualizado no SIB o cadastro das instituições e responsáveis técnicos que realizam atividades e projetos relacionados a OGM e seus derivados;

V – Tornar públicos, inclusive no SIB, os registros e autorizações concedidas;

VI – Aplicar as penalidades de que trata esta Lei;

VII – subsidiar a CTNBio na definição de quesitos de avaliação de biossegurança de OGM e seus derivados”.

A partir da liberação, o uso de safras transgênicas para o controle de insetos-praga é considerado seguro, eficaz e adequado para programas de Manejo Integrado de Pragas, o qual ainda não

existem evidências de efeito direto sob organismos não alvo (KAMACAR & PAL, 2017). A introdução dos cultivares Bt levou à redução dos danos provocados pelas pragas e simultaneamente à redução do uso de pesticidas químicos nas lavouras, auxiliando na preservação do meio ambiente. Além disso, conceitos amplamente utilizados nos tratamentos de controle convencionais, como clima favorável, dosagem e formas de aplicação tornaram-se menos relevantes nessa tecnologia favorecendo assim os produtores (ESTRUCH *et al.*, 1997).

Apesar disso, alguns cuidados devem ser adotados para a eficácia das plantas Bt. É recomendada a adoção do método de refúgio nas lavouras, que consiste no uso de plantas não transgênicas para promover a sobrevivência e multiplicação de insetos sensíveis às toxinas Bt e, em seguida, ocorrer o acasalamento destes insetos com a população resistente, mantendo a susceptibilidade à toxina para gerações futuras (JOUANIN *et al.*, 1998).

Segundo a Instrução normativa nº 59, página 4 de 19 de dezembro de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento deve-se:

“Art. 1 Instituir, em todo o território nacional, a prática de plantio de áreas de refúgio estruturado como medida fitossanitária para o manejo da resistência de insetos em sistemas de cultivo com

plantas geneticamente modificadas que expressam características de resistência ao ataque de insetos”.

A piramidação de genes inseticidas, que consiste na expressão de duas ou mais proteínas com atividade tóxica e/ou mecanismos de ação diferentes para a mesma praga, e a expressão das toxinas em alta dose nos tecidos das plantas, também são importantes estratégias a serem adotadas para retardar a evolução da resistência de insetos (BALDIN, CRONKA & DA SILVA, 2017).

Quinze anos após a liberação do cultivo de plantas transgênicas, o Brasil está classificado como o segundo país produtor de transgênicos no mundo, atrás somente dos Estados Unidos. São 111 eventos de culturas geneticamente modificadas aprovadas, sendo o milho, a soja e o algodão as principais plantas Bt cultivadas (ISAAA, 2020).

Recentemente, em 2017 e 2018, foram aprovadas para comercialização as primeiras variedades de cana-de-açúcar Bt desenvolvidas pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) que apresentam resistência à espécie *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera, Pyralidae) conhecida como broca da cana-de-açúcar. A proposta já é apontada como promissora na agricultura por refletir diretamente na melhoria do desempenho da cultura (BABU *et al.*, 2020).

O surgimento de novos produtos geneticamente modificados com resistência à insetos é constante, devido aos resultados favoráveis do aumento de produtividade com o uso da tecnologia nas lavouras, e a necessidade de reduzir impactos ambientais ocasionados por outros métodos de controle de pragas convencionais (DUARTE, GARCIA & CRUZ, 2009).

Considerando que as condições atuais estimulam o emprego de novas tecnologias aplicáveis ao controle biológico tanto no setor agrícola quanto na saúde pública, *B. thuringiensis* destaca-se por ser uma fonte promissora ecologicamente correta, segura e dinâmica para o desenvolvimento de produtos biológicos em sistemas integrados de manejo.

Referências

ABE, A. C. T. **Avaliação da comunidade fúngica de solo sob cultivo de algodão Bt.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Grande Dourados, 2011.

ADANG, M. J.; CRICKMORE, N.; JURAT-FUENTES, J. L. Diversity of *Bacillus thuringiensis* crystal toxins and mechanism of action. In: Advances in insect physiology. **Academic Press**, p. 39-87, 2014.

ANGELO, E. A.; VILAS-BÔAS, G. T.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. *Bacillus thuringiensis*: características gerais e fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 945-958, 2010.

ARONSON, A. I.; BECKMAN, W.; DUNN, P. *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. **Microbiological Reviews**, v. 50, n. 1, p. 1, 1986.

ARONSON, A. I.; SHAI, Y. Why *Bacillus thuringiensis* insecticidal toxins are so effective: features of their mode of action. **FEMS Microbiology Letters**, v. 195, n. 1, p. 1-8, 2001.

BABU, K. H.; DEVARUMATH, R. M.; THORAT, A. S.; NALAVADE, V. M.; SAINDANE, M.; APPUNU, C.; SUPRASANNA, P. Sugarcane Transgenics: Developments and Opportunities. In: Genetically Modified Crops. **Springer, Singapore**. p. 241-265.

BALDIN, E. L. L.; KRONKA, A. Z.; DA SILVA, I. F. Inovações em manejo fitossanitário. Edson Luiz Baldin, Adriana Zanin Kronka, Ivana Fernandes da Silva. Botucatu: **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**, 2017.

BIOSSEGURANÇA E TRANSGENIA. Senado Federal: Subsecretaria de Edições Técnicas, **Coleção Ambiental** 2. ed. Brasília: v. 5, 120 p., 2011.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento**. Acesso em: 17 nov, 2020. Disponível em: <http://ctnbio.mctic.gov.br/inicio>.

BOBROWSKI, V. L.; FIUZA, L. M., PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M. H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 843-850, 2003.

BRAVO, A.; GÓMEZ, I.; PORTA, H.; GARCÍA-GÓMEZ, B. I.; RODRIGUEZ-ALMAZAN, C.; PARDO, L.; SOBERÓN, M. Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins insecticidal activity. **Microbial Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 17-26, 2013.

BRAVO, A.; PACHECO, S.; GÓMEZ, I.; GARCIA-GÓMEZ, B.; ONOFRE, J.; SOBERÓN, M. Insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* and their mechanism of action. In: *Bacillus thuringiensis* and *Lysinibacillus sphaericus*. **Springer, Cham**, pp. 53-66, 2017.

CAPALBO, D. M. F.; VILAS-BÔAS, G. T.; ARANTES, O. M. N.; SUZUKI, M. T. *Bacillus Thuringiensis*. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 34, 2005.

CARNEIRO, A. A.; GUIMARÃES, C. T.; VALICENTE, F. H.; WAQUIL, J. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, N. P.; MENDES, S. M. Milho Bt: Teoria e Prática da Produção de Plantas Transgênicas Resistentes a Insetos-Praga. **Embrapa Milho e Sorgo- Circular Técnica** (INFOTECA-E), p. 1-26, 2009.

CARVALHO, K. S. **Seleção e caracterização molecular de cepas de *Bacillus thuringiensis* eficientes contra lagarta falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2017.

CRICKMORE, N.; BERRY, C.; PANNEERSELVAM, S.; MISHRA, R.; CONNOR, T.R.; BONNING, B.C. Bacterial Pesticidal Protein Resource Center, 2020. Disponível em <<https://www.bpprc.org>>. Acesso em 20 ago. 2020.

DE MAAGD, R. A.; BOSCH, D.; STIEKEMA, W. *Bacillus thuringiensis* toxin-mediated insect resistance in plants. **Trends in Plant Sciences**, London, v.4, p.9-13, 1999.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. Aspectos econômicos da produção de milho transgênico. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica**, 2009.

ESTRUCH, J.J.; CAROZZI, N. B., DESAI, N.; DUCK, N. B.; WARREN, G. W.; KOZIEL, M. G. Transgenic plants: an emerging

approach to pest control. **Nature Biotechnology**, New York, v.15, p.137- 141, 1997.

FEDERICI, B. A. A perspective on pathogens as biological control agents for insect pests. In: **Handbook of biological control**. Academic Press, 1999. p. 517-548.

FONSECA, A. R., SANCHES, N. M., FONSECA, M.C., QUINTILHIANO, D. M., SILVA, E.S. Levantamento de espécies de Odonata associadas à tanques de piscicultura e efeito de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sobre ninfas de *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798) (Odonata: Libellulidae). **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 1, p. 25–29, 2004.

FRIZZAS, M. R. **Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a comunidade de insetos**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 2003.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B., VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Livro, Piracicaba: FEALQ, 2002.

GILBERT, L. I.; GILL, S.t S. **Insect control: biological and synthetic agents**. Academic Press, 2010.

GILL, S. S.; COWLES, E. A.; PIETRANTONIO, P. V. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. **Annual Review of Entomology**, v. 37, n. 1, p. 615-634, 1992.

GLARE, Travis. R.; O'CALLAGHAN, Maurencoaut. ***Bacillus thuringiensis* biology, ecology and safety**. Chichester: John Wiley and Sons, 350 p., 2000.

HANNAY, Christopher. L. Crystalline inclusions in aerobic sporeforming bacteria. **Nature**, v. 172, n. 4387, p. 1004-1004, 1953.

HÖFTE, H.; WHITELEY, H. R. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 53, n. 2, p. 242-255, 1989.

HORSCH, R. B.; FRY, J. E.; HOFFMANN, N. L.; EICHHOLTZ, D.; ROGERS S. G.; FRALEY, R. T. A simple and general method for transferring genes into plants. **Science**, v. 227, n. 4691, p. 1229-1231, 1985.

ISAAA. Brazil approves GM sugarcane for commercial use. Crop Biotech Update. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/approvedevents/in/default.asp?CountryID=BR&Country=Brazil>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

JOUANIN, L.; BONADÉ-BOTTINO, M.; GIRARD, C.; MORROT, G.; GIBAND, M. Transgenic plants for insect resistance. **Plant Science**, v. 131, n. 1, p. 1-11, 1998.

KARMAKAR, P.; PAL, S. Impact of transgenic on biocontrol agents of major insect pests-A review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 6, p. 2118-2121, 2017.

KNOWLES, B. H. Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal δ -endotoxins. In: **Advances in insect physiology**. Academic Press, 1994. p. 275-308.

KONECKA, E., BARANEK, J.; HRYCAK, A.; KAZNOWSKI, A. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* strains isolated from soil and water. **The Scientific World Journal**, 2012.

MCCABE, D. E.; SWAIN, W. F.; MARTINELL, B. J.; CHRISTOU, P. Stable transformation of soybean (*Glycine max*) by particle acceleration. **Biotechnology**, v. 6, n. 8, p. 923-926, 1988.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução normativa nº 59. Diário Oficial da União, n. 246, p.4, 2018. Acesso em 21 nov. 2020. Disponível em:

https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56640378/do1-2018-12-24-instrucao-normativa-n-59-de-19-de-dezembro-de-2018-56640212.

MONNERAT, R. G.; DIAS, D. G. S.; MARTINS, E. S.; BERRY, C.; FALCÃO, R.; GOMES, A. C. M. M.; PRAÇA, L. B.; SOARES, C. M. S. Screening of *Bacillus thuringiensis* strains effective against mosquitoes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 103-106, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Genetically modified pest-protected plants: Science and regulation**. National Academies Press, 2000.

PALMA, L.; MUNÓZ, D.; BERRY, C.; MURILLO, J.; CABALLERO, P. *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. **Toxins**, v. 6, n. 12, p. 3296-3325, 2014.

PARRA, J. R. P. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. Editora Manole Ltda., 2002.

PRADO, J. R.; SEGERS, G.; VOELKER, T.; CARSON, D.; DOBERT, R.; PHILLIPS, J.; REYNOLDS, T. Genetically engineered crops: from idea to product. **Annual Review of Plant Biology**, v. 65, p. 769-790, 2014.

RAYMOND, B.; JOHNSTON, P. R.; NIELSEN-LEROUX, C., LERECLUS, D.; CRICKMORE, N. *Bacillus thuringiensis*: an impotent pathogen? **Trends in Microbiology**, v. 18, n. 5, p. 189-194, 2010.

ROH, J. Y.; CHOI, J. Y.; LI, M. S.; JIN, B. R.; JE, Yeon H. *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 547, 2007.

ROMEIS, J.; MEISSE, M. Non-target risk assessment of Bt crops - Cry protein uptake by aphids. **Journal of Applied Entomology**, v. 135, n. 1-2, p. 1-6, 2011.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N. V.; VAN RIE, J.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; DEAN, D. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62, n. 3, p. 775-806, 1998.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; ZEIGLER, D. R.; DEAN, D. H. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62, n. 3, p. 775-806, 1998.

SCHÜNEMANN, R.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Mode of action and specificity of *Bacillus thuringiensis* toxins in the control of caterpillars and stink bugs in soybean culture. **International Scholarly Research Notices**, 2014.

SOARES, A. S.; COSTA, L. T. M.; SILVA, C. A.; SANTOS, S. F.; AGUIAR, R. W. S. Bioprospecting of *Bacillus thuringiensis* in the control of *Aedes aegypti* larvae. **Brazilian Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 16, p. 175-191, 2020.

SOARES, K. W. P.; MARIANO, W. DOS S.; PAULINO, M. G. Teste de fuga com minhocas (*Eisenia andrei*) em solo natural tratado com biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis* para avaliação da qualidade do solo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e423985774, 2020.

SOBERÓN, M.; MONNERAT, R.; BRAVO, A. **Mode of action of Cry toxins from *Bacillus thuringiensis* and resistance mechanisms. Microbial toxins.** Edited by P Gopalakrishnakone, B Stiles, A Alape-Girón, JD Dubreuil, and M Mandal. Springer Netherlands, Dordrecht, the Netherlands, p. 1-13, 2016.

TEIXEIRA, P.; VALLE, S. **Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Fiocruz, p. 442, 2010.

VALLET-GELY, I.; LEMAITRE, B.; BOCCARD, F. Bacterial strategies to overcome insect defences. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, n. 4, p. 302-313, 2008.

VALICENTE, F. H., ANDRADE, G. S., MENDES, S. M. Plantas Transgênicas e Possíveis Efeitos em Agentes de Controle Biológico Introdução. **Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica (INFOTECA- E)**, 2015.

VALICENTE, F. H. Controle biológico de pragas com entomopatógenos. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.

VALICENTE, F. H.; SOUZA, I. R. P. Cultivo e preparo de *Bacillus thuringiensis* para macroscopia eletrônica de varredura. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1., 2004, Cuiabá, MT. Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade: [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Cuiabá: Empaer, 2004.

VALOIS, A. C. C. Importância dos transgênicos para a agricultura. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 1, p. 27-53, 2001.

VAN FRANKENHUYZEN, K. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 101, n. 1, p. 1-16, 2009.

VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, A. A. Guia para regulamentação de organismos geneticamente modificados. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.

VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. **Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas. Bases e técnicas do manejo de insetos.** Santa Maria: UFSM/CCR/DFS, p. 113-128, 2000.

VILAS-BÔAS, G. T.; PERUCA, A. P. S.; ARANTES, O. M. N. Biology and taxonomy of *Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis*, and *Bacillus thuringiensis*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 53, n. 6, p. 673-687, 2007.

VIVIAN, R.; QUERINO, R. B. Mercado de agentes de controle biológico. In: **Controle Biológico de Pragas da agricultura.** Brasília: Embrapa, p.501-509, 2020.

XAVIER, G. R.; KNUPP, A. M.; DRECHSEL, M. M.; JÚNIOR BATISTA, C. B.; BOHM, G.; ROMBALDI, C.; FARIA, J. C.; MEINSSNER FILHO, P. E.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; CORREIA, M. E. F.; RUMJANEK, N.G. Biossegurança de plantas geneticamente modificadas: efeito sobre microrganismos não-alvo. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE).** Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR, UEL, 2008., 2008.

ZATERKA, L. Transgênicos e o princípio de equivalência substancial. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 271-284, 2019.

ZHANG, J; ZHANG, J.; JIN, M.; YANG, Y.; LIU, L.; YANG, Y.; GÓMEZ, I.; LIU, K. The Cadherin Protein Is Not Involved in Susceptibility to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab or Cry1Fa Toxins in *Spodoptera frugiperda*. **Toxins**, v. 12, n. 6, p. 375, 2020.

Sobre os autores

Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa

Doutoranda em Biodiversidade e Saúde, mestre em Biotecnologia Vegetal e licenciada em Ciências Biológicas. Experiência em metodologias de criação e controle biológico de noctuídeos-praga pela Embrapa Milho e Sorgo. Atualmente desenvolve pesquisas direcionadas ao controle alternativo de dípteros muscoides de importância médico-sanitária e forense através de óleos essenciais e bactérias entomopatogênicas, pelo laboratório de Entomologia Médica e Forense do Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

Igor Luiz Souza da Cruz

Biomédico e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Integra a equipe do Laboratório de Insetos Vetores/ Universidade de Vassouras e do Laboratório de Entomologia Médica e Forense/ Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. Doutorando do Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Biodiversidade e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Experiência no controle alternativo dos mosquitos do gênero *Aedes* (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) através de substâncias naturais de plantas.

Karine Silva de Carvalho

Graduada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Sete Lagoas, Pós-graduada (*Lato sensu*) em Microbiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, mestra e doutoranda em Biotecnologia Vegetal pela Universidade Federal de Lavras. Possui experiência em: Controle biológico de pragas, microrganismos entomopatogênicos, microbiologia do solo, biologia molecular, genética de microrganismos e qualidade de cultivares de milho, sorgo e milheto.

Jéssica Letícia Abreu Martins

Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Federal de São João del Rei, em Sete Lagoas. Técnica em Agronegócio pelo SENAR MG. Atualmente é mestranda no programa de Pós Graduação em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, com pesquisas

relacionadas ao controle biológico conservativo, desenvolvidas na EPAMIG Sudeste e na Embrapa Milho e Sorgo.

Fernando Hercos Valicente

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (1982), mestrado em Entomologia e doutorado em Entomologia/Genética Molecular - Purdue University, Pesquisador na Embrapa Milho e Sorgo. Experiência em Entomologia Agrícola, atuando principalmente na área de controle biológico de insetos-pragas e transgênicos, utilizando os patógenos *Bacillus thuringiensis* e Baculovírus, visando o desenvolvimento de biopesticidas.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 19 - Análise do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza no Estado do Rio de Janeiro

Autores: Anna Luiza Pinage Barbosa; Cristiane Borborema Chaché;
Lucas Barbosa Cortinhas; Paloma Martins Mendonça

Resumo: O presente capítulo pretende abordar o panorama histórico da criação das Unidades de Conservação da Natureza no Brasil, desde o Brasil Colônia até o período atual, trazendo à baila os instrumentos jurídicos de maior destaque. Da mesma maneira, intenciona-se realizar uma análise reflexiva da Lei nº 9985/2000 (“Lei do SNUC”), destacando o art. 36 que fala da possibilidade de destinação de recursos oriundos de empreendimentos de alto impacto ambiental para auxiliar na gestão das unidades, através da Câmara de Compensação Ambiental. Além disso, será apresentado um breve estudo das unidades presentes no Estado do Rio de Janeiro com foco na temática de gestão ambiental, enfatizando os tipos de unidades de conservação com relação ao seu grau de proteção. Neste caso específico, é fundamental garantir a conservação da biodiversidade do bioma Mata Atlântica, que tem sofrido redução causada principalmente pelo desmatamento de encostas por ocupações irregulares. Convém ressaltar que, diversos pesquisadores apontam este bioma como

um dos prioritários para a preservação no mundo. Percebe-se que muitas unidades de proteção surgiram nas últimas décadas, sejam públicas ou privadas, mas ainda assim, se faz necessário que sejam tomadas medidas para diminuir a burocracia da implantação desses espaços e garantir que os recursos sejam aplicados adequadamente. A pesquisa foi realizada utilizando referências bibliográficas adquiridas por leis, decretos, doutrinas, sítios eletrônicos de referência estatística e de órgãos regulamentadores de políticas ambientais no país.

Palavras-chave: Lei nº 9.985/2000; UCN; Gestão Ambiental; SNUC.

Panorama Histórico sobre as Unidades de Conservação

A proteção da natureza no país está presente desde o período do Brasil Colônia, por meio de leis esparsas. Desde 1605, com o Regimento Pau Brasil, foi possível perceber a exigência de autorização do rei de Portugal para corte da madeira. Quanto a “consciência crítica ambiental” no Estado, é demonstrada desde os séculos XVIII e XIX, em que alguns pensadores luso-brasileiros, por exemplo, José Bonifácio e Joaquim Nabuco, que possuíam formação pela Universidade de Coimbra e forte influência do

iluminismo, já eram preocupados com o meio ambiente (PÁDUA, 2004, p. 10-15).

Nesse contexto, ações de regularizações por parte da Corte Portuguesa, ao longo do século XVIII, foram conduzidas por meio do “binômio conhecimento científico/aplicação prática no âmbito das ciências naturais” (SEGAWA, 1996, p. 113; BARRETO FILHO, 2004, p. 54). Para melhor compreensão, ações como a Carta Régia de 7 de novembro de 1796 e o Aviso Régio de 19 de novembro de 1798 já deliberavam a “organização de estabelecimentos botânicos voltados para o intercâmbio de plantas úteis à economia portuguesa” (BARRETO FILHO, 2004, p. 54; SEGAWA, 1996, p. 113). Consequentemente, o Jardim Botânico de Belém fora fundado em 1978.

Entretanto, a guarda dessas normativas históricas apresentava viés patrimonial e era fundada em preservação individual de espécies particulares da fauna e da flora. Assim, mesmo que o efeito fosse à proteção do entorno dessas espécies específicas, não existia norma que protegesse um ecossistema completo. Este que é o bojo para a gênese de unidades de conservação no país em que há o objetivo de proteger um conjunto de um espaço territorial e seus recursos ambientais, conforme inciso I do art. 2º da Lei n. 9.985/00:

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - Unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;

Dessa forma, somente no Brasil Império, através de iniciativas do Imperador Dom Pedro II, que houve o primeiro esforço oficial de conservação ambiental no Brasil com o reflorestamento da Floresta da Tijuca a partir de 1845 (BARRETO FILHO, 2004, p. 54). Tal fato ocorreu devido ao péssimo saneamento básico da cidade do Rio de Janeiro – que era a capital do Império, e pela crise hídrica de abastecimento. Esta crise havia impulsionado medidas por parte do Estado como o estabelecimento de dois decretos, um com o impedimento do corte de árvores às margens de riachos e mananciais e o outro objetivava a análise de terras particulares para aquisição governamental com o propósito de resguardar rios ameaçados (DRUMMOND, 1997, p. 213; IBDF, 1982, p. 9 *apud* BARRETO FILHO, 2004, p. 55).

Posteriormente, pode-se ressaltar que a proteção em modelo ecossistêmico no Brasil possui grande influência do exterior. Isso porque o Parque Nacional, no Brasil de 1876, criado por André

Rebouças (URBAN, 1998, p.81), veio logo após a criação do parque em Yellowstone em 1972 nos EUA (DIEGUES, 2001, p. 37; SANTILLI, 2005, p. 26) como o primeiro parque nacional do mundo. De acordo com Juliana Santilli (2005, p. 26), “o objetivo principal de garantir que os seus recursos naturais fossem preservados intactos, e sem interferência humana, e assegurar a preservação do habitat de algumas espécies”.

Contudo, em 1833, a priori do Yellowstone, já existiam Reservas Florestais no Brasil pela Decisão Imperial nº 429 (IBDF, 1982 p. 9 *apud* BARRETO FILHO, 2004, p. 55) e em 1861, houve a gênese da Floresta da Tijuca e das Paineiras como um modelo de preservação de um local e de seus recursos naturais (IBDF, 1982, p. 9 *apud* BARRETO FILHO, 2004, p. 55). A respeito dessas florestas, existia a Decisão n. 577 do Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas do período, que já estabelecia orientações para o plantio e conservação das florestas e uma organização administrativa formada por administrador, feitor e escravos (BARRETO FILHO, 2004, p. 55; DRUMMOND, 1997, p. 221).

Nesse sentido, cabe ressaltar que o local era restrito às mais altas camadas sociais. Isso explica, pois, a “Tijuca Imperial (...) permaneceu refúgio permanente de ricos e poderosos contra o calor e a insalubridade do Rio de Janeiro” (BARRETO FILHO,

2004, p.55). Entretanto, Yellowstone, introduziu que houve uma inversão de valores em que a natureza começou a ser tratada como uma “natureza para todos” e não mais uma “natureza para alguns”. Desse modo, pode-se perceber um alcance mais popular de forma como um bem público de uso comum, o que evidenciava o controle por parte do Estado por parte dessas terras, evitando certa privatização (SIMON, 2005, p. 28).

Em contrapartida, muitos ponderam que área protegida primogênita no país foi a Reserva Florestal do Acre, em 1911 (BARRETO FILHO, 2004, p. 56). Esta extensão teria sua gênese sob influência conservacionista que orienta o modelo de Yellowstone. Nesse contexto, segue a explicação da criação da reserva constante no preâmbulo do Decreto n. 8.843 de 26 de julho de 1911:

“attendendo a que a devastação desordenada das mattas está produzindo em todo o paiz effeitos sensíveis e desastrosos, salientando-se entre elles alterações na constituição climaterica de varias zonas e no regimen das aguas pluvias e das correntes que dellas dependem; e reconhecendo que é da maior e mais urgente necessidade impedir que tal estado de cousa se estenda ao Territorio do Acre, mesmo por tratar-se de região onde como igualmente em toda a Amazonia, ha necessidade de proteger e assegurar a navegação fluvial e, consequentemente, de obstar que soffra modificação o regimen hydrographico respectivo”.

Apesar dessas discordâncias quanto a primeira unidade de conservação realizada no Brasil, somente em 1921 com o Decreto n. 4.421 que criou o Serviço Florestal do Brasil (pós proclamação da República), foi que houve menções em instrumentos normativos que estabeleceram conceitos e categorias sobre a temática. Posteriormente, depois da Constituição Federal de 1934, no mesmo ano foi elaborado o primeiro “Código Florestal”.

Em contexto histórico, tal fato ocorreu em meio a expansão do café. O código em questão estabelecia em seu art. 1º que as florestas do território brasileiro eram consideradas bens de interesse “commum a todos os habitantes, do paiz, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que as leis em geral, e especialmente este código, estabelecem”. As florestas eram classificadas do seguinte modo: protetoras; remanescentes; modelo e de rendimento. As florestas protetoras seriam as áreas de preservação permanente na atualidade, essas desempenham funções como de proteger corpos hídricos, evitar erosão e fixar dunas.

Quanto às florestas remanescentes, estas constituíam os Parques nacionais, estaduais ou municipais que de segundo o art. 9º podiam ser compreendidos como “monumentos públicos naturais, que perpetuam em sua composição florística primitiva,

trechos do paiz, que, por circunstancias peculiares, o merecem". Já as florestas modelos, conforme art. 6º, podia-se entender como "as artificiaes, constituídas apenas por uma, ou por limitado número de essenciasflorestaes, indigenas e exoticas, cuja disseminação convenha fazer-se na região". Por último, as florestas de rendimento apresentavam-se como as residuais.

Ademais, os primeiros parques nacionais no Brasil, de acordo com o modelo de Yellowstone, foram o de Itatiaia (1937), o da Serra dos Órgãos e o de Iguaçu (ambos em 1939), este último, foi idealizado por André Rebouças (URBAN, 1998, p.82). Em momento posterior, entre 1950 - 1980, o país passou por um período favorável para a criação de parques, isso porque o que conduzia o Brasil no que se refere a gênese de unidades de conservação era em "em função da legitimidade atribuída ao discurso científico dominante" (ESTERCI e FERNANDEZ, 2009, p. 20).

Seguindo essa lógica, existia certa contradição entre a função do Estado em demarcar e proteger as Unidades de Conservação e a questão que poderia o Próprio Estado ser "ao mesmo tempo, o responsável principal pela qualidade ambiental e um dos seus mais expressivos agentes poluidores" (PEREIRA, 2005, p. 121). Essa questão se verifica no próprio período em que Vargas estava no poder, no mesmo momento em que várias unidades de

conservação foram constituídas, houve muitas indústrias sendo instaladas e estas com alto índice de poluição altamente poluentes (Companhia Siderúrgica Nacional e a Companhia do Vale do Rio Doce). Também, Juscelino Kubitschek com o seu bordão “50 anos em 5” e o “Milagre Econômico” do Regime Militar.

Em período próximo, foi elaborado um novo Código Florestal em 1965. Além das categorias de Parques e Florestas existentes, surgiram as Reservas Biológicas (art. 5º). Estas possuíam o propósito de proteger os “atributos excepcionais da natureza” e ao mesmo tempo proteger plenamente da flora, da fauna e das belezas naturais com uso voltado a fins educacionais, recreativos e científicos. Conseqüentemente, Reservas biológicas foram instituídas no período, tal como a Reserva Biológica Poço das Antas, localizada em Silva Jardim – RJ, em 1974. Nesse código em questão, as Florestas apresentavam desígnios econômicos, técnicos ou sociais e permitiam que fossem áreas ainda não florestadas, entretanto com o objetivo de ser tal.

O Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal (IBDF) passou a ser o órgão para gerenciar as áreas protegidas. Este foi instituído por meio do Decreto-Lei nº 289/1967. A posteriori da Conferência de Estocolmo de 1972, houve coação internacional que ocasionou na constituição da Secretaria Especial do Meio

Ambiente (SEMA) através do Decreto nº 73.030/1973. Desse modo, o IBDF e a SEMA, foram responsáveis por gerir as políticas brasileiras de conservação da natureza (ESTERCI e FERNANDEZ, 2009, p. 22).

Além das mencionadas categorias, na década de 1980, outras foram criadas. Por exemplo, as Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental (Lei n. 6.902/1981) que eram conhecidas, conforme art. 1º, por serem “áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento da educação conservacionista”. É o caso da Estação Ecológica de Tamoios em Paraty e Angra dos Reis da década de 1990.

Ademais, surgiram as Áreas de Proteção Ambiental (APA). Nessas, conforme art. 9º, a administração pública seria capaz de impedir ou demarcar: a implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras, que pudessem interferir nos mananciais de água; elaboração de obras de terraplenagem e a criação de canais, em ocasião a qual essas iniciativas implicarem em alteração das condições ecológicas locais e o exercício de atividades que podem acarretar em uma célere erosão das terras

e/ou um elevado assoreamento das coleções hídricas. Tal como APA de Maricá que teve sua gênese em 1984.

Em mesmo período, em 1981, a Lei n. 6.938 foi criada e contemplou a proteção ao meio ambiente de forma a ser um marco no Brasil. Segundo Juliana Santilli (2005, p. 28), “pela primeira vez na história do país estabeleceu princípios e objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), tratando o meio ambiente de forma sistêmica”. Em seu art. 9º, VI, essa lei integrou como instrumento da PNMA a formação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público, por exemplo, as unidades de conservação.

Também, o Decreto Federal nº 89.336/84 inseriu as Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), tal como a ARIE Floresta da Cicuta (1985). Tais áreas eram conhecidas por serem detentoras de características naturais extraordinárias ou possuírem exemplares raros da biota regional. Dessa forma, há a necessidade de cuidados especiais de proteção por parte do Poder Público. Além disso, o referido Decreto deu origem às Reservas Ecológicas, conhecidas como áreas de preservação permanente.

Nesse contexto, a Lei nº 7.804/89 e sua regulamentação pelo Decreto nº 98.897/90 formalizaram as Reservas Extrativas. Essas significavam uma nova perspectiva acerca da preservação ambiental, também chamada de “Socioambientalismo” (SANTILLI, 2005, p. 31-34):

“o sociambientalismo foi construído com base na ideia de que as políticas públicas ambientais devem incluir e envolver as comunidades locais, detentoras de conhecimento e de práticas de manejo ambiental. Mais do que isso, desenvolveu-se com base na concepção de que, em um país pobre e com tantas desigualdades sociais, um novo paradigma de desenvolvimento deve promover não só a sustentabilidade estritamente ambiental- ou seja, a sustentabilidade de espécies, ecossistemas e processos ecológicos - como também a sustentabilidade social - ou seja, deve contribuir também para a redução da pobreza e das desigualdades sociais e promover o valor da justiça social e equidade”.

Diante de todo o exposto até o momento, pode-se perceber que as unidades de conservação no país foram regulamentadas primeiramente de modo isolado. O país somente começou a tratar juridicamente sobre o meio ambiente após a pressão internacional existente na década de 1970, em destaque a da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). Esta inspirou muito as normativas no Brasil, por exemplo, o modelo utilizado na

elaboração de Parques que antes estava em constante decaimento devido às ideias preservacionistas.

Em contrapartida, também houve pressão interna da população para preservação de alguns locais. Isso objetivava “romper com a lógica ‘vertical’ que norteou por muitos anos os processos de criação de unidades de conservação, nos quais a decisão política de criá-las e implantá-las são impostas ‘de cima para baixo’, e de forma autoritária e unilateral pelo Poder Público, excluindo-se as populações locais” (SANTILLI, 2005, p. 109). Dessa maneira, era visível uma alteração normativa e de regulamentação sistêmica de todas as unidades de conservação “por meio de um conjunto articulado e representativo de amostras de ecossistemas brasileiros, com diferentes categorias” (SANTILLI, 2005, p. 110-111).

Todavia, apenas com a redemocratização do Brasil (1988) que a proposta da lei foi solicitada pelo IBDF. A introdução do projeto ao Congresso Nacional foi em 1992 e sua aprovação, em 2000. O produto a Lei nº 9.985/2000, conhecida como “Lei do SNUC”. Nesse período, houve fortes inspirações como o conceito de “desenvolvimento sustentável”, advindo pelo Relatório de Brundtland, também chamado como “Nosso Futuro Comum” (documento realizado pela Comissão Mundial sobre o Meio

Ambiente e Desenvolvimento). Outra ascendência foi a Segunda Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), que ocorreu no Rio de Janeiro, chamada de ECO-92.

A Lei do SNUC elaborou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Esse sistema acolheu novos conceitos e produziu novas categorias e remodelou outras, que serão abordadas no próximo capítulo. Destarte, novas regras foram apresentadas, abrangendo a criação, a gestão, a ampliação e a participação da população.

Após a apresentação de uma visão geral das Unidades de Conservação, é importante a realização de uma análise reflexiva da Lei nº 9.985/2000 que instituiu essas unidades no Brasil.

Breve análise reflexiva da Lei nº 9985/2000 (“Lei do SNUC”)

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 em sua ementa consta que: “regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências”. Dessa maneira, é observada desde o princípio a importância dessa lei, pois ratifica a constituição em termos de proteção ambiental, sendo que a partir dessa lei, passa-se a resguardar as Unidades de conservação.

Nesse contexto, segundo o art. 2º, inciso I, a referida lei conceitua essas unidades como:

“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

A divisão da “Lei do SNUC” ocorre em sete capítulos, além de diretrizes preliminares e disposições gerais e transitórias, os capítulos são: do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC; das Categorias de Unidades de Conservação; da criação, implantação e gestão das unidades de conservação; dos incentivos, isenções e penalidades e; das reservas da biosfera.

Além disso, é importante ressaltar que o SUNC é formado por um conjunto de unidade de conservação que envolve as esferas federais, estaduais e municipais (art. 3º) e criadas por um ato do Poder Público (art. 22). Também, segundo o artigo 6º, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza deve ser gerido por órgãos: Órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA com as atribuições de acompanhar a implementação do Sistema; Órgão central: o Ministério do Meio Ambiente, com a finalidade de coordenar o

Sistema; e órgãos executores: o Instituto Chico Mendes e o IBAMA, em caráter supletivo, os órgãos estaduais e municipais, com a função de implementar o SNUC, subsidiar as propostas de criação e administrar as unidades de conservação federais, estaduais e municipais, nas respectivas esferas de atuação.

Ademais, seguindo com a análise da lei, conforme art. 7º, esta classifica as unidades de conservação em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As de Proteção Integral possuem o alvo básico de preservar a natureza, sendo permitida apenas a utilização indireta de seus recursos naturais, excetos os casos previstos no §1º da lei. Já as unidades de Uso Sustentável, de acordo com o §2º, o foco é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

As Unidades de Proteção Integral se subdividem em categorias que são: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Já as Unidades de Uso Sustentável possuem as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Paralelamente, é válido destacar as situações específicas como os casos de áreas ocupadas por populações tradicionais. Se houver posse e uso por essas pessoas em Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável, haverá regulação por contrato (art. 23). Além disso, de acordo com o art. 42, quando essas populações estiverem estabelecidas em unidades de conservação, onde sua permanência não seja autorizada, serão indenizadas ou compensadas pelas benfeitorias existentes e devidamente realocadas pelo Poder Público, em área e condições acordadas entre as partes.

Além disso, o subsolo e o espaço aéreo, que interferirem na estabilidade do ecossistema, fazem parte dos limites das unidades de conservação. Estas devem ser detentoras de zona de amortecimento e quando necessário, de corredores ecológicos também. Cabe salientar que Áreas de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural não necessitam dessa zona, segundo o art. 25.

Outra importante questão, é que as UC precisam de um Plano de Manejo, este deve ser elaborado num prazo de cinco anos da data de sua criação e a participação da população residente é assegurada (art. 27). Também, é proibida a introdução de espécies

não autóctones, ou seja, que não seja nativa ou natural de certo ecossistema (art. 28).

Nesse sentido, não se pode esquecer de tratar das questões relacionadas às pesquisas científicas que são incentivadas em todas as categorias de ambos os grupos. Isso consta, também, no art. 41 quanto a Reserva da Biosfera, que é um modelo de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais.

Outro ponto a ser analisado é quando há exploração comercial de subprodutos ou serviços oriundos ou desenvolvidos de materiais presentes em unidades de conservação, para tal faz-se necessária prévia autorização e ainda acarretará em pagamentos por parte do explorador.

A Lei do SNUC ainda regulamenta situações de licenciamento ambiental de empreendimento de significativo impacto ambiental. Dessa maneira, se acordo com estudo de impacto ambiental e o relatório - EIA/RIMA, o empreendedor deve apoiar a implantação e manutenção de unidade de conservação do Grupo de Proteção Integral (art. 36). Nessa lógica, o montante de recursos a ser rumado pelo empreendedor para tal fim, não pode ser menor que meio por cento dos custos totais previstos para instalação do empreendimento, sendo que esse percentual é fixado pelo órgão

licenciador ambiental segundo o tamanho do impacto ambiental trazido pelo empreendimento (§1º).

Não obstante, nos parágrafos posteriores do mencionado capítulo, constam que cabe ao órgão ambiental licenciador definir quais serão as unidades contempladas por tais benefícios, podendo até criar uma. E quando o empreendimento afetar a unidade de conservação específica ou sem sua zona de amortecimento, é necessário que haja autorização do órgão responsável para determinar se poderá tal empreendimento ser beneficiária de tais compensações. A título de exemplo, no Rio de Janeiro existe o Fundo da Mata Atlântica (FMA/RJ) que autoriza o uso de “recursos de compensações ambientais em UCs do estado com transparência e governança” (FUNBIO, 2017). Diante disso, surgiram recursos advindos de compensações ambientais, doações, Termos de Ajustamento de Conduta, entre outros, assim, o FMA/RJ apoiou 99 projetos, protegeu em torno de 506 mil hectares com os 25 milhões de reais dos 99 empreendimentos (FUNBIO, 2017).

Quanto à reavaliação das UCs, o Poder Executivo Federal submeterá à apreciação do Congresso Nacional, um relatório de avaliação global do status das unidades de conservação federais do País no período de dois anos (art. 51). Por fim, é relevante

destacar que a lei do SNUC estabelece que o Poder Executivo deverá delimitar as áreas de plantio de transgênicos nas áreas que contornam as UCs até que haja fixação da zona de amortecimento e que tenha autorização do Plano de Manejo em questão, exceto Áreas de Proteção Ambiental (APA) e Reservas de Particulares do Patrimônio Nacional (RPPN). Diante de todo o exposto sobre a Lei nº 9.985/2000, cabe a análise mais específica em relação as Unidade de Conservação da Natureza no Estado do Rio de Janeiro com ênfase na gestão ambiental.

Unidades de Conservação da Natureza no Estado do Rio de Janeiro

No estado do Rio de Janeiro existem, atualmente, 34 unidades de conservação estaduais, sendo 16 de uso sustentável e 18 de proteção integral, sem considerar as RPPNs, segundo dados atualizados em 2016 pelo INEA (CNUC, 2020) (tabelas 1 e 2). A gestão das Unidades de Conservação Estadual é de responsabilidade deste Instituto, por meio da Diretoria de Biodiversidade e Áreas Protegidas (DIBAP), dentro de sua Gerência de Unidades de Conservação.

O Instituto Estadual do Ambiente - INEA - é um órgão relativamente novo, criado pelo Decreto n. 41.628, de 12 de janeiro

de 2009, que unificou os antigos três órgãos ambientais do Estado: a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF). Foram o IEF e a FEEMA os responsáveis por criar as primeiras unidades de conservação no Estado. Em 2006, todas as unidades de conservação passaram a ser administradas somente pelo IEF (FERNANDEZ, 2009, p. 81) e posteriormente, pelo INEA.

Tabela 1: Unidades de Conservação da Natureza de Proteção Integral, cadastradas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC.

Unidade de Conservação	Categoria de Manejo	Ano de Criação	Municípios
Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba	Estação Ecológica	2002	São Francisco de Itabapoana
Monumento Natural Estadual da Serra da Beleza	Monumento Natural	2017	Barra do Piraí, Barra Mansa, Valença
Parque Estadual Cunhambebe	Parque	2008	Angra dos Reis, Itaguaí, Mangaratiba, Rio Claro

Parque Estadual da Costa do Sol	Parque	2011	Araruama, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Saquarema, São Pedro da Aldeia
Parque Estadual da Ilha Grande	Parque	1971	Angra dos Reis
Parque Estadual da Lagoa do Açu	Parque	2012	Campos dos Goytacazes, São João da Barra
Parque Estadual da Pedra Branca	Parque	1974	Rio de Janeiro
Parque Estadual da Pedra Selada	Parque	2012	Itatiaia, Resende
Parque Estadual da Serra da Concórdia	Parque	2002	Valença
Parque Estadual da Serra da Tiririca	Parque	1991	Maricá, Niterói
Parque Estadual do Desengano	Parque	1970	Campos dos Goytacazes, Santa Maria Madalena, São Fidélis

Parque Estadual do Mendanha	Parque	2013	Mesquita, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro
Parque Estadual dos Três Picos	Parque	2002	Teresópolis, Silva Jardim, Nova Friburgo, Guapimirim, Cachoeiras de Macacu
Refúgio de Vida Silvestre Estadual da Lagoa da Turfeira	Refúgio de Vida Silvestre	2016	Resende
Refúgio de Vida Silvestre Estadual do Médio Paraíba	Refúgio de Vida Silvestre	2016	Barra do Piraí, Barra Mansa, Itatiaia, Paraíba do Sul, Pinheiral, Porto Real, Quatis, Resende, Rio das Flores, Três Rios, Valença, Vassouras, Volta Redonda

Reserva Biológica de Araras	Reserva Biológica	1977	Petrópolis, Miguel Pereira
Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul	Reserva Biológica	1981	Angra dos Reis
Reserva Biológica Estadual de Guaratiba	Reserva Biológica	1974	Rio de Janeiro

Fonte: CNUC, 2020 Adaptado.

Tabela 2: Unidades de Conservação da Natureza de Uso Sustentável, cadastradas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC.

Unidade de Conservação	Categoria de Manejo	Ano de Criação	Municípios
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio dos Frades	Área de Proteção Ambiental	1990	Rio de Janeiro, Teresópolis
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Macacu	Área de Proteção Ambiental	2002	Cachoeiras de Macacu, Guapimirim
Área de Proteção Ambiental da Serra de Sapiatiba	Área de Proteção Ambiental	1990	Iguaba Grande, São

			Pedro da Aldeia
Área de Proteção Ambiental de Gericinó/Mendanha	Área de Proteção Ambiental	2005	Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro
Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima	Área de Proteção Ambiental	2001	Bom Jardim, Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu, Macaé, Nova Friburgo, Silva Jardim, Trajano de Morais
Área de Proteção Ambiental de Mangaratiba	Área de Proteção Ambiental	1987	Mangaratiba
Área de Proteção Ambiental de Maricá	Área de Proteção Ambiental	1984	Maricá

Área de Proteção Ambiental de Massambaba	Área de Proteção Ambiental	1986	Araruama, Arraial do Cabo, Saquarema
Área de Proteção Ambiental de Sepetiba II	Área de Proteção Ambiental	2004	Rio de Janeiro
Área de Proteção Ambiental de Tamoios	Área de Proteção Ambiental	1982	Angra dos Reis
Área de Proteção Ambiental do Alto Iguaçu	Área de Proteção Ambiental	2013	Belford Roxo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu
Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil	Área de Proteção Ambiental	2002	Armação de Búzios, Cabo Frio
Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu	Área de Proteção Ambiental	2007	Japeri, Miguel Pereira, Paracambi, Piraí, Queimados,

			Rio Claro, Seropédica
Floresta Estadual José Zago	Floresta	2016	Trajano de Morais

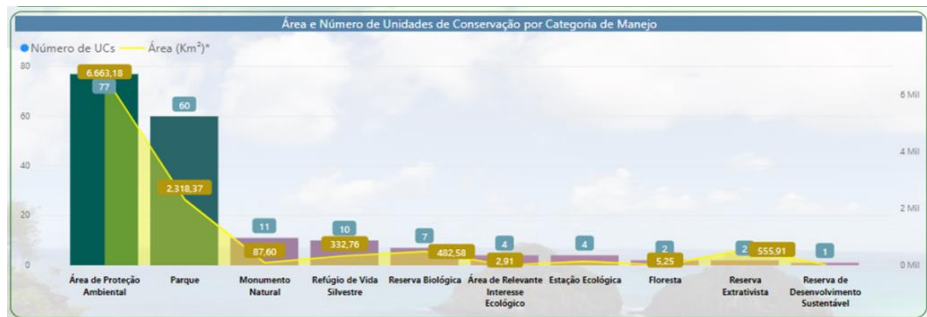
Fonte: CNUC, 2020 Adaptado.

De acordo com a Lei do SNUC, o Ministério do Meio Ambiente ficaria responsável por organizar e manter um Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) compilando informações referentes a gestão e territorialidade, com a colaboração do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e dos órgãos estaduais e municipais competentes, conforme previsto pela legislação.

Segundo informações do CNUC, no estado do Rio de Janeiro, são 9.722 km² de área de Mata Atlântica protegida, correspondendo a 0,11% da área total do Estado (CNUC, 2020). Conforme a Lei do SNUC, os outros entes federados e interessados particulares podem criar unidades de conservação e devem cadastrá-las junto ao CNUC. Segundo o cadastro federal, existem 178 UCNs no estado, com gestão pública, conforme figura 1, em dados de 2019. Verificamos na figura 2, o predomínio de unidades de proteção

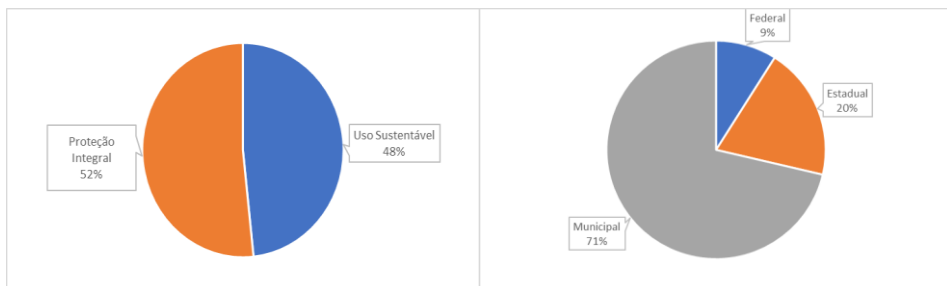
integral e o esforço dos municípios em criar e gerir suas próprias unidades municipais.

Figura 1: Área Total e Número de Unidades de Conservação da Natureza criadas no Estado do Rio de Janeiro, com gestão pública.



Fonte: Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.

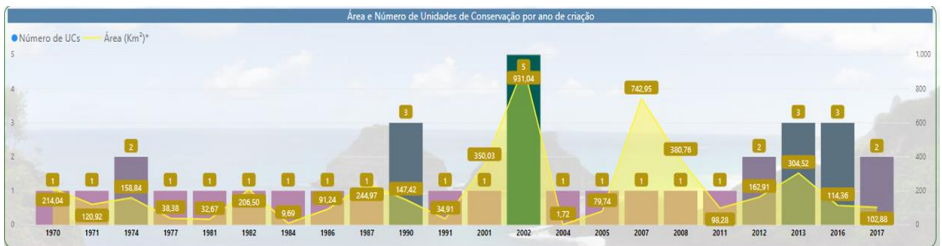
Figura 2: Classificação das Unidades de Conservação da Natureza de acordo com o seu tipo de proteção e órgão gestor.



Fonte: Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

Em dados disponíveis na página do CNUC, percebemos o aumento no número de unidades criadas, e conseqüentemente, na extensão de áreas protegidas nas últimas décadas, o que é fundamental para garantir a conservação da biodiversidade, sobretudo do bioma Mata Atlântica que tem sofrido com redução significativa, causado principalmente por conta de ocupações irregulares (figura 3). Segundo Pinto *et al.* (2006), a criação de UCNs desempenha um papel fundamental na proteção para este bioma. Esses autores ressaltam ainda a riqueza e diversidade biológica e o elevado grau de ameaça, apontando este bioma como um dos *hotspots* mundiais, ou seja, uma das prioridades para a conservação de biodiversidade em todo o mundo (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2004).

Figura 3: Unidades de Conservação da Natureza criadas nos últimos 50 anos, no estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.

Apesar disto, o aumento no número de unidades e na diversidade de categorias, requer que o sistema de Cadastro e o sistema de gestão das unidades seja cada vez mais planejado e abrangente, sobretudo na busca de recursos financeiros a fim de garantir que o propósito inicial da criação da unidade seja mantido.

Uma opção para diminuir o aporte de recursos por parte do poder público é a previsão de criação de Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN) que são UCNs de domínio privado, de caráter voluntário, gravada com perpetuidade na matrícula do imóvel, com o objetivo de conservar a diversidade biológica, conforme Decreto Federal n.º 98.914, de 1990, incluída na Lei do SNUC. As principais vantagens para o proprietário destas áreas são a isenção de cobrança do Imposto Territorial Rural (ITR) na área destinada, prioridade no acesso a crédito rural e possibilidade de participação em editais específicos para financiamentos de ações desenvolvidas na UCN.

Segundo Rylands e Brandon (2005), as RPPNs protegem habitats chave para numerosas espécies ameaçadas de extinção, sendo que, geralmente, protegem importantes manchas de floresta que são muito pequenas para categorias federais ou estaduais. Para Mittermeier *et al.* (2005) “as RPPNs são, frequentemente, mais bem protegidas que as unidades federais ou estaduais”.

Neste contexto, foi criado em 2008, por meio do Decreto Estadual nº 40.909, de 17 de agosto de 2007, o Programa Estadual de Apoio às Reservas Particulares do Patrimônio Natural (Programa RPPN) pelo extinto Instituto Estadual de Florestas (IEF), que hoje faz parte do INEA. Este programa foi criado com o objetivo de sensibilizar e orientar aos proprietários para criarem suas reservas, além de capacitá-los para elaboração de seus planos de manejo de forma que incluam a possibilidade de atividades turísticas, atividade permitida na RPPNs e com grande potencial de geração de renda para o proprietário (OJIDOS, 2017).

Segundo informações do CNUC, em dados atualizados até 2019, estão instituídas 90 RPPNs no estado do Rio de Janeiro, garantindo a cobertura de 8.298 hectares de área de Mata Atlântica. Entretanto, apenas duas dessas unidades possuem o Plano de Manejo elaborado e aprovado pelo estado, as RPPNs Santo Antônio, no município de Resende e Sítio Serra Negra, em Teresópolis. Como se sabe, o Plano de Manejo é o documento mais importante para a gestão de toda UCN, pois atua como norteador das atividades a serem desenvolvidas dentro da unidade. O próprio Programa RPPN prevê recursos da Câmara de Compensação Ambiental Estadual para a elaboração do Plano.

Além da legislação estadual, oito municípios do estado publicaram legislações para criação de RPPNs: Petrópolis (2005), Miguel Pereira (2005), Quissamã (2006), Engenheiro Paulo de Frontin (2006), Resende (2009), Miracema (2009), Rio Claro (2010) e Varre-Sai (2010). Esse ato permite o reconhecimento legal das áreas pelas autoridades ambientais municipais, possibilitando a descentralização de vistorias e fiscalizações, antes restritas ao órgão estadual.

Uma forma real de aumentar o interesse por parte dos proprietários para a criação de RPPNs em suas áreas seria a implementação do Pagamento por Serviço Ambiental (PSA) para elaboração do Plano de Manejo e efetiva proteção ambiental nessas áreas. O PSA é um instrumento econômico que, seguindo o princípio “protetor-recebedor”, recompensa e incentiva aqueles que provêm serviços ambientais, melhorando a rentabilidade das atividades de proteção e uso sustentável de recursos naturais, reconhecido pelo Novo Código Florestal (LEI nº 12.651, de 25 de maio de 2012). No estado do Rio de Janeiro, o PSA é um instrumento previsto no Decreto nº 42.029, de 15 de junho de 2011, que considera como serviços ambientais:

Art. 2º - São considerados serviços ambientais, passíveis de retribuição, direta ou indireta, monetária ou não, as práticas e iniciativas prestadas

por possuidores, a qualquer título, de área rural situada no estado do rio de Janeiro, que favoreçam a conservação, manutenção, ampliação ou a restauração de benefícios propiciados aos ecossistemas, que se enquadre em uma das seguintes modalidades:

I- Conservação e recuperação da qualidade e da disponibilidade das águas;

II- Conservação e recuperação da biodiversidade;

III- conservação e recuperação das faixas marginais de proteção - FMP;

IV- Sequestro de carbono originado de reflorestamento das matas ciliares, nascentes e olhos d'água para fins de minimização dos efeitos das mudanças climáticas globais.

Alguns outros estados também avançaram nesse sentido, no estado de São Paulo, ainda nesse contexto, a Resolução SMA n^o 89/2013, instituiu, no âmbito do Estado de São Paulo, o Projeto PSA/RPPN, o qual tem por finalidade disponibilizar recursos públicos para a conservação e restauração dos processos ecológicos nas RPPNs. Deste modo, o proprietário rural habilitado para instituir uma RPPN em suas terras poderá receber recursos financeiros, por meio do instrumento econômico Pagamento por Serviços Ambientais.

O Estado do Paraná foi pioneiro em estabelecer o Pagamento por Serviços Ambientais, em especial os prestados pela conservação da biodiversidade sendo as RPPNs, consideradas prioritárias enquanto UCNs de Proteção Integral, estabelecendo inclusive

critérios de priorização para seleção (LEI DO ESTADO DO PARANÁ n° 17.134/2012).

Apesar das possibilidades de auxílio público para a elaboração do Plano de Manejo e beneficiamento das UCNs, no momento da criação da UCN, precisa ser definida a forma de gestão desse território, conforme assegurado no inciso III do art 5º da Lei do SNUC que garante a participação efetiva das populações locais na criação, implantação e gestão das unidades de conservação e no Capítulo IV que orienta sobre aspectos da Criação, Implantação e Gestão das Unidades.

A participação efetiva da comunidade na criação e na gestão das UCNs é primordial para que os interesses de diferentes camadas da sociedade sejam garantidos e que conflitos sociais ocorram. A inserção da participação social na gestão das políticas públicas ainda é algo recente, embora a Lei do SNUC seja um importante instrumento de gestão, esse assunto ainda apresenta pouca articulação setorial, porém em sido observada com maior frequência nos últimos anos e tende a aumentar à medida que a população torna-se mais consciente de seus direitos e deveres, e passa a exigir que sua voz seja ouvida (MACHADO, MIRANDA & PINHEIRO, 2004).

A forma de gestão das UCNs está relacionada com o grau de participação da sociedade no Conselho Gestor. As UCNs categorizadas como Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Extrativista apresentam Conselho Gestor Deliberativo, que são aqueles que emitem resoluções decisórias sobre assuntos relacionados a gestão da UCNs. As outras categorias de UCNs apresentam Conselho Gestor de caráter consultivo.

O Conselho Gestor deve ser composto por representantes dos setores relacionados com a UCN que reflitam a necessidade e a realidade local, mas devem conter membros do Poder Público, Usuários do Território, Organizações da Sociedade Civil e representantes da área de Ensino, Pesquisa e Extensão. Diversos autores defendem que para que a participação dos representantes seja bem sucedida, precisa ser despertado o senso de corresponsabilidade dessa comunidade. Estes mesmos autores ressaltam ainda que essa participação tem alcançado resultados positivos quando há o sentimento de pertencimento e propriedade do espaço que será administrado, sendo também mais fácil obter o apoio da comunidade quando há seu envolvimento real no processo (REID; MAIR; GEORGE, 2004; MARTÍNEZ, 2008; YATES; STEIN; WYMAN, 2010).

Segundo Guimarães (2013, p.20), esse é um instrumento de governança na gestão das UCNs e, devido as suas características, funciona como um importante local de negociação e debate sobre as políticas a serem desenvolvidas.

Considerações Finais

Apesar da intenção de proteção à natureza estar presente no nosso país desde o período colonial, conforme relatado anteriormente, percebe-se que os instrumentos jurídicos criados foram poucos efetivos para preservar o ambiente natural e/ou conter a degradação ambiental. Muitos destes instrumentos foram pensados objetivando simplificar o processo de implementação de Unidades de Conservação da Natureza, entretanto, desempenham função oposta.

A título de exemplo, a grande burocracia e ausência de incentivo público que ocorre na criação das RPPN, que como explicado, são reserva em áreas particulares e de gestão privada e que precisam ser reconhecidas pelo ente estadual e federal para sua efetivação.

Além do desestímulo burocrático, podemos destacar como um ponto negativo, o repasse inadequado de recursos oriundos de proteção ambiental. O ICMS ecológico, que um mecanismo tributário que possibilita aos municípios acesso a parcelas maiores

que àquelas que já têm direito, dos recursos financeiros arrecadados pelos Estados através do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços em razão do atendimento de determinados critérios ambientais. Este incentivo foi criado pela Lei Estadual nº 5.100, de 04 de outubro de 2007, em que 45% do valor corresponde a Unidades de Proteção Municipal, incluindo as RPPNs, porém, em muitos municípios, este recurso não atinge seu destino final, que são as UCN por ausência de vontade do poder público e legislação que vincule a destinação.

Contudo, mesmo com a diversidade de biomas existente em um país de dimensões continentais, é urgente que haja medidas cada vez mais restritivas para a proteção da natureza sejam tomadas. Nas últimas décadas, a quantidade de unidades de conservação tem crescido, mas as áreas que estão sofrendo com o desmatamento aumentam em uma velocidade muito maior, trazendo alterações climáticas inquestionáveis.

Por fim, o gestor público precisa buscar formas de diminuir a burocracia para a implementação de UCNs e garantir que os recursos atinjam sua finalidade. Entretanto, a participação popular enquanto Conselho Gestor é imprescindível para garantir o bem estar das comunidades onde essas áreas protegidas estão inseridas.

Referências

BARRETO FILHO, H. T. Notas para uma história social das áreas de proteção integral no Brasil. *In.* FANY, Ricardo. **Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza: o desafio das sobreposições**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2004.

DIEGUES, Antônio Carlos. **O Mito Moderno da Natureza Intocada**. 3ª edição. São Paulo: HUCITEC, 2001.

DRUMMOND, J. A. A visão conservacionista (1920 a 1970). *In.* SVIRSKY, Enrique e CAPOBIANCO, João Paulo (Orgs.), **Ambientalismo no Brasil: passado, presente e futuro**. São Paulo: Instituto Socioambiental, Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, 1997, pp. 19- 26.

ESTERCI, N.; FERNANDEZ, A. O legado conservacionista em questão. *In.* **Revista Pós Ciências Sociais**, Volume 6, Número 12, pp. 15-40.

FERNANDEZ, A. 2009. **Do Sertão Carioca ao Parque Estadual da Pedra Branca: A Construção Social de uma Unidade de Conservação à luz das Políticas Ambientais Fluminenses e da Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Sociologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ.

FUNBIO. **Fundo da Mata Atlântica - FMA/RJ (Convênio). O que é?** 2017. Disponível em: <https://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/fma-rj/>. Acesso em: 29 de nov. 2020.

GUIMARÃES, G. R. **O direito ambiental e a poluição provocada pela água de lastro**. 2007. Disponível em: <http://direitoerisco.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=34>. Acesso em: 28 de novembro de 2020.

MACHADO, C. J. S.; MIRANDA, N.; PINHEIRO, A. A. S. **A nova aliança entre Estado e sociedade na administração da coisa pública: descentralização e participação na Política Nacional de Recursos Hídricos.** In: MACHADO, C. J. S. (Ed.). *Gestão de águas doces.* Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. p. 3-38.

MARTÍNEZ, R.E.R. Community involvement in marine protected areas: The case of Puerto Morelos reef, México. **Journal of Environmental Management.** 88, 1151- 1160, 2008.

MITTERMEIER, R. A.; GIL P. R.; HOFFMANN M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOURUX, J.; FONSECA, G.A.B. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.** Cemex. Washington, DC. 2004.

MITTERMEIER, R. A.; GIL P. R.; HOFFMANN M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOURUX, J.; FONSECA, G.A.B. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. Washington, U.S.A.: **Megadiversidade**, 2005 p. 14-21, 2005

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858, 2000.

OJIDOS, F. S. **Conservação em ciclo contínuo: modelo de gestão para o financiamento de Reservas Particulares do Patrimônio Natural.** 2017. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Nazaré Paulista, SP, 2017.

PÁDUA, J. A. Defensores da Mata Atlântica no Brasil Colônia. **Revista Nossa História.** Ano 1. n.06, 2004.

PEREIRA, D. B. Paradoxos do papel do Estado nas unidades de conservação. In: ZHOURI, Andera *et al.* **insustentável leveza da**

política ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

PINTO, L. P.; BEDÊ, L., PAESE, A., FONSECA, M., PAGLIA, A., LAMAS., I. **Mata Atlântica Brasileira: os Desafios para Conservação da Biodiversidade de um Hotspot Mundial.** In: **Biologia da conservação: Essências** (pp.91-118) Edition: 1. Publisher: Rima Editora. Editors: ROCHA, C. F. D., BERGALLO, H. G., VAN SLUYS, M., ALVES, M.A.S. 2006.

REID, D.G.; MAIR, H.; GEORGE, W. Community tourism planning: A self-assessment instrument. **Annals of Tourism Research.** Vol. 31, N. 3, pp. 623-639, 2004.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade. Belo Horizonte**, v. 01, n. 01, p. 27-35, jul. 2005

SANTILLI, J. **Socioambientalismo e novos direitos: proteção jurídica à diversidade biológica e cultural.** São Paulo: Editora Peirópolis, 2005.

SEGAWA, H. **Ao amor do público: jardins no Brasil.** São Paulo: Fapesp e Studio Nobel, 1996.

SIMON, A. Conflitos na conservação da natureza: o caso do Parque Estadual da Serra da Tiririca. In. **Revista Confluências**, Volume n. 4, Número 1. Niterói: PPGSD, 2005. pp. 27-36.

URBAN, T. **Saudade do Matão: lembrando a história da conservação da natureza no Brasil.** Curitiba: Editora da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza; Fundação MacArthur, 1998.

YATES, G.E.; STEIN, T.V.; WYMAN, M.S. Factors for collaboration in Florida's tourism resources: Shifting gears from participatory planning to community-based management. **Landscape and Urban Planning.** 97 (2010) 213-220.

Legislação Consultada

BRASIL, Constituição Federal de 1934.

BRASIL, Decreto n. 4.421, de 28 de dezembro de 1992.

BRASIL, Decreto n. 73.030, de 30 de outubro de 1973.

BRASIL, Decreto n. 8.843, de 26 de julho de 1911.

BRASIL, Decreto n. 89.336, de 31 de janeiro de 1984.

BRASIL, Decreto n. 98.897, de 30 de janeiro de 1990.

BRASIL, Decreto n. 98.914, de 31 de janeiro de 1990.

BRASIL, Decreto-lei n. 289, de 28 de fevereiro de 1967.

BRASIL, Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.

BRASIL, Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965.

BRASIL, Lei n. 6.902, de 27 de abril de 1981.

BRASIL, Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

BRASIL, Lei n. 7.804, de 18 de julho de 1989.

BRASIL, Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.

PARANÁ, Lei Estadual n. 17.134, de 25 de abril de 2012.

RIO DE JANEIRO, Decreto Estadual n. 40.486, de 1º de janeiro de 2007.

RIO DE JANEIRO, Decreto Estadual n. 42.029, de 15 de junho de 2011.

RIO DE JANEIRO, Lei Estadual n. 5.100, de 04 de outubro de 2007.

SÃO PAULO, Resolução Secretaria Municipal do Ambiente n. 89, de 18 de setembro de 2013.

Anna Luiza Pinage Barbosa

Graduada bacharel em Direito pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e membro pesquisadora do Grupo de Estudos em Meio Ambiente e Direito (GEMADI).

Cristiane Borborema Chaché

Doutora em Sociologia e Direito pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (UniV).

Lucas Barbosa Cortinhas

Mestre em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ). Doutorando em Biologia Parasitária pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ).

Paloma Martins Mendonça

Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde pela Fundação Oswaldo Cruz, Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras (UniV).

Capítulo 20 - Manual Técnico de Práticas Sustentáveis Associadas à Produção Agrícola Diversificada voltado aos produtores rurais do Município de Vassouras

Autores: Danilo Alves Pereira; Paloma Martins Mendonça

Resumo: A intensa realização de atividades agrícolas atreladas a adoção de modelos de produção insustentáveis praticados atualmente, acarretam consideráveis impactos ambientais. Dentre as atividades que mais degradam, destaca-se a monocultura, que se desenvolve pelo cultivo de uma única espécie de planta agrícola em determinada área, realizada geralmente de forma intensa e nômade. Este tipo de produção gera impactos ambientais graves como queimadas, desmatamento, contaminação da água e solo através do uso de agrotóxicos, degradação do solo, simplificação dos ecossistemas, dentre outros danos que podem ser irreversíveis em determinado espaço de tempo. Nessa perspectiva, percebe-se a importância em adotar métodos de produção mais sustentáveis, baseados na interação entre solo, plantas, animais e pessoas. A agricultura familiar demonstra-se extremamente importante para a adoção dessas práticas. Sendo assim, o presente trabalho consiste em imputação de métodos científicos, demonstrando a relevância da diversificação de culturas agrícolas em face a monocultura,

principalmente do tomate, no Município de Vassouras, RJ, objetivando minimizar os impactos ambientais bem como a conscientização do agricultor familiar para práticas mais sustentáveis de produção. Assim, esse manual foi elaborado com a finalidade de orientar aos produtores a adotar práticas que aumentem a rentabilidade e permitam a conservação dos recursos ambientais.

Palavras-chave: Educação ambiental. Agricultura sustentável. Produtores Rurais

Apresentação

Esta publicação reúne informações voltadas aos agricultores que utilizam a mão-de obra-familiar para produção. Este manual tem como objetivo disseminar práticas sustentáveis a estes modelos de produção pretendendo contribuir efetivamente na adoção de metodologias que preservem o meio ambiente, mas que garantam a produtividade.

A agricultura familiar é responsável por grande parte da produção de alimentos que fazem parte da mesa do consumidor. O município de Vassouras tem como principal atividade a

agricultura de pequeno porte, entretanto, a monocultura faz parte da história e do crescimento deste município.

A diversificação de culturas tem se mostrado como uma alternativa possível para a agricultura familiar, com geração real de renda, menor impacto financeiro na implantação e ainda proporcionando a adoção de modelos que contemplam práticas conservacionistas e sustentáveis nos mesmos espaços produtivos.

Este manual foi elaborado com a finalidade demonstrar e incentivar a utilização de práticas culturais que promovam a rentabilidade econômica das atividades agrícolas e sejam efetivas na conservação dos recursos necessários. Além de apresentar informações essenciais neste processo, escrevendo de forma simples e resumida algumas dessas práticas agrícolas que podem ser adaptadas a cada região.

Introdução

A diversificação de culturas se apresenta como uma eficiente alternativa para produção agrícola, uma vez que é capaz de proporcionar vantagens por garantir a biodiversidade e ampliação do mercado de trabalho com o uso de mão de obra da agricultura familiar, um setor importante para redistribuição de renda, soberania alimentar e para construção do desenvolvimento

sustentável. O desafio deste modelo de produção é aliar agricultura sustentável, qualidade de vida da população, buscando alternativas que minimizem os impactos ambientais.

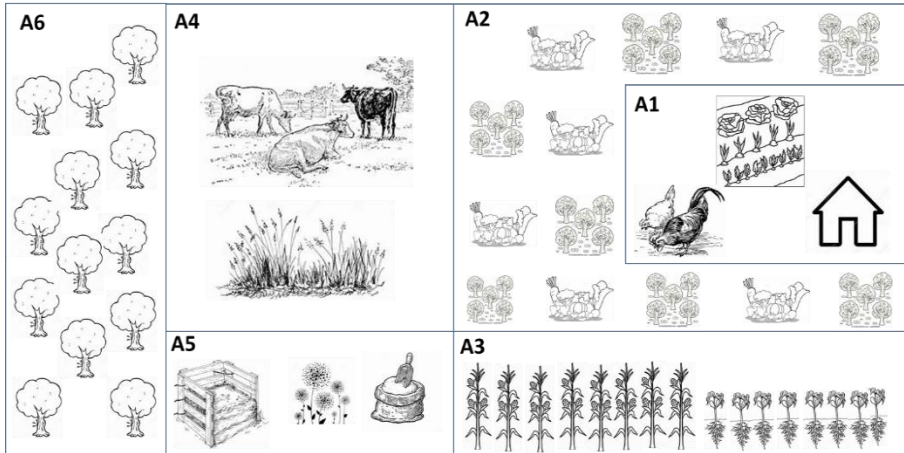
Diversificar significa utilizar diversos tipos de culturas como grãos, hortaliças, frutíferas, árvores e outras no mesmo espaço de produção, em sistema de consórcios ou em zonas separadas da propriedade (Figura 1A e 1B). Além disso, a diversificação pode envolver a integração com a criação de animais (Figura 2).

Figura 1 - Exemplos de produção diversificada: (A) em sistema de consórcio; (B) em zonas separadas.



Fonte: Autores.

Figura 2 - Exemplos de propriedades com cultura diversificada e criação de animais.



Fonte: Autores.

Descrição das áreas:

A1 – Área da sede da propriedade, onde pode-se ter uma horta e a criação de pequenos animais como galinhas e coelhos.

A2 – Área do pomar com cultivo de frutíferas perenes intercaladas com outros cultivos anuais.

A3 – Área de produção de grãos, como milho e feijão em rotação, aproveitamento da palhada, e pousio.

A4 – Área de produção animal – pastagem, piquetes, curral.

A5 – Área de preparo de insumos internos: Compostagem, adubos verdes, biofertilizantes.

Propriedades mais diversificadas apresentam:

- ❖ Menor ataque de doenças, pragas e outros insetos nocivos;
- ❖ Solos mais equilibrados;
- ❖ Maior aproveitamento dos insumos;
- ❖ Maior diversidade de alimentos para consumo e comercialização;
- ❖ Menor susceptibilidade às oscilações de preço.

Para diversificar as propriedades de forma mais sustentável deve-se planejar

- ❖ Rotação de Culturas;
- ❖ Implantação de consórcios adequados e plantas companheiras;
- ❖ Aproveitamento dos resíduos animal e vegetal.

Importância da Diversificação de Culturas

Um dos primeiros passos para a sustentabilidade ambiental em sistemas produtivos é a ampliação ou a manutenção da biodiversidade.

Agricultores familiares possuem propriedades de tamanhos menores o que pode facilitar a inserção da diversificação, integração da propriedade, indução do equilíbrio ecológico, reciclagem de nutrientes, uso de insumos produzidos na propriedade, conservação do solo e controle ecológico de pragas e doenças.

O objetivo da diversificação de culturas não é apenas a substituição dos produtos e insumos, mas um novo desenho produtivo e dinâmico da propriedade e seu agroecossistema, considerando o conjunto de sistemas manejados pelo homem e beneficiando diretamente o meio ambiente.

Consórcios

De forma diferente dos cultivos “modernos”, com sistemas agrícolas caracterizados por monocultura, os consórcios são apresentados como o cultivo e crescimento simultâneo de duas ou mais culturas em uma mesma área. Estes sistemas de cultivo múltiplos são interessantes por sua riqueza e interação ecológica. É importante conhecer o ciclo e o manejo das culturas no campo. Estas culturas podem ou não ser plantadas e colhidas ao mesmo tempo, mas é importante que o manejo de cada uma delas não interfira de forma negativa no crescimento das demais. Este

cultivo consorciado deve ser planejado e fazer parte de um programa de rotação de culturas estabelecido na propriedade.

Integração de Atividades Agrícolas de Interesse Econômico

As formas mais simples de plantio em consórcio são:

- a. Hortaliças x Hortaliças
- b. Fruticultura x Hortaliças
- c. Fruticultura x Fruticultura

Nas figuras abaixo exemplificamos como essas combinações podem ser cultivadas.

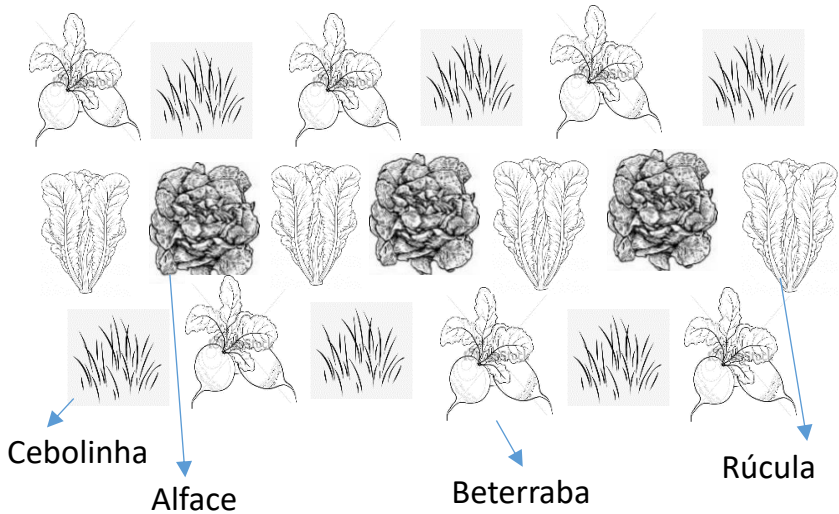
A. Hortaliças X Hortaliças

Estas plantas podem ser inseridas no mesmo canteiro. O objetivo é o melhor aproveitamento do espaço e dos recursos disponíveis, a diversificação da colheita e maior produção total por área. No exemplo abaixo (figura 3), pode-se observar um consórcio de hortaliças anuais de ciclo curto.

O planejamento na escolha das espécies a serem consorciadas é muito importante. Existem plantas que se desenvolvem melhor sob sombreamento, enquanto outras precisam de incidência solar direta. Há plantas com raízes mais profundas, outras com raízes

superficiais, plantas com ciclo curto e outras de ciclo longo, além das diferentes formas de crescimento. É necessário que haja sinergismo entre as plantas, combinando-as segundo suas características próprias.

Figura 3 - Combinação de hortaliças com hortaliças.



Fonte: Autores.

Algumas espécies de hortaliças anuais possibilitam o plantio e a colheita durante todo ano, como por exemplo alfaces, salsinha, cebolinha, couves, repolhos, beterraba, chicórias, dentre outras, existindo variedades específicas para condições climáticas diferenciadas, o que permite uma geração de renda constante com implantação da produção diversificada (tabela 1).

Tabela 1 – Exemplos de combinações entre hortaliças de interesse econômico para rotação de culturas.

Espécie principal	Época de Plantio	Opções para rotação de cultura
Abóbora	Agosto-Novembro	Cenoura, Beterraba, Jiló, Rabanete
Abobrinha	Agosto-Março	Cenoura, Beterraba, Jiló, Rabanete
Alface	Ano todo	Cenoura, Abóbora, Beterraba
Berinjela	Ano todo	Cenoura, Abóbora
Beterraba	Ano todo	Alface, Couve, Repolho
Cebola	Fevereiro-Abril	Alface, Couve, Repolho
Cebolinha	Ano todo	Alface, Beterraba, Salsa
Couve	Ano todo	Alface, Cenoura, Beterraba
Pepino	Agosto-Fevereiro	Repolho, Beterraba
Jiló	Ano todo	Alface, Couve, Repolho
Quiabo	Agosto-Fevereiro	Alface, Rabanete, Repolho
Repolho	Ano todo	Alface, Couve
Salsa	Ano todo	Alface, Beterraba, Cebolinha

Fonte: Autores.

De acordo com as características físicas, estruturais e exigências nutricionais de cada planta, deve ocorrer um planejamento de forma a garantir o sucesso da produção sem que haja interferência negativa.

B. Fruticultura X Hortaliças

Exemplo: Citros (perene) x Hortaliças Anuais

No exemplo abaixo ilustrado (figura 4) é possível observar o arranjo de plantio de laranjas e tangerinas. O espaçamento recomendado varia normalmente entre: $5\text{m} \times 4\text{m} = 20\text{m}^2$; $7\text{m} \times 3\text{m} = 21\text{m}^2$.

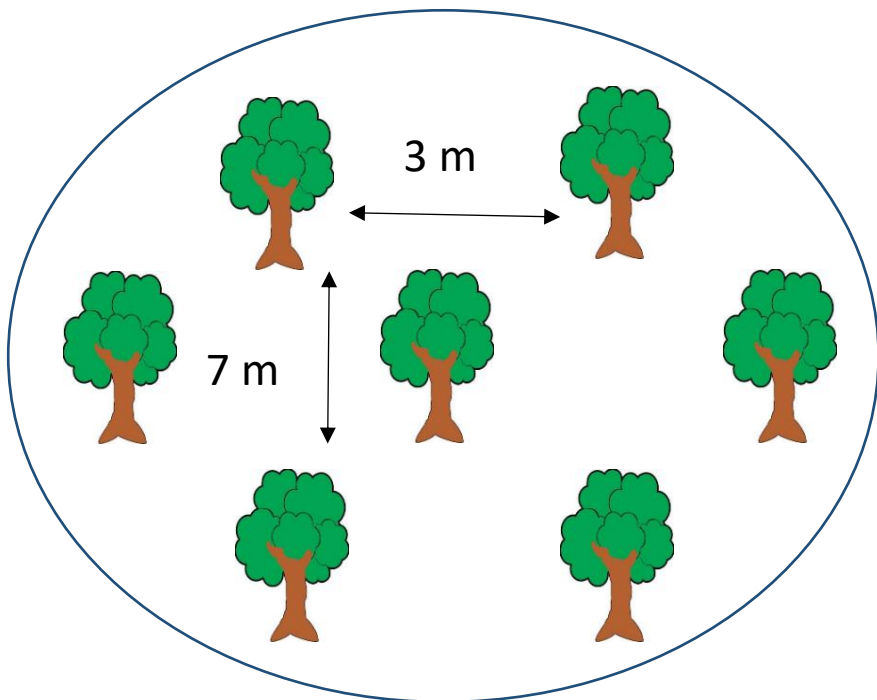
Quando duas espécies são cultivadas em consórcio, as interações provocam efeitos mutuamente benéficos e podem reduzir de forma efetiva a necessidade de insumos externos.

Dentre as vantagens do sistema consorciado podemos destacar o melhor uso do solo, da água e da área cultivada; os problemas de pragas e doenças que são minimizados, o controle de plantas concorrentes torna-se mais eficiente; além do que algumas espécies se beneficiam mutuamente e a produtividade por unidade de área é na maioria das vezes superior ao monocultivo.

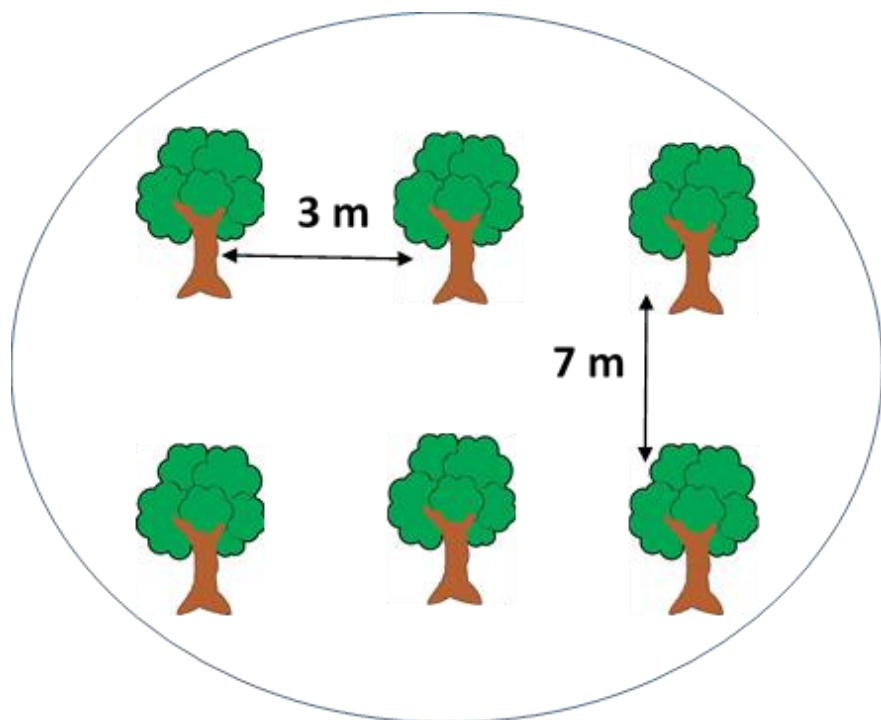
No caso específico de plantas perenes como as laranjas e tangerinas, a produção comercial pode ser satisfatória somente após o segundo ano após a implantação do pomar, sendo assim, o cultivo de hortaliças anuais proporciona maior eficiência no uso da área, gerando renda em um espaço que poderia não estar sendo cultivado.

Figura 4 - Combinação de fruticultura com hortaliças: (A) Plantio em áreas com relevo; (B) Plantio em áreas planas.

A - Áreas com Relevo



B - Áreas Planas



Fonte: Autores.

Importante ressaltar que, em áreas com relevo, o plantio deve ser realizado em curva de nível. O que impede o cultivo de hortaliças em canteiros. Sendo assim, deve-se adotar hortaliças cultivadas em covas entre as árvores frutíferas. Já em áreas planas, pode-se confeccionar canteiros e hortaliças entre as linhas de plantio.

As hortaliças anuais e os citros se apresentam como ótimas opções para consórcios e inserção de práticas de cultivos mais conservacionistas para o ambiente. Para o consórcio com frutíferas, entre as culturas com melhores características para implantação na região de Vassouras, região Centro Sul fluminense, está a Citricultura. O cultivo de tangerinas, laranjas e limões exige um investimento inicial em mudas de qualidade, uma vez que tais plantas possuem potencial produtivo de mais de quinze anos. Devido ao ciclo longo de vida destas plantas, é necessário ser criterioso na escolha da área onde será implantado o pomar, uma vez que, não é viável a escolha de áreas de difícil acesso para os tratos e colheita, áreas com possibilidade de alagamento ou sem acesso à irrigação também se tornam inviáveis.

Ao optar pela implantação da citricultura, é necessário seguir algumas recomendações que visam reduzir os riscos na lavoura e proporcionar maior potencial produtivo das plantas. O esquema abaixo ilustra algumas observações e práticas importantes a serem realizadas antes e durante o plantio (figura 5).

Ao escolher as variedades para o plantio, é importante analisar os parâmetros relacionados à precocidade na produção. Para agricultores que diversificam os plantios, é importante que este

ciclo de colheita seja o mais longo possível, garantindo produção por um maior período.

Ao escolher as variedades para o plantio, é importante analisar os parâmetros relacionados à precocidade na produção. Para agricultores que diversificam os plantios, é importante que este ciclo de colheita seja o mais longo possível, garantindo produção por um maior período.

Figura 5 – Orientação para plantio de cítricos.



Fonte: Autores.

Este período de colheita pode variar de acordo com as variedades, por exemplo, laranjas como Seleta e Bahia são consideradas precoces, enquanto Valência e Natal são tardias; já as laranjas da variedade Lima têm um ciclo produtivo maior e se estendem na

colheita de abril até agosto em algumas regiões. Desta forma, optar nesta região por laranja Bahia e Seleta que se inicia normalmente a colheita entre maio e junho seria boa opção incluindo a inserção da tangerina pokan no pomar, pois, inicia colheita em abril finalizando no início de setembro, estendendo o total de colheita e geração de renda.

C. Fruticultura X Fruticultura

Exemplo: Banana x Citros

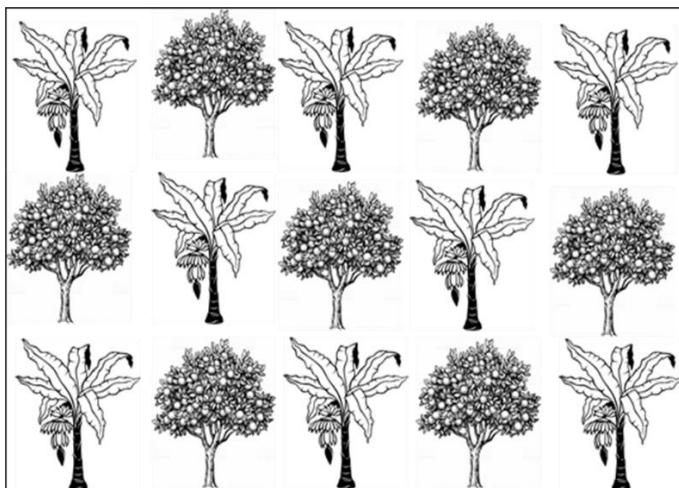
Tendo como base a citricultura, o cultivo de frutíferas perenes pode ser consorciado como mostra a figura abaixo (figura 6).

A tangerina e algumas variedades de laranjas podem ser consorciadas com culturas de ciclo curto a médio, como banana, mamão e outras. Um dos objetivos destes consórcios é reduzir os custos de formação do pomar de citros nos primeiros dois anos. A partir do terceiro ano, deve-se optar por espécies intercalares que não ocasionem problemas como concorrência por luz, água e nutrientes, como o maracujá.

Em áreas declivosas, as culturas intercalares devem ser plantadas seguindo as curvas de nível nos espaços entre a cultura principal.

Figura 6 – Combinação de fruticultura com fruticultura: (A) Plantio em áreas com relevo; (B) Plantio em áreas planas.

A – Áreas com Relevo



B – Áreas Planas



Fonte: Autores.

Nas áreas planas, as culturas de ciclo médio e curto podem ser plantadas no espaçamento da linha de plantio (principalmente nos primeiros dois anos), e podem ser cultivadas entre as linhas de plantio, onde há maior espaçamento.

OBS: O espaçamento recomendado varia normalmente entre: 5m x 4m= 20m²; 7m x 3m = 21m².

Práticas conservacionistas integradas às atividades agrícolas

Até o momento foi possível observar a importância dos sistemas de cultivo diversificados na agricultura. Este manual prioriza um manejo conservacionista que proporciona uma correlação entre a produção agrícola e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Adiante, serão desenvolvidos cinco temas que tem como objetivo ampliar as práticas de manejo e conservação dos recursos da propriedade, garantindo a estabilidade das atividades agrícolas de forma sustentável, entre eles: Plantio Direto, Compostagem, Rotação de Culturas, Cobertura Morta, Uso de Plantas Iscas e Atrativas.

A. Plantio Direto

O Plantio Direto significa o cultivo de sementes ou mudas sobre resíduo de cobertura vegetal, palha ou restos de vegetação. O diferencial desta técnica é a mínima interferência da mecanização para revolver o solo no plantio de sementes e mudas.

A palha e os restos vegetais são deixados na superfície do solo, sendo considerada uma técnica de cobertura permanente de solo.

Os princípios deste método imitam o que ocorre na natureza, isto é, o material orgânico depositado no solo transforma-se em adubo natural, assim como a palha decomposta de safras anteriores se por macro e microrganismos.

O sistema de plantio direto contribui para que a camada fértil do solo não seja levada nos processos erosivos. Em plantio de hortaliças, o plantio direto tem tido reflexos positivos em médio e/ou longo prazo na melhoria da estrutura do solo, aumento da matéria orgânica e na melhoria da fertilidade.

Este tipo de plantio tem sido apontado com um sistema de manejo sustentável do solo e da água, que tem como principal finalidade otimizar a expressão do potencial genético das plantas cultivadas.

Os pilares do plantio direto são, em resumo: revolvimento mínimo do solo, restrito a cova ou sulco de plantio; diversificação de

cultivos, rotação, sucessão e consórcios; e manutenção dos resíduos vegetais de plantas de cobertura durante todo o ciclo de cultivo.

B. Compostagem

Os resíduos agrícolas e florestais podem ser aproveitados em um processo simples denominado compostagem. Muitas vezes esta quantidade de resíduos, como restos de culturas, palhas, dejetos de animais e resíduos agroindustriais provocam sérios problemas de poluição, e quando manipulados de forma adequada podem suprir as demandas nutricionais, reduzindo o consumo de insumos agroindustriais de forma mais sustentável.

A compostagem pode ser definida como um processo aeróbio controlado, onde uma população diversificada de microrganismo realiza reações bioquímicas, com alteração de temperatura, transformando este material residual em um substrato orgânico decomposto e estabilizado.

De forma natural, a compostagem acontece no ambiente, sendo a degradação da matéria orgânica uma forma natural de decomposição. A compostagem controlada associa a decomposição com a manipulação deste material pelo homem. Os materiais utilizados para a compostagem não podem conter

vidros, plásticos, tintas, óleos, metais e pedras, não devem ser adicionados gorduras, ossos ou outras substâncias com tempo de decomposição muito superior ao material vegetal.

Na construção da pilha de compostagem é frequente utilizar materiais ricos em Carbono e Nitrogênio, em relação equilibrada. Esta relação C/N é frequentemente considerada ideal quando está entre 25 e 35, no início da compostagem. Os materiais ricos em Carbono fornecem matéria orgânica e a energia, enquanto os materiais nitrogenados aceleram o processo de compostagem, sendo necessários para o crescimento dos microrganismos.

Relações C/N inferiores terão Nitrogênio em excesso, o que acarretará odores desagradáveis pela liberação de amônia. Por outro lado, relações C/N elevadas limitarão o crescimento microbiano, degradando o Carbono de forma insuficiente, levando a um processo mais lento. Desta forma, um volume de três partes de Carbono para uma parte de Nitrogênio tem sido apontado como ideal.

Materiais ricos em Carbono são os lenhosos como casca de árvores, aparas de madeira, podas de jardins, folhas e galhos de árvores, palhas, fenos e papel. Já entre os Nitrogenados estão folhas verdes, dejetos de animais, urinas, solo, restos de vegetais

hortícolas e outros materiais verdes. A Tabela 2, mostra os percentuais de C e N de alguns resíduos vegetais frequentemente utilizados na compostagem.

Tabela 2 – Relação C/N de alguns materiais utilizados na preparação do composto.

Material	C/N	C (g/Kg)	N (g/Kg)
Arroz (cascas)	63/1	472,5	7,5
Arroz (palhas)	39/1	304,2	7,8
Bagaço de laranja	18/1	7,1	1,8
Capim Colonião	27/1	504	18,7
Esterco de Gado	18/1	345,6	19,2
Esterco de Galinha	10/1	304,0	30,4
Feijão Guandu	29/1	524,9	18,1
Serragem de Madeira	865/1	519,0	0,6

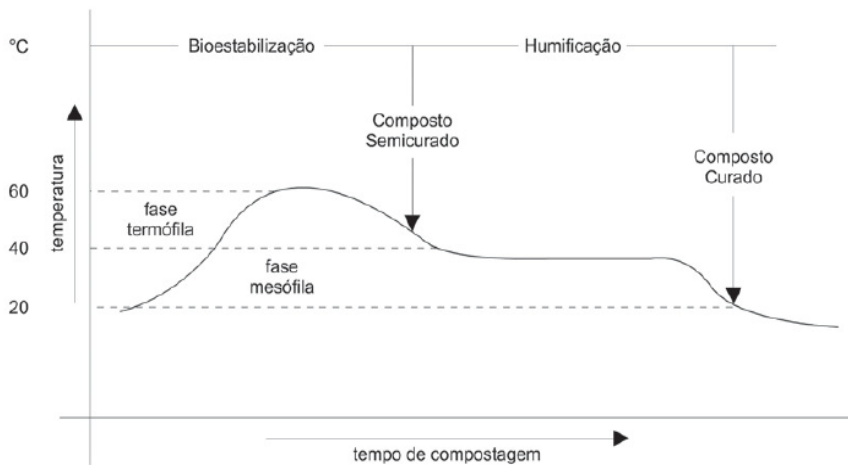
Fonte: EMBRAPA.

Para que todo o ciclo do composto esteja completo são necessários cerca de 90 a 120 dias após a mistura inicial do material orgânico, esta variação dependerá da relação C/N dos resíduos. Tendo como resultado um composto normalmente escuro, sem odor, de

textura turfosa, capaz de fornecer os nutrientes essenciais para o suprimento das plantas.

A figura 7 ilustra de forma didática as fases da compostagem desde o início da decomposição do material até a transformação em húmus, e as variações de temperatura durante o processo de decomposição, bioestabilização e humificação.

Figura 7 – Fases da Compostagem e sua relação com a temperatura durante o processo.



Fonte: Adaptado de d'Almeida & Vilhena, 2000.

A palavra composto tem sido usada para designar este fertilizante orgânico preparado pelo amontoado de restos animais e vegetais, ricos em substâncias nitrogenadas. Este produto final da

decomposição, o composto é a matéria orgânica transformada em húmus, onde poderá ser utilizado para o cultivo agrícola.

C. Rotação de Culturas

A rotação de culturas consiste na troca planejada de cultivos agrícolas a serem realizadas dentro de uma mesma área, ou entre áreas diferentes. A importância da rotação de culturas nas propriedades é apontada por diversos fatores, os dois fatores principais são:

- ❖ As plantas e suas famílias possuem doenças, pragas, predadores específicos, além das plantas espontâneas que infestam as áreas onde estão sendo cultivadas;
- ❖ Ao repetir o mesmo cultivo, seja da mesma planta ou da mesma família em área coincidente, há uma tendência à proliferação e infestação de algumas doenças e pragas, além de ervas invasoras.

Na natureza, os processos naturais são diversificados, o que promove o equilíbrio e torna sustentável a disponibilidade de recursos essenciais a vida. A permanência de atividades repetidas em um mesmo ecossistema necessita de esforço contínuo para manutenção do equilíbrio. Este equilíbrio, quando não é

satisfatório, contribui para degradação física, química e biológica do solo e conseqüente queda na produtividade das culturas.

A rotação de culturas é considerada uma das práticas de manejo sustentável mais eficiente a médio e longo prazo pois amplia o equilíbrio dos processos devido à alternância de culturas uma após a outra na mesma área.

Esta prática tem como objetivo evitar a sucessão com a mesma cultura e reduzir a exaustão causada pela mesma forma de exploração agrícola e o acúmulo dos impactos. Esta sucessão deve ser planejada considerando os aspectos relacionados ao manejo, local e época de plantio.

A seleção das espécies merece especial atenção, sendo sempre recomendadas espécies comerciais que utilizam o solo de forma complementar. A alternância de culturas aumenta o teor de matéria orgânica, a exploração de nutrientes em diferentes camadas do solo promovendo um maior fluxo no perfil, além de colaborar para que não ocorra a compactação e a erosão.

Ao realizar o planejamento da rotação de culturas é necessário conhecer o mercado consumidor e as perspectivas comerciais de cada cultura, isso garante um melhor planejamento de cada porção de área a ser cultivada com determinada espécie, a

periodicidade possível para plantio e a época de maior consumo, além de questões operacionais relacionadas à disponibilidade de equipamentos, mão-de-obra, preparo do solo e manejo da cultura durante todo o ciclo.

Além das culturas de interesse comercial, é de grande importância a observação das características da área de cultivo e seus possíveis impactos. Estes impactos, muitas vezes, podem ser minimizados ou até solucionados com práticas conservacionistas relacionadas à rotação/sucessão de culturas. Há espécies que podem ser implantadas com o propósito de recuperação, cobertura do solo e produção de biomassa. Estas culturas podem ser produzidas em consórcio com as culturas comerciais, ou em áreas de pousio para contribuir com o teor de matéria orgânica do solo.

Espécies de plantas como as Crotalárias (leguminosas) podem ser consorciadas com cultivos e milho, por exempli. Estas plantas geram 10 a 15 toneladas de biomassa seca por hectare e são capazes de fixar Nitrogênio ao solo reduzindo a demanda por adubação de origem química.

No ano seguinte ao milho, podem ser cultivadas as Brássicas, como couves e repolho. Este é um exemplo de rotação de culturas que proporciona ganho econômico e ambiental, com incremento

de material orgânico, nutrição natural das plantas e menor consumo de insumos agroindustriais.

Algumas recomendações importantes no Planejamento da Rotação de Culturas:

- ❖ É necessário realizar o plantio em nível para prevenir erosão e conservar o solo, sendo uma das práticas mais eficientes e viáveis.
- ❖ A perda de solo deve ser controlada em terrenos com relevo acidentado com outras práticas de manejo, por exemplo, terraços, cultivo mínimo, plantio direto, cobertura morta, sistemas de desvio de água;
- ❖ A cobertura do solo é fundamental para prevenir erosão, manter a umidade do solo, controlar a disseminação de ervas daninhas e aumentar a atividade microbiológica do solo.

D. Cobertura Morta

O uso da cobertura morta é uma técnica que consiste em distribuir sobre a superfície do solo uma camada de palhas ou outros resíduos vegetais. Ela pode ser utilizada na projeção das copas em frutíferas, nas linhas de plantio, ou diretamente nos canteiros de

cultivos de hortaliças. A cobertura morta é composta de palha e resíduos vegetais, cujas principais fontes são gramíneas, palhas de diversas culturas como arroz, milho, feijão, café e cana, e restos vegetais de leguminosas. Quando não há material fonte disponível, o resíduo de roçada da área de cultivo pode servir como uma excelente fonte de cobertura morta para o solo.

Muitos são os benefícios destacados com o uso da cobertura morta nas áreas de produção agrícola, entre eles:

- ❖ Proteção da cultura e do solo contra a ação de intempéries através da formação de uma camada protetora, evitando o impacto das gotas de chuva e reduzindo a possibilidade de perda de solo e erosão;
- ❖ Redução das oscilações de temperatura;
- ❖ Redução da perda de água através da evaporação, prolongando o tempo de disponibilidade de água no solo;
- ❖ Aumento da atividade biológica e consequente liberação de nutrientes;
- ❖ Melhora a qualidade dos produtos agrícolas como morango abóbora e melancia;
- ❖ Aumenta a estabilidade dos agregados;

- ❖ Elimina o desenvolvimento de plantas invasoras;
- ❖ A matéria orgânica e os nutrientes presentes nestes resíduos podem incrementar a produção agrícola e aumentar a fertilidade do solo;
- ❖ Proporciona economicidade nos cultivos agrícolas.

A reciclagem da matéria orgânica e o aporte de nutrientes proporcionado pela utilização desta prática de utilização dos restos culturais tem se apresentado como relevante forma de manejo dos resíduos vegetais. Comumente este material seria descartado como lixo orgânico ou queimado na própria área de cultivo, o que ocasionaria grande impacto ambiental.

E. Uso de Plantas Iscas e Atrativas

A busca por sistemas de produção sustentáveis sempre esbarrou de forma complexa no controle fitossanitário, problema enfrentado por todos os agricultores no Brasil. Por isto, há uma busca por tecnologias que visem aproveitar ao máximo o potencial naturalmente existente para regular as populações de insetos pragas nos ambientes diversificados. Estas práticas são realizadas de forma a aumentar a agrobiodiversidade e os processos

biológicos naturais. Entre estes processos estão o controle biológico natural ou conservativo.

A diversificação dos cultivos tende a favorecer o controle biológico natural. Este favorecimento deve-se à inclusão de plantas capazes de fornecer atração e recursos necessários para que se mantenha o inimigo natural, especialmente os parasitoides e predadores de pragas agrícolas na área de cultivo. De forma contrária, nos ecossistemas simplificados, onde caracteristicamente o sistema é monocultura, estes inimigos naturais não encontram condições propícias de sobrevivência de desenvolvimento populacional.

Algumas das plantas utilizadas para diversificação são capazes de desfavorecer as pragas agindo diretamente sobre elas. Isto pode ser visualizado com plantas que formam barreiras físicas e/ou químicas que dificultam a localização, reprodução e colonização da cultura hospedeira pela praga, dificultando ou até mesmo impedindo seu estabelecimento.

As barreiras atuam sobre as pragas por repelência química, mascarando ou dificultando a percepção de substâncias emanadas pela planta, as chamadas substâncias voláteis, inibindo a

alimentação pela presença de plantas não hospedeiras. Neste caso, haverá a dificuldade de dispersão e migração da praga.

Já a ação de forma indireta pode ser apontada quando a diversificação dos cultivos beneficia os inimigos naturais das pragas, favorecendo sua abundância e a diversidade dos agentes de controle biológico. Entre os benefícios pode-se citar o abrigo, locais de acasalamento e oviposição, ou hibernação e alternativas de alimentos como o pólen, o néctar ou presas e hospedeiros “alternativos”. Todo este favorecimento é vital para os inimigos naturais e sua reprodução na área de cultivo, é importante que não haja migração e que eles consigam sobreviver na área de plantio ainda que não se note a ocorrência da praga ou ela esteja em populações muito baixas.

Neste contexto, as flores são especialmente importantes, pois o pólen e o néctar são considerados como alimentos essenciais para os parasitoides e para determinados predadores durante alguns estágios de vida, ou até mesmo como alimento complementar no caso de presas disponíveis serem de qualidade e preferência inferior.

O aumento da sobrevivência, fecundidade, tempo de retenção e imigração destes inimigos naturais está associado a fontes de

alimento alternativas quando não há pragas na lavoura, e estes recursos florais, especialmente pólen e néctar podem inclusive aumentar a eficiência destes insetos como inimigos naturais.

A diversidade dos policultivos precisa ser planejada e funcional para que esta prática seja eficiente. Os agricultores devem cultivar faixa de plantas atrativas entre os canteiros de cultivo, ou mesmo cultivá-las aleatoriamente em seu entorno. Existem aspectos a serem considerados, como a distância entre as faixas de flores, o ciclo das espécies atrativas e dos inimigos naturais.

A tabela 3, a seguir, mostra alguns exemplos de pragas de culturas de interesse econômico que podem ter outras plantas como “atrativas ou iscas” para seus inimigos naturais. A inserção de flores nos agroecossistemas é de extrema importância para o aumento dos inimigos naturais, sendo parasitoides e predadores atraídos por suas estruturas.

Tabela 3 – Relação entre culturas, espécies pragas e “planta insetário” que podem auxiliar no manejo.

Cultura Principal	Espécie da Praga	Planta “insetário”	Recurso da “planta insetário”
Algodão	<i>Aphis gossypii</i> (pulgão)	<i>Brassica rapa</i> (Cruciferae) <i>Triticum aestivum</i> (Poaceae)	Presas para predadores generalistas durante a entressafra
Batata	<i>Phthorimaea operculella</i> (traça-da-batata)	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Boraginaceae) <i>Tropaeo lummajus</i> (Asteraceae)	Nectar para o parasitoide <i>Copidosoma koehleri</i>
Citros	<i>Tegolophus australis</i>	<i>Chlorisgayana</i> (Poaceae)	Pólen para o ácaro predador <i>Amblyseius victoriensis</i>
Couve	<i>Brevicoryne brassicae</i> (pulgão-da-couve) <i>Myzus persicae</i>	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Boraginaceae)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae
Milho	<i>Busseola fusca</i> <i>Chilo partellus</i>	<i>Melinis minutiflora</i> (Poaceae)	Produção de voláteis que atraem o parasitoide <i>Cotesia semamiae</i>

Trigo	<i>Sitobiona venae</i> (pulgão-da-espiga)	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Boraginaceae)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae
Trigo	<i>Rhopalosiphum padi</i>	<i>Bassicanapus</i> (Cruciferae)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae

Fonte: Adaptado de EMBRAPA – Iscas e Atrativas.

Considerações Finais

As práticas sugeridas deste manual são frutos de estudos de acompanhamento e observação de um grupo de agricultores familiares de Vassouras, do qual podemos ressaltar a implementação de mudanças simples podem garantir proteção ao meio ambiente, aumento de produtividade e geração de renda.

Destacamos a diminuição da utilização da mecanização agrícola através do plantio direto reduzindo danos ambientais como compactação e revolvimento do solo. A produção consorciada de citros com hortaliças anuais, já iniciadas em quatro propriedades no município, totalizaram 4.000 m² de área conservada, sem nenhum tipo de revolvimento do solo, permitindo a recomposição do solo e a consequente, preservação da área.

Espera-se que este manual sirva para orientar técnicos e agricultores familiares a melhorar a relação entre produção

agrícola e geração de renda, já que foi possível observar a importância de incentivar práticas que possam mitigar os impactos causados pela monocultura no município de Vassouras, RJ.

Referências

CUNHA, J. P. A. R.; CASCÃO V. N.; REIS, E. F. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo. **Acta Scientiarum. Agronomy Maringá**, v. 31, n. 3, p. 371-375, 2009.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Benefícios da adoção do sistema de plantio direto de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 48 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Documento 327. Londrina, Paraná. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Nutrientes Vegetais no Meio Ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. 2 ed. **Rev. Amp. Jaguariúna-SP. Embrapa Meio Ambiente**. 2008. 62 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantas Atrativas para Inimigos Naturais e sua contribuição no controle biológico de pragas agrícolas**. Documento 283. Seropédica-RJ. Embrapa Agrobiologia, 2011. 60 p.

SEIXAS, F. Compactação do Solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Circular Técnica nº163, Piracicaba**. Out. 1988.

SOUZA, J.L.; PEREIRA, V.A. Importância multifuncional de coberturas mortas em canteiros de cenoura no sistema orgânico. *Hortic. Bras.*, v.29, n. 2. 2011.

Sobre os autores

Danilo Alves Pereira

Gestor Público pela Universidade de Vassouras. Graduando em Direito pelo Centro Universitário Geraldo Di Biase. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras (UniV).

Paloma Martins Mendonça

Pós Doutora em Biodiversidade e Saúde pela Fundação Oswaldo Cruz, Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras (UniV).

Capítulo 21 - Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) no Brasil: um Estudo Comparativo entre os Volumes de Resíduos Destinados para Tratamento no Período Anterior e Posterior ao Surgimento da Pandemia de COVID-19

Autores: Aleandra Mariano de Araújo; Aline da Silva Santos; Daniela Vidal Vasconcelos; Luiz Felipe Caraméz Berteges; Carlos Eduardo Granadeiro Corrêa; Moisés Teles Madureira

Resumo: O ano de 2020 marcará o mundo pelos milhões de casos de contaminação pelo novo coronavírus (COVID-19). A disseminação da doença impôs mudanças de comportamento entre as pessoas, fazendo com que as rotinas tanto das próprias pessoas quanto de empresas fossem reorientadas. Nesse sentido, as pessoas passaram a seguir recomendações para garantia de sua proteção pessoal e dos processos com os quais estão envolvidas, dentre esses os processos de controle ambiental ligados ao descarte de resíduos de serviços de saúde (RSS). Em meio aos acontecimentos decorrentes da pandemia, o presente trabalho lança uma preocupação com respeito às formas de coleta, tratamento e destinação final de RSS realizadas no Brasil. A legislação brasileira é suficientemente consistente nessa matéria, de tal modo que existem fontes de informações com dados

consolidados de quase a totalidade dos municípios brasileiros sobre a coleta, tratamento e destinação final de RSS. O presente trabalho objetiva a elaboração de um estudo comparativo entre dados sobre tratamento de RSS de todo o país e dados de tratamento de RSS referentes à realidade local da região centro-sul fluminense, abrangendo quatro municípios. A pesquisa contou com a colaboração do Consórcio Convale, sediado no município de Vassouras e que forneceu dados importantes sobre os resíduos destinados na região em questão. A partir dos resultados obtidos, os autores concluem que parâmetros de desempenho podem ser eleitos como indicadores ambientais futuros para a região centro-sul fluminense. Porém, antes de tal adoção, será necessária a obtenção de um número maior e mais variado de dados coletados, a fim de gerar um histórico consistente que permita trabalhar com informações correlacionadas e que possam dar suporte para análises e tomadas de decisão a nível de governos locais.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; centro de tratamento; indicadores ambientais.

Introdução

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou, em 30 de janeiro de 2020, situação de estado de emergência de saúde pública mundial, frente a explosão dos casos de transmissão do novo coronavírus (COVID-19). Em sequência à comunicação do alarme mundial, diversos países iniciaram a implementação de medidas de prevenção e combate contra a doença (WHO, 2020).

Rapidamente, através de diversos meios de comunicação, foram introduzidas recomendações para que, as pessoas, no sentido de reduzir os riscos de transmissão do vírus, que se tornaram recorrentes sobre uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e medidas complementares quanto a necessidade de higienização permanente das mãos, uso de álcool 70%, entre outras.

Os EPIs e outros tais como luvas descartáveis, máscaras de proteção utilizados por profissionais em hospitais e unidades de assistência à saúde estão entre os materiais denominados de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS). Os RSS são classificados como aqueles que podem conter materiais contaminados com agentes biológicos sendo cortantes, radiativos, produtos químicos que requerem um cuidado em seu descarte (FIOCRUZ, 2020).

A Resolução CONAMA nº 358, de 29/04/2005 dispõe sobre o tratamento e a disposição final de resíduos de serviços de saúde no Brasil. A Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) está adequada e atualizada, amparando as ações no sentido de implementar práticas que possam melhor gerenciar a prevenção e a redução na geração de resíduos.

Em meio aos acontecimentos recentes ao longo do ano de 2020, a respeito da pandemia de COVID-19, o presente capítulo volta sua atenção para o questionamento sobre como é conduzido o processo de destinação e tratamento de RSS no Brasil, com uma preocupação mais especificamente voltada para o município de Vassouras e suas vizinhanças.

O município de Vassouras pertence à região centro-sul fluminense e é onde está localizada a Universidade de Vassouras, sendo a mesma, a única universidade da região, possuindo um hospital universitário. Esta particularidade também se constituiu como um fator de motivação para o levantamento das informações colhidas no curso da pesquisa.

O objetivo deste capítulo é, a partir de dados de um panorama nacional sobre o tratamento de resíduos de serviços de saúde no

Brasil e do levantamento dos volumes de resíduos de serviços de saúde destinados ao centro de tratamento de resíduos do município de Vassouras, produzir informações sobre os quantitativos de RSS (dos municípios de Vassouras, Barra do Piraí, Valença e Rio das Flores) e tentar elaborar uma análise de base comparativa entre esses quantitativos, antes e após o surto da COVID-19, nos referidos municípios.

Desenvolvimento

O trabalho foi desenvolvido com base no levantamento de informações abertas e disponibilizadas ao público por meio da internet e através de conversas informais por meio de aplicativos de comunicação (*Whatsapp* e *Zoom*) com especialista na área de gestão de resíduos sólidos.

Dentre as bases de consulta foram utilizados relatórios anuais publicados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – Abrelpe, bem como dos relatórios de controles internos do Centro de Tratamento e Destinação de Resíduos do município de Vassouras.

Dados sobre coleta de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) - Brasil (2017)

No cenário nacional brasileiro, dados da Abrelpe revelam que, no ano de 2017, foram apurados os resultados ilustrados no Quadro 1, sobre o total de resíduos de serviços de saúde.

Quadro 1 – Quantitativo de Resíduos de Serviço de Saúde.

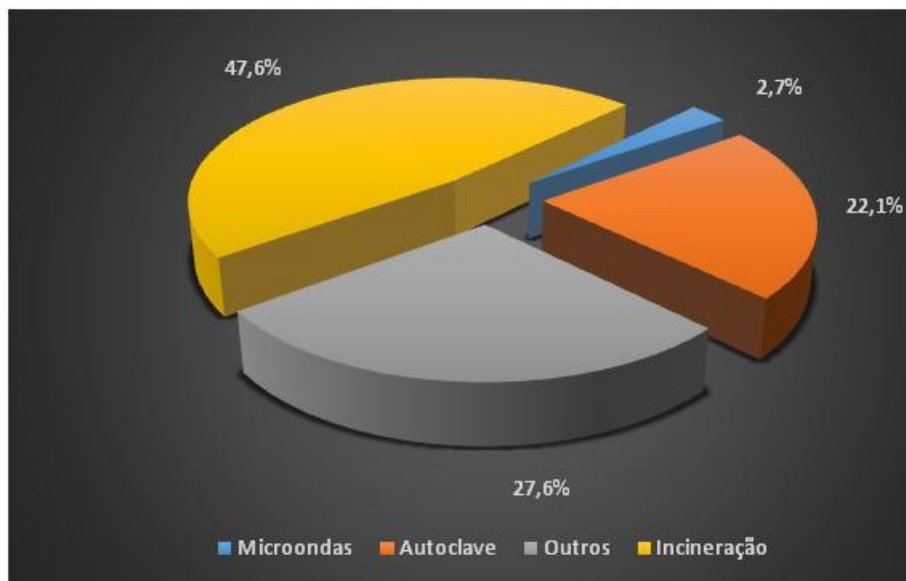
Nº Total de Municípios alcançados	Tratamento e Disposição Final (ton)	Coleta RSS per capita (kg/hab/ano)
4.518	256.941	1,2

Fonte: Adaptado de Abrelpe, 2017.

Quanto ao tipo de destinação final dos RSS coletados nos municípios alcançados, os valores percentuais estão dispostos no Gráfico 1.

Conforme os dados da Abrelpe, em 2017 cerca de 27,6% dos municípios brasileiros destinaram seus RSS sem declarar o seu tratamento, o que contraria normas estabelecidas pela legislação vigente aplicável (gráfico 1).

Gráfico 1 – Tipo de destinação final de Resíduos de Serviço de Saúde coletados pelos municípios.



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2017.

Dados sobre coleta de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) - Brasil (2018)

Com relação ao ano de 2018, ainda no cenário nacional brasileiro, dados da Abrelpe revelam que foram apurados os resultados ilustrados no Quadro 2, sobre o total de resíduos de serviços de saúde.

Quadro 2 – Quantitativo de Resíduos de Serviço de Saúde.

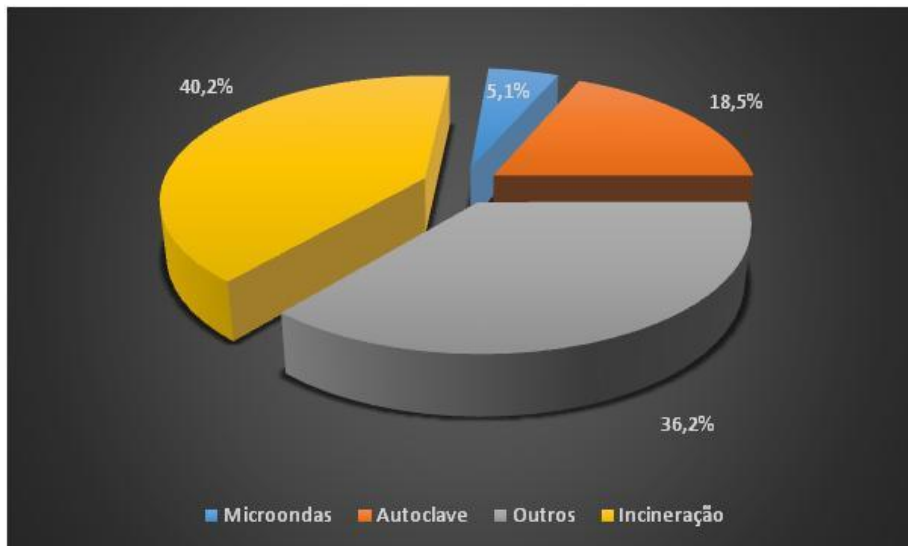
Nº Total de Municípios alcançados	Tratamento e Disposição Final (ton)	Coleta RSS per capita (kg/hab/ano)
4.540	252.948	1,2

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2018/2019.

Quanto ao tipo de destinação final dos RSS coletados nos municípios alcançados, os valores percentuais estão dispostos no Gráfico 2.

Conforme os dados da ABRELPE, em 2018 cerca de 36,2% dos municípios brasileiros destinaram seus RSS sem declarar o seu tratamento, o que contraria normas estabelecidas pela legislação vigente aplicável.

Gráfico 2 - Tipo de destinação final de Resíduos de Serviço de Saúde coletados pelos municípios.



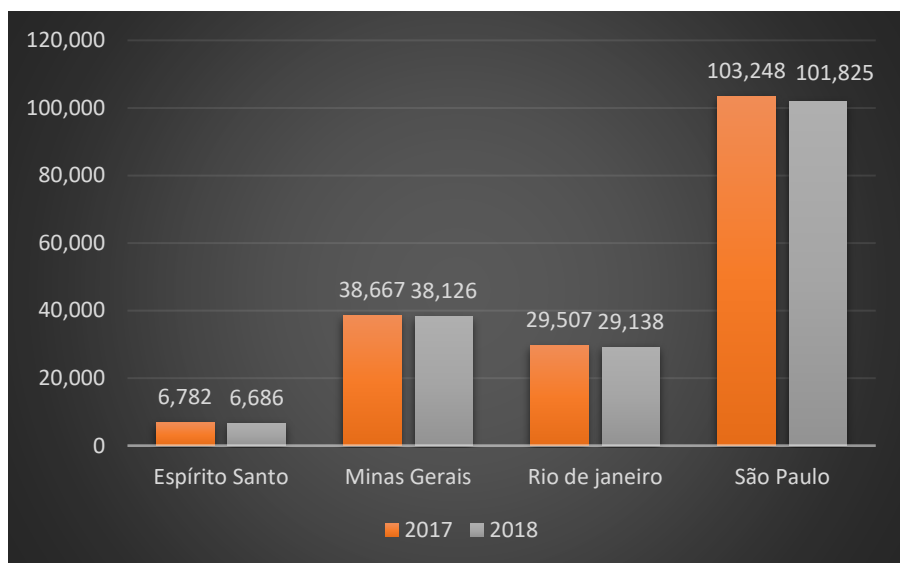
Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2018/2019.

Dados sobre coleta de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) - Região Sudeste (2017 e 2018)

Dados extraídos da ABRELPE revelam informações que refletem a região sudeste do Brasil (estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo).

O Gráfico 3 exhibe os volumes coletados para tratamento em cada estado nos respectivos anos de 2017 e 2018.

Gráfico 3 - Quantitativo anual de Resíduos de Serviço de Saúde coletados pelos municípios do sudeste. (ton/ano).



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2017 e ABRELPE 2018/2019.

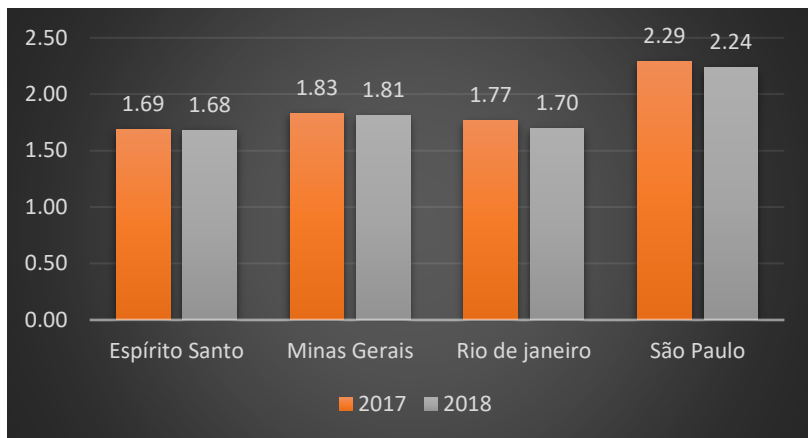
O Gráfico 4 ilustra os resultados das quantidades per capita em cada estado, nos respectivos anos de 2017 e 2018.

O Gráfico 5 representa a porcentagem para cada tipo de destinação final para os RSS na região Sudeste em 2017.

No Quadro 3 encontra-se a capacidade instalada de tratamentos de RSS na região sudeste.

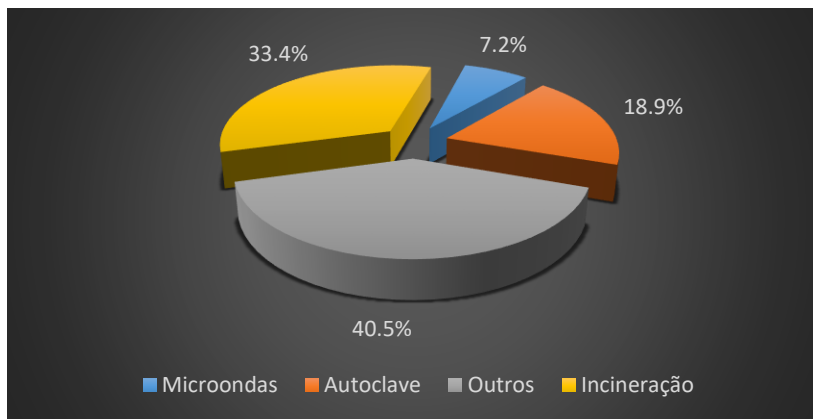
▪

Gráfico 4 – Quantitativo anual de Resíduos de Serviço de Saúde coletados pelos municípios do sudeste (kg/hab/ano).



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2017 e ABRELPE 2018/2019.

Gráfico 5 – Destinação final de Resíduos de Serviço de Saúde na região sudeste (2017).



Fonte: adaptado de ABRELPE (2017).

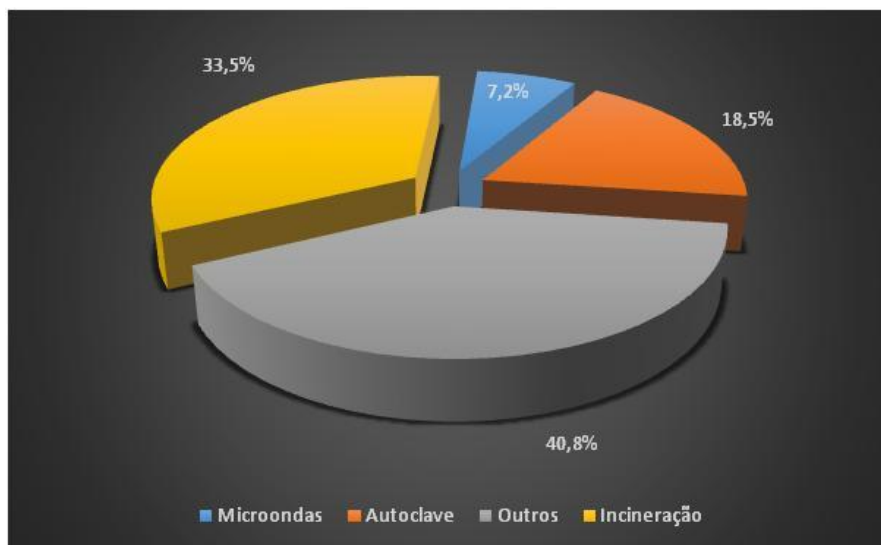
Quadro 3 – Capacidade Instalada de Tratamento de Resíduos de Serviço de Saúde na Região Sudeste (ton/ano).

Unidade da Federação	Autoclave	Incineração	Microondas	Total
Espírito Santo	-	5.110	-	5.110
Minas Gerais	11.972	18.250	-	30.222
Rio de Janeiro	20.951	4.563	1.825	27.339
São Paulo	124.648	13.140	13.870	151.658
TOTAL	157.571	41.063	15.695	214.328

Fonte: adaptado de ABRELPE, 2017.

O Gráfico 6 representa a porcentagem para cada tipo de destinação final para os RSS na região Sudeste em 2018.

Gráfico 6 - Destinação final dos Resíduos de Serviço de Saúde na região sudeste (2018).



Fonte: adaptado de ABRELPE, 2018/2019.

No Quadro 4 é mostrada a capacidade dos tratamentos nos 4 estados, para o ano 2018.

Quadro 4 - Capacidade Instalada de Tratamento de Resíduos de Serviço de Saúde na Região Sudeste (ton/ano).

Unidade da Federação	Autoclave	Incineração	Micro-ondas	Total
Espírito Santo	-	5.110	-	5.110
Minas Gerais	11.972	76.066	-	88.038
Rio de Janeiro	20.951	11.498	1.825	34.274
São Paulo	124.996	21.170	16.060	126.226
Sudeste	157.919	113.844	17.885	289.648

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2018/2019.

O Consórcio CONVALE

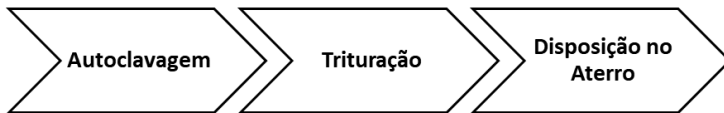
O Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos do Vale do Café (CONVALE) iniciou suas operações em 2016 e é o responsável pelo Complexo de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos (CTDR), que está localizado no município de

Vassouras/RJ. Seu objetivo consiste em atender os municípios de Vassouras, Barra do Piraí, Rio das Flores e Valença.

A atividade do CTDR (Complexo de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos de Vassouras) está dedicada a disposição final de resíduos de serviços de saúde (RSS), bem como a destinação de resíduos sólidos classe II.

No CTDR, os RSS são submetidos a processos específicos, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma Básico de Processamento de RSS.



Fonte: CONVALE.

O aterro possui capacidade para receber até 1 milhão de toneladas de resíduos ao longo de toda a sua vida útil.

O Convale é o primeiro consórcio de resíduos sólidos do estado do Rio de Janeiro e está regulado com base na Lei de Consórcios

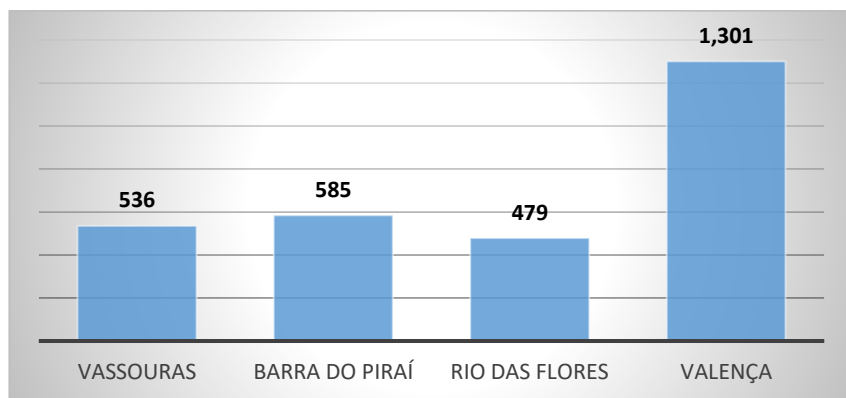
11.107/05, que trata das normas de contratação de consórcio público.

Dados dos municípios integrantes do Consórcio CONVALE

Para estabelecer uma base de informações que sirvam de referência para eventual análise, convém levantar parâmetros socioeconômicos das cidades envolvidas nesta pesquisa. Segundo informações extraídas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram escolhidos como dados socioeconômicos: Área territorial, população, Escolarização e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

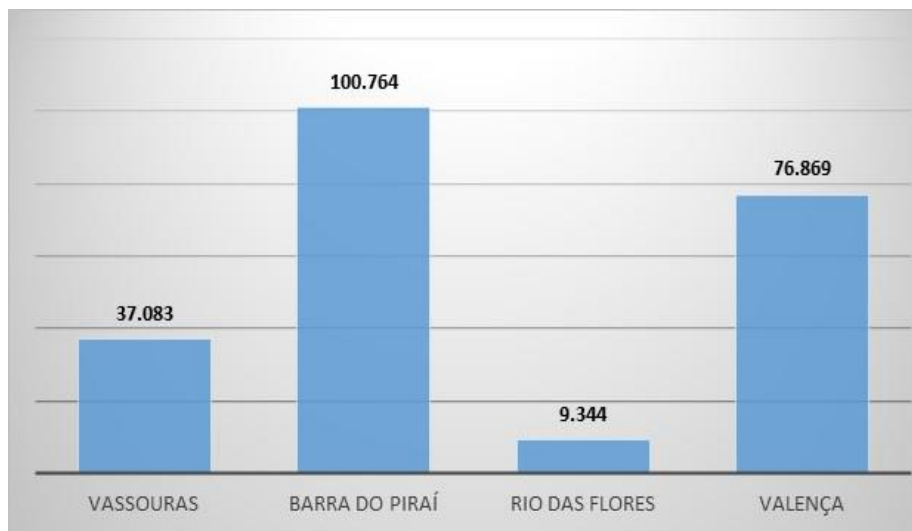
O Gráfico 7 representa as áreas físicas nas quais estão instalados cada município. O Gráfico 8 exhibe o número de habitantes de cada município. O Gráfico 9 mostra a medição do nível de escolarização de cada município. O Gráfico 10 registra o valor do IDHM de cada município.

Gráfico 7 - Área territorial (km²).



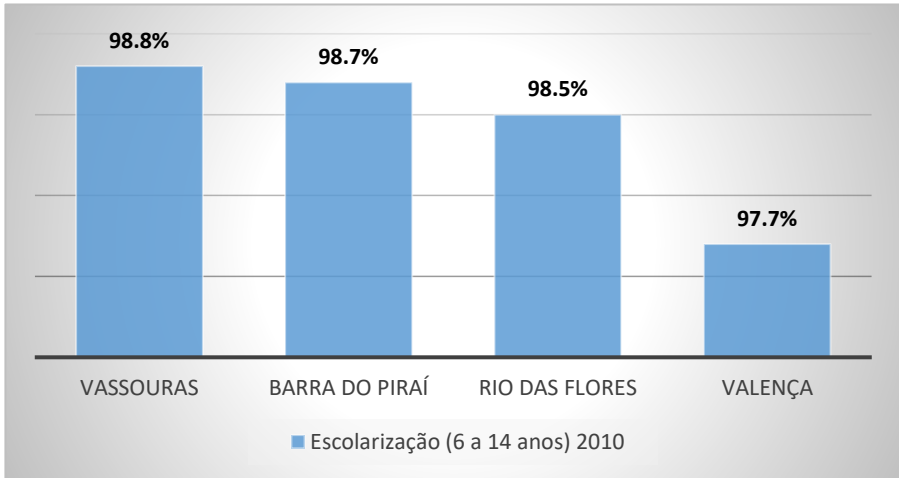
Fonte: IBGE, 2020.

Gráfico 8 - População (número de habitantes).



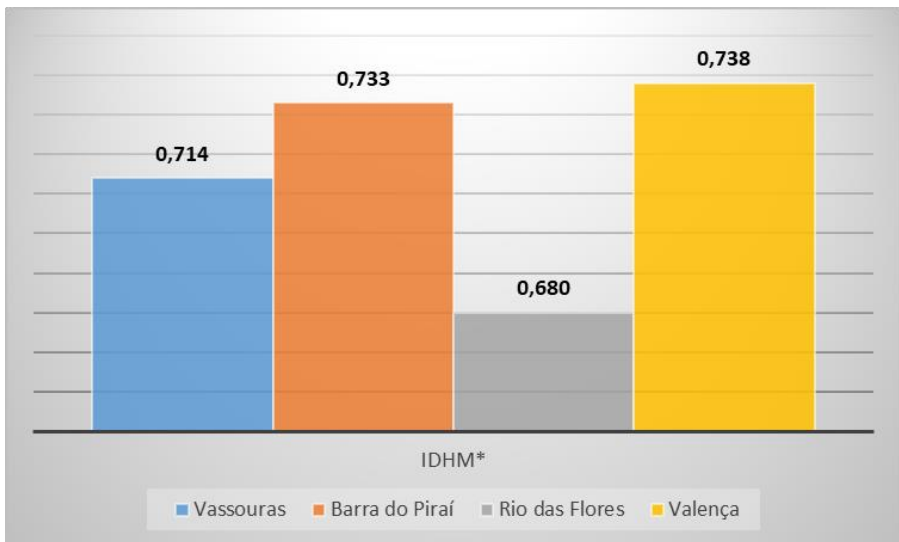
Fonte: IBGE, 2020.

Gráfico 9 – Escolarização (%).



Fonte: IBGE, 2020.

Gráfico 10 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).



Fonte: IBGE, 2020.

Coleta de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) em municípios alcançados pelo Consórcio CONVALE

A partir dos valores do Quadro 6 foi construído, o Gráfico 10, mostrando as contribuições de cada município em termos de RSS destinado.

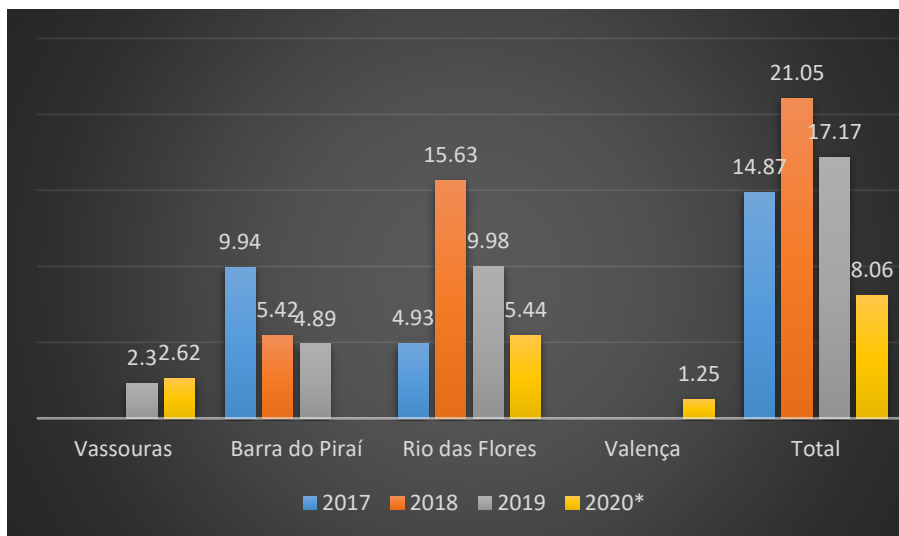
Quadro 6 – Quantidade de Resíduos do Serviço de Saúde destinados ao Complexo de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos de Vassouras.

Município	2017	2018	2019	2020*
	(ton/ano)			
Vassouras	-	-	2,30	2,62
Barra do Piraí	9,94	5,42	4,89	-
Rio das Flores	4,93	15,63	9,98	5,44
Valença	-	-	-	1,25
Total	14,87	21,05	17,17	8,06

* Totais apurados até o mês de setembro/2020.

Fonte: CONVALE.

Gráfico 10 – Resíduos de Serviço de Saúde coletados nos municípios e destinados para o Consórcio CONVALE (ton/ano).



* Totais apurados até o mês de setembro/2020.

Fonte: CONVALE.

Discussão

A Universidade de Vassouras possui um Hospital Universitário (HUV) que é avaliado como a principal referência hospitalar de média e alta complexidade da região centro-sul fluminense. Os RSS do (HUV) estão no inventário de resíduos que são destinados ao CTDR.

Em primeira análise, vale ressaltar que até o momento da conclusão desta pesquisa, ainda não havia dados da ABRELPE referentes ao ano de 2019, fato este que, de certo modo, torna a análise um pouco prejudicada, por não ser possível fazer comparações com os quantitativos coletados na região centro-sul fluminense pelo Consórcio para os anos de 2019 e 2020.

Pelas informações obtidas, a melhor base de comparação possível entre os quadros e gráficos informativos é com relação ao ano de 2018, uma vez que possui informações sobre as cidades de Barra do Pirai e Rio das Flores, considerados no âmbito de alcance do Complexo de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos de Vassouras.

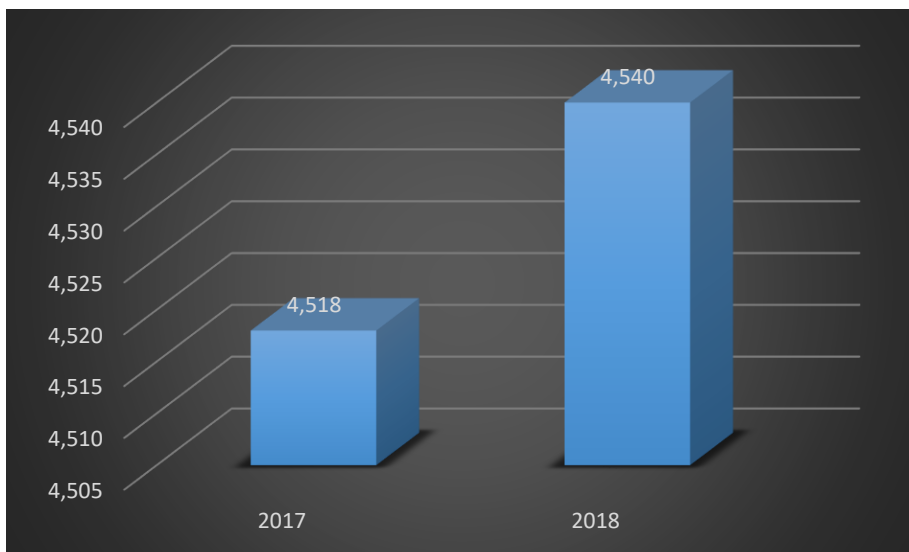
Adicionalmente, observa-se que para o ano de 2018, não há dados registráveis pelo CONVALE sobre coleta de RSS do município de Vassouras. E com relação ao município de Valença, os dados registrados referem-se apenas ao ano de 2020.

As informações levantadas para o ano de 2020 não permitem uma análise conclusiva, uma vez que só estão disponíveis até o mês de setembro, haja vista que o ano ainda se encontra em curso.

Uma breve análise em cima dos números mostrados através dos quadros e gráficos deste trabalho fornece alguns pontos que podem ser considerados importantes:

Na comparação entre os resultados dos Quadros 1 e 2 nota-se que de 2017 para 2018 houve um aumento do número de municípios alcançados no Brasil, em termos de coleta de RSS, que foi igual a 22. Esse número corresponde a 0,49% superior em 2018 quando comparado com 2017, conforme ilustrado no Gráfico 11.

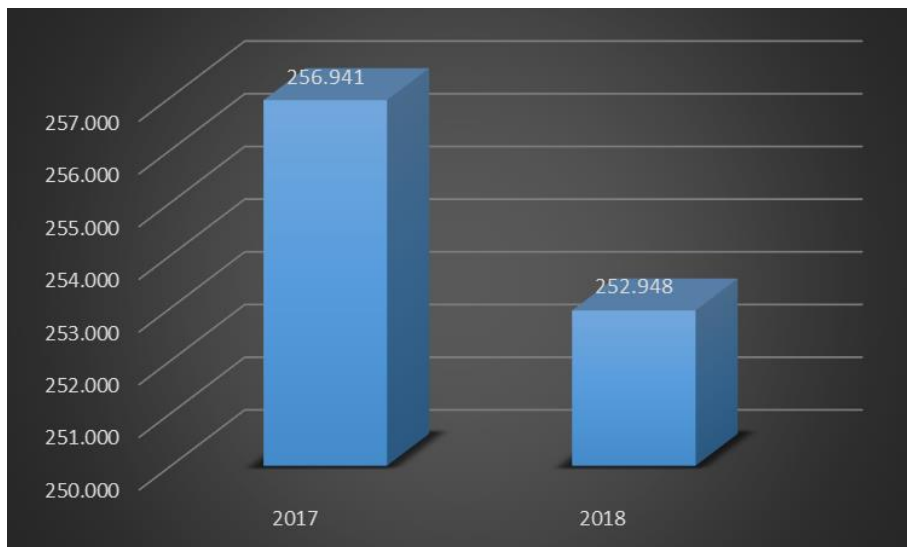
Gráfico 11 – Comparação entre número de municípios levantados no Brasil.



Fonte: ABRELPE, 2017 e ABRELPE 2018/2019.

Para o mesmo período do item anterior, houve uma redução do volume de RSS tratado em 3.993 toneladas, correspondente a 1,55% a menos, conforme o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Comparação entre totais RSS tratados no Brasil (ton).



Fonte: ABRELPE, 2017 e ABRELPE 2018/2019.

O Gráfico 4, mostra que para o ano de 2018, o estado do Rio de Janeiro apresentou uma quantidade de RSS coletado per capita de 1,7 kg/hab/ano. De acordo com o que mostra o Quadro 6, os RSS destinados ao CONVALE no ano de 2018 não contemplaram as cidades de Vassouras e Valença.

Para o ano de 2018 o total coletado foi de 21,05 toneladas de RSS (correspondentes à soma entre as cidades de Barra do Piraí e Rio das Flores). Pelo Levantamento do Gráfico 6, resulta que a soma das populações de Barra do Piraí e Rio das Flores é igual a 110.108 habitantes. Sem levar em consideração as variações populacionais em um período de dois anos, o cálculo da quantidade per capita de RSS nas duas cidades resulta em:

$$\frac{\text{kg}}{\text{hab}} (2018) = \frac{21.050 \text{ kg}}{110.108 \text{ hab}} = 0,19 \frac{\text{kg}}{\text{hab}}$$

Comparando-se os valores calculados anteriormente, chega-se a um número que, para simples efeito de cálculo, poderia representar o nível percentual de RSS per capita gerado e destinado ao CTDR em relação ao RSS per capita para todo o estado do Rio de Janeiro.

$$\text{Relação entre RSS per capita – 2018 (\%)} = \frac{0,19 \text{ kg/hab (regional)}}{1,7 \text{ kg/hab (estadual)}} = 11,2$$

O número 11,2%, a ser considerado preliminar e sujeito à um processo de validação, poderia ser eleito como um tipo de indicador do quanto que a região centro-sul fluminense contribui

com a média de RSS per capita/ano do estado do Rio de Janeiro como um todo. Caso este parâmetro seja validado no futuro, pode ser um importante indicador de qualidade em termos ambientais e servir de suporte para definição de metas e/ou tomadas de decisões no âmbito de governo e órgãos de controle.

Evidentemente, em virtude do número de informações disponíveis ainda ser muito pobre e não existir uma base histórica de dados consistente, torna-se necessária a continuidade de coleta das informações, tanto no nível nacional (ABRELPE) quanto no nível regional (CONVALE), para que a base de informações se torne mais robusta. Conseqüentemente, quanto maior no número de informações adicionadas ao banco de informações coletadas, melhor será para as análises futuras.

Os RSS em sua maioria podem conter agentes biológicos infecciosos como medicamentos, componentes potencialmente inflamáveis, corrosivos ou tóxicos, materiais radioativos (como os utilizados em radioterapia) e cortantes, apresentam um descarte irregular indo para aterros sanitários, lixões entre outros não tendo um tratamento próprio levando a contaminação do meio ambiente e provocar riscos à saúde pública.

Esta é uma preocupação que deve ser mantida permanente, principalmente nos tempos da pandemia (COVID-19), já que RSS descartados de forma irresponsável na natureza podem piorar os problemas de saúde pública, afetando pessoas e também elevar os níveis de poluição ambiental em decorrência do eventual contato dos resíduos com o solo, a água e o ar.

Pode-se observar pelos Gráficos 8 e 9, que os níveis de escolarização e de IDHM respectivamente, estão razoavelmente nivelados entre os quatro municípios da região. Este nível de comparação poderia evoluir para um indicador interessante na medida em que os dados de coletas de RSS nesses municípios se tornem mais amplos e possibilitem fazer correlações entre “causas e efeitos”.

Conclusão

A pandemia de COVID-19 impôs que mudanças de comportamento fossem implementadas como medidas para mitigar a disseminação da doença. Espera-se que o reflexo, por conta dessas mudanças, seja o aumento da quantidade gerada de resíduos sólidos domiciliares e de resíduos hospitalares. A observação dessas consequências será possível avaliar apenas

após o encerramento do ano de 2020 e posterior emissão de relatórios sobre o caso.

Quando da ocorrência dessa oportunidade, um novo trabalho poderá ser realizado para uma apuração em números mais concretos e objetivos.

Os valores dos indicadores tratados na discussão deste trabalho submetem-se a serem levadas para um nível mais alto de discussão no intuito de aprofundar o acesso a mais informações primárias a respeito dos RSS destinados ao CONVALE. Entende-se esta como uma das formas de alinhar entendimentos para a definição de padrões técnicos de meio ambiente na região centro-sul fluminense.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos do Vale do Café (Convale) pela valiosa colaboração prestada durante a elaboração deste trabalho.

Referências

A Concessionária. **Sobre a Concessionária Vale do Café.** Disponível em: <https://www.concessionariavaledocafe.com.br/>. Acessado em: 22/11/2020.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. Disponível em: www.abrelpe.org.br. Acessado em 05/11/2020.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. Disponível em: www.abrelpe.org.br. Acessado em 16/11/2020.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Recomendações para a Gestão de Resíduos Sólidos durante a Pandemia de Coronavírus (COVID-19)**, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/abrelpe-no-combate-a-covid-19/>. Acessado em 28/11/2020.

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material5.htm#:~:text=S%C3%A3o%20res%C3%ADuos%20gerados%20por%20prestadores,biol%C3%B3gicos%20capazes%20de%20causar%20infec%C3%A7%C3%A3o%2C> Acessado: 24/11/2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/vassouras.html>. Acessado em: 22/11/2020.

response. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/interactive-timeline#!>. Acessado em 05/11/2020.

Universidade Universitário de Vassouras. Disponível em: <https://www.universidadedevassouras.edu.br/instituicao/huv>. Acessado em:24/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Timeline: COVID-19**

Sobre os autores

Aleandra Mariano de Araújo

Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras.

Aline da Silva Santos

Engenheira Química pela Universidade de Vassouras.

Daniela Vidal Vasconcelos

Doutoranda em Tecnologias de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Luiz Felipe Caramez Berteges

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras

Carlos Eduardo Granadeiro Corrêa

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras

Moisés Teles Madureira

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras.

Capítulo 22 - Entre fontes e jardins: História Ambiental, Colecionismo e Jardins Botânicos

Autores: Frederico Novaes da Fraga; Angelo Ferreira Monteiro;
Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

Resumo: A história ambiental é, no panorama intelectual, um campo muito recente, mesmo no panorama da própria história. Defini-la é tão difícil quanto a qualquer campo histórico, principalmente para os historiadores que não se dão a reflexões filosóficas e epistemológicas sobre seu ofício. Neste artigo, são apresentados alguns conceitos interessantes ao pensamento sobre história ambiental, como sua relação inerente ao problema do tempo, a sua tendência a um pensamento sistemático, ilustrado pela Máquina do Mundo, e alguns autores que buscam elucidar conceitos mais técnicos sobre o campo. Feito isso, pratica-se um exercício de história ambiental, em que se trata do colecionismo e dos jardins botânicos.

Palavras-chave: História Ambiental; Máquina do Mundo; Colecionismo; Jardins Botânicos.

Introdução

O que é História Ambiental? Talvez uma pergunta melhor formulada seja: o que é História? De que se trata cada ciência? É uma pergunta válida e complexa, visto que cada ciência, embasada em seus axiomas, paradigmas e métodos, não seja capaz de explicar a si mesma — ao menos não após os teoremas de Gödel. Cabe à Filosofia da Ciência o desafio de determinar os preceitos epistemológicos de cada campo, e, talvez por isso, os historiadores evitem tecer grandes considerações teóricas sobre sua prática, preferindo, por fim, praticá-la:

Até aqui, os historiadores franceses haviam feito pouco caso das considerações gerais. Para L. Febvre, “filosofar” a constituía “o crime capital”; na aula inaugural no Collège de France ele já havia observado que “os historiadores não possuem grandes necessidades filosóficas” (PROST, 2017, p. 8).

Ao introduzir seu livro *Doze Lições sobre a História*, Antoine Prost (2017) faz questão de frisar: seu livro se insere numa tradição frágil. Embora o estudo de historiografia e epistemologia seja necessário ao estudante de história, a reflexão dos historiadores sobre seu ofício foi escassa, chegando a afirmar que, no contexto

francês, foi “inútil” (Prost, 2017, p. 7). A reflexão sobre a história deveria ficar a cargo dos filósofos.¹³ Ele continua:

Com efeito, os historiadores franceses adotam, naturalmente, a postura de um modesto artesão: para a foto de família, eles posam em seu ateliê e exibem sim como homens de ofício que, após uma longa aprendizagem, dominam os recursos de sua arte. Elogiam a beleza da obra e valorizam a habilidade, em vez das teorias de que estão entulhados – em sua opinião, inutilmente – os colegas sociólogos. Inúmeros são aqueles que, no começo de seus livros, se eximem de definir – tarefa considerada obrigatória pelos colegas alemães – os conceitos e os esquemas de interpretação utilizados. Por maior força de razão, ele julga que a elaboração de uma reflexão sistemática sobre sua disciplina é algo de pretensioso e perigoso: isso corresponderia a reivindicar uma posição de fundador de escola que é uma atribuição rejeitada por sua modéstia – mesmo que seja fingida – e que, sobretudo, deixá-los-ia expostos à crítica, nem um pouco benevolente, de colegas que, eventualmente, pudessem ter a impressão de que eles pretendem ensinar-lhes o ofício. Segundo parecer, a reflexão epistemológica atenta contra a igualdade dos “mestres” da corporação; eximir-se de levá-la a efeito é uma forma de evitar, por um lado, perder seu tempo e, por outro, expor-se às críticas dos pares (PROST, 2017, p. 9).

¹³ À guisa de exemplo, Prost (2017, p. 7) cita Raymond Aron, notável por seu *Etapas do Pensamento Sociológico*, eminente estudo sobre as bases da sociologia e seus autores fundacionais, e Paul Ricoer, autor de *Tempo e Narrativa*, em que trata das relações entre tempo, e as narrativas historiográficas e ficcionais, e *História e Verdade*, em que discute como é possível uma “verdade histórica” e como este conceito de verdade dialogaria com a verdade proposta pelas ciências exatas.

A partir disso, pode-se dizer que o expediente tomado por Pádua (2010) e Drummond (1991) é muito pouco francês. Distanto no tempo de quase vinte anos, os artigos *História Ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa*, e *As Bases Teóricas da História Ambiental*, buscam responder àquela primeira pergunta, evocando autores, temas, fontes e princípios dessa prática historiográfica.

Nesse quesito, Drummond (1991) é mais didático e expositivo: faz uma relação detalhada dos conceitos que originaram a História Ambiental, de obras e autores relevantes, como se apresenta no contexto brasileiro, algumas de suas linhas de pesquisa e suas características metodológicas. O trabalho de Pádua (2010) não é tão, por assim dizer, estratificado: apresenta os conceitos de forma mais fluida, sendo menos explícito quanto à exposição.¹⁴

Este trabalho foca em dois expedientes: primeiro apresentar alguns aspectos teóricos que envolvem História Ambiental e aspectos subjacentes, o que é feito nas três primeiras seções; nas duas últimas, apresentar uma perspectiva de foco ambiental nos

¹⁴ O caráter didático do trabalho de Drummond (1991) pode ser uma estratégia considerando o contexto: quando da sua publicação, a história ambiental ainda era um campo eminentemente novo, com pouco menos de três décadas. Seu caráter inaugural exigia uma exposição que o trabalho de Pádua (2010) não necessita mais.

aspectos históricos que envolvem o colecionismo e a instauração de jardins botânicos.

O Problema do Tempo

Que o Santo fale primeiro:

Que é, pois, o tempo? Quem poderá explicá-lo clara e brevemente? Quem poderá apreendê-lo, mesmo só com o pensamento, para depois nos traduzir por palavras do seu conceito? E que assunto mais familiar é mais batido nas nossas conversas do que o tempo? Quando dele falamos, compreendemos o que dizemos. compreendemos também o que nos dizem quando dele nos falam. o que é, por conseguinte, o tempo? Se ninguém me perguntar, eu sei; se quiser explicá-lo a quem me fizer a pergunta, já não sei (AGOSTINHO, 2015, p. 295-6).

A ideia de que o tempo é, ao mesmo tempo, algo de compreensão óbvia e que não pode ser expresso corretamente diante de um questionamento sobre sua natureza é uma ilustração interessante do problema do tempo. Outro comentário peculiar é o de Charles Lamb: “Nada me deixa mais perplexo do que o tempo e o espaço. Contudo nada me inquieta menos do que o tempo espaço, pois nunca penso a respeito deles” (HAWKING, 2016, p. 39). Nos domínios da Filosofia Natural, sempre foi essencial: não são evidentes os fenômenos que podem ser estudados sem a participação da variável Tempo. Newton, ao compor seu sistema

e escrever sua *Principia*, considerou-o absoluto, assim como o espaço: tratava-se da pura duração, e não era possível que qualquer dos acontecimentos transcorridos no tempo influenciasse o próprio tempo. Esta visão opunha-se ao paradigma teológico proposto por Santo Agostinho: ele era a medida da criação, ou seja, apenas na medida em que o universo foi criado ele tinha sentido – antes da criação, não fazia sentido falar em transcorrência de tempos. A visão de Santo Agostinho, porém, vem a se coadunar, numa interessante ironia, com o paradigma einsteiniano: o espaço-tempo (HAWKING, 2016, p. 42-4). Não se tratava mais de dois entes absolutos e independentes, mas de um único componente do universo, o espaço-tempo, em que todos os eventos se dariam. Tendo isso em vista, o tempo como duração pura se torna um absurdo: está condicionado ao espaço e às influências que este pode sofrer: eis a base da relatividade de Einstein.

Fora as discussões teóricas, o tempo também possui um caráter também prático: uma medida. A ciência realiza experimentos para colher dados e analisá-los em busca de conclusões confiáveis e representativas sobre um dado fenômeno. Para um experimento de colisão de partículas, por exemplo, os dados de interesse ocorrem em intervalos de nanossegundos, uma reação química

pode levar de minutos a horas para gerar um produto, um estudo que busque determinar a dinâmica populacional de dada espécie animal pode levar décadas (TOWNSEND, BEGON E HARPER, 2010, p.21-2). São várias as escalas de tempo que podem interessar ao cientista. Mas, e ao historiador?

Diferentemente de outras ciências sociais que se interessam em estudar o homem, a História apresenta uma peculiaridade: seu caráter diacrônico. Ela é a única a utilizar o tempo como medida fundamental de suas observações, tanto que Antoine Prost (2017) não hesita em afirmar, com alguma ironia, que “o profano não se engana ao reconhecer os textos históricos por apresentarem datas”. Isto posto, a questão é outra: qual o tempo da História, ou melhor, qual sua escala?

Considerando que seu objeto de estudo seja o homem em seu devir, a escala de tempo que a interessa é a que abrange a existência humana. Não à toa, o tempo em geral adotado pela história é o tempo bíblico, que parte da criação do homem por Deus e segue, num montante estimado de seis milênios, embora alguns intérpretes do velho testamento afirmem que o tempo mencionado nessas escrituras é apenas uma figura de linguagem (DRUMMOND, 1991, p. 178). No entanto, esta escala temporal é insuficiente para tratar de História Natural, e é neste ponto que se

dá a primeira mudança epistemológica¹⁵ que possibilita o surgimento de uma História Ambiental. Para tratar da história geológica, os cientistas necessitaram de um intervalo de tempo bem maior que seis mil anos — bem maior que milênios e milhões de anos. Esse tempo geológico, muito superior ao tempo humano, e que definiu este como uma parcela muito pequena na história do planeta, que é produto das pesquisas científicas, é o primeiro passo dado rumo ao amálgama que é a História Ambiental.

A Máquina do Mundo

Qual a matéria seja não se enxerga,
Mas enxerga-se bem que está composto
De vários orbes, que a Divina verga
Compôs, e um centro a todos só tem posto.
Volvendo, ora se abaixe, agora se erga,
Nunca se ergue ou se abaixa, e um mesmo rosto
Por toda a parte tem; e em toda a parte
Começa e acaba, enfim, por divina arte;

Uniforme, perfeito, em si sustido,
Qual, enfim, o Arquétipo que o criou.
Vendo o Gama este globo, comovido

¹⁵ Toma-se de empréstimo a expressão de José Augusto Pádua (2010).

De espanto e de desejo ali ficou.
Diz-lhe a Deusa: — O transunto, reduzido
Em pequeno volume, aqui te dou
Do Mundo aos olhos teus, para que vejas
Por onde vás e irás e o que desejas.

Vês aqui a grande máquina do mundo,
Etérea e elemental, que fabricada
Assim foi do Saber, alto e profundo,
Que é sem princípio e meta limitada.
Quem cerca em derredor este rotundo
Globo e sua superfície tão limada,
É Deus: mas o que é Deus, ninguém o entende,
Que a tanto o engenho humano não se estende
(CAMÕES, 2011, p. 301-2 [estrofes 78-80]).

Assim Tétis apresenta a Vasco da Gama todo o mundo a ser contemplado com os feitos portugueses cantados pela ninfa. Um mundo ordenado, obedecendo uma lógica interna, sistemática, que regeria os movimentos. Este é o sistema ptolomaico do Universo, desenvolvido a partir dos princípios defendidos por Aristóteles em *Do Céu*: a Terra era esférica e o movimento celeste era circular, por ser a forma mais perfeita. O sistema proposto por Copérnico se diferencia deste por adotar o Sol como centro, e os

outros planetas se moviam em órbitas circulares em torno dele (HAWKING, 2015, p. 12-3). Kepler propõe uma alteração: adoção de órbitas elípticas, de modo a casar com os resultados. Mas, de todo modo, mesmo com a adição das contribuições de Galileu e Newton, o sistema ainda permanece ordenado.

Ver o universo como ordenado implica em vê-lo como previsível, e, por conseguinte, controlável, que é o ímpeto de qualquer ciência: entender os fenômenos para prevêê-los e controlá-los. Essa visão tem consequências no trato humano para com a natureza: um mundo ordenado, cujo comportamento pode ser previsto e controlado, é um mundo subordinado à razão humana – logo, subordinado ao homem. Essa visão, porém, vai se dissolvendo conforme os novos paradigmas da ciência vão avançando. Lord Kelvin, no fim do século XIX, chegou a afirmar que quase todos os problemas da Física Clássica estavam resolvidos, restavam apenas duas nuvens a serem descobertas.¹⁶ Poincaré, Planck, Einstein e Heisenberg vieram a mostrar o que eram: a relatividade e a teoria quântica (HAWKING, 2016, p.12-4). Uma visão perfeitamente ordenada de universo não era mais possível com essas novas

¹⁶ Apesar de, na superfície, esta citação indicar que Lord Kelvin acreditava não haver mais problemas a serem resolvidos pela Física, a realidade é que estava ciente do problema que estava pela frente, e que, na realidade, o que ela indica é sua consciência da incapacidade da Física Clássica de resolver esses problemas (SCHULZ, 2007).

descobertas, e a única ordem que se poderia encontrar seria uma estrutura extremamente complexa, subjacente ao caos, que se tornou a visão dominante.

A visão do Universo, e conseqüentemente da Natureza, como um sistema dinâmico complexo, sempre em movimento e adaptação, é o segundo paradigma epistemológico rompido: o mundo natural não é mais um dado, algo fixo e imutável, mas um ente em permanente construção — ou seja, também é dotado de uma história.

Uma resposta a Camões foi dada por Carlos Drummond de Andrade, muito condizente com esse novo padrão epistemológico:

E como eu palmilhasse vagamente
uma estrada de Minas, pedregosa,
e no fecho da tarde um sino rouco

se misturasse ao som de meus sapatos
que era pausado e seco; e aves pairassem
no céu de chumbo, e suas formas pretas

lentamente se fossem diluindo
na escuridão maior, vinda dos montes
e de meu próprio ser desenganado,

a máquina do mundo se entreabriu
para quem de a romper já se esquivava
e só de o ter pensado se carpia.

Abriu-se majestosa e circunspecta,
sem emitir um som que fosse impuro
nem um clarão maior que o tolerável
(ANDRADE, 2012, p. 105).

Carlos Drummond de Andrade caminha tranquilo pela estrada de Minas, sem se preocupar em encontrar uma pedra, mas se depara com algo maior: a revelação da máquina do mundo. Está diante do sistema do universo como estiveram Camões, Aristóteles, Ptolomeu, Newton e tantos outros, porém, sua atitude não é de maravilhamento:

Mas, como eu relutasse em responder
a tal apelo assim maravilhoso,
pois a fé se abrandara, e mesmo o anseio,

a esperança mais mínima — esse anelo
de ver desvanecida a treva espessa
que entre os raios do sol inda se filtra;

como defuntas crenças convocadas
presto e fremente não se produzissem
a de novo tingir a neutra face

que vou pelos caminhos demonstrando,
e como se outro ser, não mais aquele
habitante de mim há tantos anos,

passasse a comandar minha vontade
que, já de si volúvel, se cerrava
semelhante a essas flores reticentes

em si mesmas abertas e fechadas;
como se um dom tardio já não fora
apetecível, antes despiciendo,

baixei os olhos, incurioso, lasso,
desdenhando colher a coisa oferta
que se abria gratuita a meu engenho.

A treva mais estrita já pousara
sobre a estrada de Minas, pedregosa,
e a máquina do mundo, repelida,

se foi miudamente recompondo,
enquanto eu, avaliando o que perdera,
seguia vagaroso, de mãos pensas
(ANDRADE, 2012, p. 107-8).

Drummond de Andrade não mostra interesse pelo sistema, numa posição que, a princípio, parece pura indolência metafísica, mas que no fundo revela algo maior — a recusa de qualquer sistema frente ao único paradigma possível para o universo tal qual se conhece hoje: a incerteza.

História Ambiental

Ao se colocar ciências naturais e ciências sociais num mesmo contexto, vem logo à mente um problema: darwinismo social (OLIVEIRA, 2003). A má apropriação das ideias darwinistas para referendar políticas e crenças eugenistas é uma mácula na história das ciências, e uma história pretensamente ambiental, que se vale de recursos do ambiente para tecer suas considerações, não se

pode furtar a uma primeira impressão, mesmo que falsa, determinista.

Porém, não é disto que se trata, de fato, a História Ambiental. O que ela propõe, na realidade, é uma inclusão de fatores: não focar suas investigações no homem apenas, mas também no espaço em que ele habita, suas relações com ele, como alterou esse espaço e como esse espaço pode contribuir para seu próprio comportamento, desconsiderando determinismos, evidentemente (DRUMMOND, 1991, 179-80). A proposta e o desafio da História ambiental é romper com o chamado “enfoque flutuante” (PÁDUA, 2010, p. 91), segundo o qual o ser humano compõe sua história apenas através de suas relações entre si, de homem para homem, “flutuando” sobre o espaço, sem que este exerça alguma influência significativa no devir histórico.¹⁷ Assim, ela vem como uma resposta de um “desafio” proposto às ciências sociais: “a superar o seu paradigma e a incorporar variáveis naturais aos seu repertório legítimo de pesquisa” (DRUMMOND, 1991, p. 180). Ela também surge, como afirma Pádua (2010, p. 81), de uma resposta

¹⁷ Adotando um princípio utilizado nas ciências naturais, pode-se dizer que o ambiente físico é “desprezível” quando da análise histórica: não que sua contribuição não exista, porém, ao problema abordado, ela é muito ínfima para ser considerada. Em exemplo clássico são os problemas de física em que se pede que a resistência do ar seja desconsiderada.

às “vozes das ruas”, ou seja, ao clamor de movimentos sociais por maior consciência em relação à natureza. Não à toa, a insurgência dos movimentos ambientalistas da década de 1960, impulsionados pela polêmica em torno de *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson (FISCHER *et al.*, 2017, p. 396), precedeu em pouco mais de uma década o primeiro curso a levar o nome de História ambiental, proferido por Roderick Nash, na Universidade da Califórnia (PÁDUA, 2010, p. 93-4).

Drummond (1991) elenca cinco características metodológicas definidoras desse campo de pesquisa:

1. Ter um local de análise circunscrito e reduzido, para que os mais diversos elementos pertinentes possam ser considerados;

Para qualquer investigação nesse campo, é necessário um espaço delimitado, para que a maior quantidade de dados possível seja levantada, tanto sobre os aspectos sócios culturais quanto sobre os aspectos físicos, pois todos eles são interessantes para a descrição do problema.

2. Valer-se de diversas ciências naturais, tanto de conceitos atuais quanto predecessores;

O ponto mais interessante da História Ambiental é o diálogo que pode estabelecer com as ciências naturais, valendo-se de suas descobertas, tanto das mais recentes quanto das mais antigas (isto mesmo podendo ensejar uma investigação: como as ideias de dada ciência sobre determinado fenômeno ou aspecto natural evoluíram e porque), podendo utilizá-las para entender como determinada população alterou dado ambiente, e quais as possíveis consequências disso.

3. Explorar as interações entre sociedades e recursos;

Talvez um dos principais pontos no que se refere à interação entre homem e natureza é o papel da cultura nesse processo (PÁDUA, 2010, p. 93): os recursos naturais não possuem valor em si, mas tão somente na medida em que dada sociedade possui métodos para trabalha-los, refiná-los e utilizá-los. Pastos não são úteis a sociedades que não criam cavalos, e mesmo o ouro não terá utilidade alguma a um povo que não tenha dominado a metalurgia. Completa Drummond (1991):

Apenas um povo inventou a máquina à vapor e fez uma revolução industrial baseada nela. [...] Os historiadores ambientais fogem do determinismo natural, tecnológico ou geográfico, mas se recusam a ignorar a influência dos quadros naturais na história

e na cultura das sociedades humanas (DRUMMOND, 1991, p. 182).

4. Grande variedade de fontes a se considerar no estudo das relações da sociedade com o ambiente;

Assim como o historiador ambiental se vale de diversas ciências e conceitos para seu trabalho, ele também se vale de diversas fontes. As fontes históricas tradicionais, da história econômica e social, mitos e lendas dos povos estudados, colhidos de formas diversas: relatos de viajantes e antropólogos por exemplo. Também são úteis relatos de viagens empreendidas por naturalistas e exploradores, bem como memórias, diários, inventários, escrituras, entre outros exemplos.

5. Trabalho de campo.

Fora todo o trabalho característico em bibliotecas e arquivos, as demandas da pesquisa podem levar o historiador a campo. Viajando aos locais estudados, podem observar clima, fauna, flora, marcas da influência humana no ambiente, bem como explorar fontes locais, como moradores, arquivos e outros pesquisadores que trabalhem na região. O trabalho de campo, primordialmente,

irá identificar as marcas humanas deixadas na natureza, ou seja, ler a história na paisagem.

Drummond (1991) também cita algumas linhas de pesquisa interessantes: o estudo de comunidades, a geografia humana, estudos sobre energia e história da tecnologia, de modo a ver que o cerne deste campo está na interdisciplinaridade. No diálogo com as demais ciências, naturais ou sociais, é que a História Ambiental construirá seus conceitos.

Como dito, a História Ambiental se faz a partir de fontes documentais, materiais e relatos de memórias. Espalhados em fontes variadas, encontramos informações, dados e relatos que vêm ajudando a compor a História Ambiental da América Portuguesa. Dentre essas informações as que se remetem ao colecionismo e à formação e utilização de Jardins Botânicos são das mais interessantes pois, além de se referir diretamente às diferentes espécies vegetais, suas curiosidades e utilidades, essas fontes nos apresentam profissionais com diversas formações e interesses, além de aspectos da geopolítica que envolviam as pesquisas dos naturalistas. Algumas dessas informações veremos a seguir.

Do Coleccionismo por Curiosidade aos Jardins Botânicos – séculos XVI ao XIX

Ao longo da história, uma parte da humanidade passou a se interessar pelo ato de colecionar objetos, minerais, plantas, animais e sua frequência levou à criação de espaços, denominados “Gabinetes de Curiosidades, Câmaras de Maravilhas, Museus e outras variações cunhadas de acordo com as nuançadas diferentes existentes em suas constituições” (BARBUY, 2008, p. 245), voltados primeiramente para coleção de curiosidades, em seguida para a pesquisa científica e posteriormente para o acesso do público em geral.

Para Souza e Marandino (2007, p. 4),

no século XVII o universo das coleções e os locais que as abrigavam foi ampliado, assim, estúdios, bibliotecas, gabinetes e museus abrigavam diversos tipos de objetos e eram locais onde se produzia arte e saber (SOUZA; MARANDINO, 2007, p. 4).

Conforme defendido por Souza (2009, p. 1-2)

o hábito de colecionar persistiu durante toda a Antiguidade e a Idade Média, chegando ao Renascimento – a época de formação do Mundo Moderno, que nos interessa no presente trabalho – pronta para se tornar uma prática diferenciada. Não que a atividade de colecionar perdesse sua essência, que se resume no costume de acumular objetos raros, exóticos (normalmente considerados estéticos) ou

que chamam a atenção. O que faz o colecionismo diferente no Renascimento é o fato de que a esse hábito passa a agregar alguns dos valores que permeavam o Mundo Moderno em construção (SOUZA, 2009, p. 1-2).

A partir do Renascimento, imperadores, reis, príncipes e demais membros da nobreza e até de outras camadas sociais se tornaram verdadeiros mecenas, não somente na criação de novas obras de arte, edifícios entre outros, mas também para o desenvolvimento da pesquisa científica em novos territórios que foram aos poucos sendo descobertos, impulsionados pelas grandes navegações, principalmente o americano.

De acordo com Bloon (2003 apud PEDRÃO e BIZELLO, 2016, p. 832), as coleções ganham espaço e ter uma coleção era *status* de poder e riqueza. Por sua vez

As coleções caíram no gosto de acadêmicos, cientistas e estudiosos, dando uma nova visão à atividade. Colecionar significava também ter conhecimento e, cada vez mais com a evolução da prática, as coleções buscavam mostrar o mundo da forma mais real possível (BLOOM, 2003 apud PEDRÃO & BIZELLO, 2016, p. 832).

Para Souza e Marandino (2007, p. 4), "este renascer faz parte de um processo, que se inicia nos séculos XIII e XIV, quando se

intensificou o interesse pela cultura greco-romana, principalmente do período helenístico”.

Pedrão & Bizello (2016 citando BLOOM, 2003) afirmam que no século XVI

ainda é possível perceber o primeiro surto de disseminação do colecionismo. Com o comércio em crescimento as coleções também se expandiram, iniciando a prática também entre pessoas com menos estudo e de menor poder aquisitivo. Ainda com a expansão comercial tem início outra prática dentro do colecionismo: capitães de navios recebiam instruções de mercadores e colecionadores para comprarem tudo que achassem “exótico e maravilhoso... tudo que julgassem digno de ser levado.” (BLOOM, 2003, p. 39 apud PEDRÃO e BIZELLO, 2016, p. 832).

Barbuy (2008), ao citar o esquema desenvolvido por Antoine Schnapper (1988) verificou que as “coleções eram organizadas em torno de dois eixos: a *naturalia* e a *artificialia*” (SCHNAPPER, 1988 apud BARBUY, 2008, p. 248). De acordo com Barbuy (2008, p. 249), a *naturalia* eram uma tipologia referente às pedras, plantas relacionadas a práticas/crenças populares; coleções botânicas e as coleções zoológicas. No caso da *artificialia* referia-se aos objetos antigos (medalhas, escrituras, armas e objetos exóticos) como também a objetos modernos (instrumentos ópticos, mecânicos etc.) (BARBUY 2008, p. 249). Conforme Souza & Marandino

As coleções dos séculos XVI, XVII e mesmo do século XVIII apresentavam naturalia e artificialia na mesma vitrine, os gabinetes expunham preferencialmente seres “exóticos” e monstruosidades e nos jardins eram encontradas as plantas mais belas ou com valor curativo excepcional (SOUZA; MARANDINO, 2007, p. 5).

Prestes (1997) indica que

Dois influentes naturalistas do XVIII, Lineu e Buffon, de maneira bastante distinta um do outro, envolveram-se com as questões trazidas junto à bagagem dos animais e vegetais coletados nas várias partes do mundo. Se a natureza possui uma ordem que podemos conhecer e que nos habilita a fazer previsões, como organizar uma variedade incessante de espécies? As respostas de Lineu foram aparecendo nas gradativas edições aumentadas e revisadas do *Systema naturae* (1735-1793) e no *Oratio de Telluris habitabilis incremento* (1744); as de Buffon também se acumularam ao longo dos volumes do *Histoire naturelle* (1749-88) (PRESTES, 1997, p. 59).

Ainda segundo Prestes (1997, p. 63-64)

Seguindo um método de classificação prático e fácil, tão esperado e finalmente elaborado por Lineu, naturalistas de vários países da Europa lançaram-se em suas aventurosas viagens de reconhecimento de flora e fauna pelos quatro cantos do planeta. No caso das plantas, o período foi marcado pela elaboração das “floras locais”, inventários regionais de plantas, que deram a conhecer ao mundo, ainda mais claramente, a imensa riqueza e diversidade vegetal.

Essas floras continham rotineiramente uma descrição física e uma história geral da vegetação da região estudada, seguidas da lista de plantas encontradas. A descrição das espécies continha o nome, as características específicas, a sinonímia, elementos descritivos que permitissem a identificação, as variedades, as localidades, as habitações e os usos a que serviam. As informações relativas à distribuição, localidades e habitação, estão, assim, acopladas ou justapostas às informações sistemáticas. Nesse sentido é que aos interesses taxonômicos elas apresentavam importância secundária, sob o ponto de vista teórico; eram, contudo, indispensáveis, sob o ponto de vista prático, por facilitarem a identificação, daí a sua presença no conjunto de dados levantados (PRESTES, 1997, p. 63-64).

O império português, a partir do século XVII inicia uma empreitada para desbravar e demarcar o seu território na América. Para tanto, um dos mecanismos utilizados foi o envio de viajantes para conhecimento das possíveis riquezas disponíveis na então Terra de Santa Cruz. E posteriormente "os estudos efetuados pelos 'brasileiros' formados por Vandelli, para inventariar a flora deste Novo Mundo" (PRESTES, 1997, p. 65) nos séculos XVIII e XIX.

Souza & Marandino afirmam que

Assim como no resto da Europa do século XVIII, Portugal e Espanha possuíam os gabinetes-museus de comparável qualidade. Ainda que defasados, os

países Ibéricos participaram do movimento gerado a partir da Revolução Industrial e das ideias Iluministas, mas, foi necessário adaptar a filosofia às suas respectivas realidades (SOUZA, MARANDINO, 2007, p. 6).

Prestes (1997, p. 66) afirma que

Na última década do século XVIII, começam a aparecer os frutos de novos esforços teóricos para explicar o fenômeno da distribuição dos seres. O botânico alemão, Karl L. Willdenow, publica, em 1792 o seu *Princípios da Botânica*.

E a partir do século XIX, Prestes (1997, p. 67) apresenta que mais especificamente em 1803,

"Treviranus mantém no seu *Biologie*, uma interpretação ahistórica, tratando de 'processos' sob a perspectiva estrita dos agentes físicos, das localidades e habitações. [...] O rompimento com a florística ocorreu apenas com Alexander von Humboldt, em quem a vegetação tornou-se um objeto autônomo de investigação [...] tem-se a grande obra dedicada à discussão sistemática e objetiva dessas questões, no famoso *Essai sur la géographie des plantes*, de 1805."

Todas estas obras entre outras foram importantes para aqueles que se aventuraram nos novos territórios, como é o caso da América Portuguesa, com a identificação, coleta e classificação de novas espécies e a transformação dessas coleções particulares,

gabinetes de curiosidades, museus em hortos e jardins botânicos do Estado Português.

Carvalho (1987, p. 48 apud PRESTES,1997, p. 72) destaca que

Em 1772, o marquês de Pombal nomeou Domingos Vandelli (1735-1816) da Universidade de Pádua como lente para as cátedras de Química e História Natural da Universidade de Coimbra. Vandelli contava em seu currículo com diversos estudos já publicados em História Natural, Medicina e Química, doutorando-se, em Coimbra, em Filosofia e Medicina. Vandelli já havia participado da elaboração do projeto da reforma universitária para lecionar no Colégio Real dos Nobres em Lisboa.

Marques (2009, p. 2492), nos demonstra que

O grande afluxo de estudantes brasileiros à Universidade de Coimbra diminuiu drasticamente a partir do início do século XIX. Este número havia alcançado cifras bem expressivas no século anterior, quando 759 brasileiros lá se matricularam de 1701 a 1750, seguidos por 994 estudantes da mesma origem no período 1751-1800.

Dean (1992, p. 7) destaca que entre estes alunos estava:

Em 1786, Baltasar da Silva Lisboa, um estudante brasileiro de Vandelli, apresentou uma memória sobre “a filosofia natural portuguesa” com “algumas reflexões” sobre o Brasil, na qual recomendou o envio de naturalistas à colônia e aconselhou que eles aprendessem com os índios, que conheciam muitas plantas úteis.

Pataca (2005, p. 149) também esclarece que:

No final do século XVIII, Portugal empreendeu sua maior expedição científica ao Brasil durante seu domínio colonial. No dia primeiro de setembro de 1783 o naturalista Alexandre Rodrigues Ferreira, o jardineiro botânico Agostinho Joaquim do Cabo e os desenhadores José Joaquim Freire e Joaquim José Codina partiram de Lisboa para o Pará nas Charruas Águia e Coração de Jesus a fim de empreender a “Viagem Philosophica pelas capitâneas do Grão-Pará, Rio Negro, Matto Grosso e Cuiaba”. Os membros da expedição tinham como missão recolher e aprontar todos os produtos dos três reinos da natureza que encontrassem e remetê-los ao Real Museu de Lisboa, bem como fazer particulares observações filosóficas e políticas acerca de todos os objetos de viagem.

Marques e Filgueiras (2009, p. 2492) descrevem que Alexandre Vandelli era filho de Domingos Vandelli e se tornou genro de José Bonifácio de Andrada e Silva que também foi aluno de Domingos Vandelli. De acordo com Marques & Filgueiras (2009, p. 2492), ao retornar para o Brasil em 1819, acompanhado de sua família, José Bonifácio organizava o casamento de sua filha para que "pudesse, enfim, realizar seu antigo sonho: livrar-se das atividades burocráticas em Portugal e retornar à terra natal" (MARQUES & FILGUEIRAS, 2009, p. 2492).

Conforme Mattos (2008, p. 18), no ano seguinte, José Bonifácio encaminhou uma carta a Tomás Antonio de Vila Nova Portugal,

então ministro de Dom João VI na Corte do Rio de Janeiro, em determinado trecho “Vossa Excelência está entregue do meu Requerimento para aposentação; e fico esperando a cada hora o seu bom despacho”. Em 1820, José Bonifácio estava com 56 anos, sendo que há 36 anos estava distante da América Portuguesa, declarando-se como vassalo fiel e agradecido, se colocava a disposição dos serviços “ao seu Ótimo Soberano e Pai” (MATTOS, 2008, p. 18-19).

Foram muitos os viajantes, naturalistas, pintores e artistas, não só brasileiros e portugueses que aportaram no Brasil para desbravar esta colônia na América.

Os Jardins Botânicos

De acordo com Bediaga (2007, p. 1133), no mundo, os jardins botânicos ultrapassam o número de 1.800, sendo 30 no Brasil, incluídos deste número os hortos botânicos. E afirma

As origens dos jardins botânicos remontam ao século XVI, quando foram criados com o objetivo de cultivar e estudar plantas de uso medicinal. Buscava-se, então, identificar vegetais com potenciais terapêuticos e comprovar suas propriedades, formando-se assim as primeiras coleções de plantas desidratadas para fins científicos.

Para Souza & Marandino (2007, p. 2), "não há um consenso com a origem dos jardins botânicos. No entanto, concorda com Bediaga (2007), ao afirmar que o primeiro seria *Real Orto botânico della Real Università di Pisa*, Itália, fundado em 1543. Percebendo inclusive a possível influência dos jardins encontramos na América Espanhola.

Souza & Marandino (2007), ao longo do artigo "Aspectos sobre o Papel dos Jardins Botânicos na Consolidação das Ciências Naturais", apresenta um retrospecto de vários jardins botânicos ao longo da história, desde a Antiguidade até os dias atuais. Entre eles destaca-se o jardim para "estudo científico e ensino criado pelo 'pai' da botânica Teofrasto, cerca de 370-285 a.C. como parte de um Liceu, nas proximidades de Atenas" (BYE, 1994 citado por SOUZA; MARANDINO, 2007, p. 3).

Rocha (1999 citado por SOUZA; MARANDINO, 2007, p. 3) indica um "jardim da Roma Antiga (período dos Césares) voltado para o conhecimento botânico, esse jardim pertenceu ao médico e professor Castor e servia como referência para os estudantes". E ainda, o jardim de Tolemei, em Alexandria, os jardins astecas de Iztapalapan e Huaxtepec e também o *Viridarium novum*, denominação do jardim do Vaticano, com fins terapêuticos e medicinais, outros como para colecionismo, tendo como exemplo

o do Imperador Montezuma descrito por Hernán Cortez a Carlos V. (SOUZA; MARANDINO, 2007, p. 2-3)

Bediaga (2007) indica o século XVIII como o marco para na criação dos jardins botânicos nas colônias europeias e sob a administração das metrópoles francesa, inglesa, espanhola e holandesa e destacando a atuação de Portugal e as consequências para o Brasil com a trajetória de Domenico Vandelli e de Rodrigo de Sousa Coutinho.

Bediaga (2007) destaca que

A criação do Jardim Botânico de Ajuda, em 1768, feita com objetivo de implementar a política 'ilustrada' da qual a Coroa era a principal idealizadora, foi um marco da intervenção do Estado português na área das ciências. Juntamente com a reforma da Universidade de Coimbra, em 1772, e a criação da Academia de Ciências, em 1779, formou um tripé em que o movimento 'ilustrado' encontrou formas de aprimorar seu pensamento e, ao mesmo tempo, construir e implementar sua política. (BERDIAGA, 2007, p. 1134-1135)

E afirma que de "fato o 'complexo científico' organizado em torno do Jardim Botânico de Ajuda tornou-se importante centro de recebimento, descrição e cultivo da flora enviada pelas colônias do império português." Este complexo científico, ainda de acordo com Bediaga (2007), citando Sanjad (2003), era formado pelo próprio Jardim Botânico, o Museu de História Natural, o

Laboratório Químico e a Casa de Risco (SANJAD, 2003 *apud* BEDIAGA, 2007, p. 1135).

Bediaga (2007) demonstra que todas estas transformações foram possíveis devido ao contexto histórico da ilustração portuguesa com a reforma do ensino na Universidade de Coimbra, “que passou a ter como objetivos adaptar-se às novas demandas e transformar-se em um centro intelectual de produção científica das ‘Luzes’” (BEDIAGA, p. 1135).

Pereira & Cruz (2009, p. 37) demonstra a importância do jardim e as preocupações do Marquês de Pombal com a utilidade do Jardim Botânico de Ajuda

Se, por um lado, o projeto do Jardim Botânico respondia ao entusiasmo dos professores italianos, por outro, esbarrou no pragmatismo de Pombal que, ao tomar ciência das suas dimensões, alertou D. Francisco de Lemos para os custos do empreendimento, recomendando que deixasse de lado “o luxo botânico”. Invocando os tempos em que esteve pela Europa, Pombal fazia lembrar ao reitor que os jardins botânicos das universidades da Inglaterra, Holanda e Alemanha não eram mais que pequenos recintos com ervas próprias para o uso da medicina. Pombal precava o reitor para que, no jardim da Universidade Reformada, não se repetissem os excessos cometidos “pelos sequazes de Lineu”, cuja “curiosidade já viciosa e transcendente têm arruinado as suas casas para mostrarem o malmequer da Pérsia, uma açucena de Turquia, e uma geração e propagação de aloés com diferentes

apelidos que os fazem pomposos” (PEREIRA; CRUZ, 2009, p. 37).

De acordo com Bediaga (2007, p. 1135)

a Academia de Ciências de Lisboa, criada em 1779, atuou como um catalisador de teorias e práticas científicas e econômicas patrocinadas pelo Estado. Formou-se assim, no período, uma estrutura centralizada que buscava orientar a política ‘ilustrada’ por meio da pesquisa científica com cunho utilitarista, ou, em outras palavras, investia na investigação voltada para produtos que pudessem fornecer retorno econômico.

Bediaga (2007) e Pereira & Cruz (2009) destacam a importância de Vandelli nessa empreitada de reforma da Universidade de Coimbra e a frente da cadeira de História Natural. Para tanto,

publicou uma memória sobre a utilidade de jardins botânicos, em que assinalava a importância da sua criação e concluía que os estudos da botânica eram fundamentais para aplicação na agricultura e exploração dos recursos naturais. A publicação sensibilizou os poderes políticos para que o Jardim Botânico de Ajuda – sob direção do próprio Vandelli – centralizasse os vegetais oriundos de todo o império português, sobretudo as espécies consideradas com potencial econômico (BEDIAGA, 2007, p. 1135).

De acordo com Pereira & Cruz (2009, p. 37), o Marquês de Pombal em carta ao Reitor da Universidade de Coimbra, D. Francisco de Lemos o “advertia”

que “os ditos professores italianos” já haviam idealizado um jardim de plantas junto ao Palácio da Ajuda, “para curiosidade”, o qual “quando eu menos esperava” tinha dado a despesa exorbitante e inútil de cem mil cruzados. O primeiro projeto do Jardim, portanto, foi rejeitado, escolhendo-se outro sítio, de menores dimensões, para sua implantação. (PEREIRA & CRUZ, 2009, p. 37).

Entre os “ditos professores italianos”, conforme descreve Pombal em sua missiva ao Reitor da Universidade de Coimbra, estava Domenico Vandelli a quem coube junto aos demais professores de História Natural, a escolha do local de instalação do Jardim Botânico, a instituição do seu Estatuto para o cultivo de todo tipo de plantas, com destaque para aquelas que fossem “úteis à medicina e às ‘outras artes’ com recomendação especial para que ali se juntassem as plantas dos domínios ultramarinos, ‘os quais tem riquezas imensas no que pertence ao reino vegetal’ (Estatuto *apud* PEREIRA & CRUZ, 2009, p. 37). Entre estes domínios no além-mar, destaca-se a colônia na América Portuguesa e o Reitor deslumbrado com as reformas ao informar o Marquês de Pombal, dizia que “de tantos e tão magníficos Estabelecimentos, que justamente devem atrair os olhos de todas as Nações para a mesma Universidade” informa ainda que, Vandelli confirmou o envio de mercadorias de Pádua, e com isso

“toda a casa será ocupada”. Espero que acrescentando a isto as “coisas do Reino do Brasil e conquistas, brevemente tenha V.a Exa. A satisfação de ver formado um Teatro (da Natureza) que ocupa os desejos dos sábios e do qual a Nação poderá tirar muito grandes vantagens” Braga (1898 *apud* (PEREIRA & CRUZ, 2009, p. 36).

Vandelli (1994) *apud* Pereira & Cruz (2009, p. 36), orientou a criação do Jardim Botânico da Ajuda “destinado inicialmente à educação e ao recreio da família real”.

De acordo com Bediaga (2007), Vandelli também estava à frente

no final do século XVIII, em pleno Iluminismo, iniciaram-se as chamadas ‘viagens filosóficas’, patrocinadas pelo Estado português com o propósito de conhecer, reunir e enviar a Portugal a ‘biodiversidade’ das suas colônias.

Bediaga (2007) informa que Vandelli conseguiu a publicação de obras a partir destas viagens, inserindo nas mesmas orientações aos naturalistas para a coleta, tratamento e transporte das espécies recolhidas. Entre estas viagens esta autora, destaca a de Alexandre Rodrigues Ferreira na região amazônica entre 1783 e 1792 e a importância do material recolhido para as coleções no Jardim Botânico da Ajuda e citando Castel-Branco (2000) lembra que em 1808, o General Junot com a invasão francesa em Portugal,

ordenou o envio de todas as espécies para o *Jardim des Plantes* em Paris.

Bediaga (2007) aponta a importância de Domenico Vandelli e Rodrigo de Sousa Coutinho, não apenas no campo acadêmico, mas também o político, contando ainda com o apoio do irmão deste último, Francisco de Sousa Coutinho que em 1798 era governador do Grão-Pará, implantaram em Belém o primeiro jardim botânico do Brasil. A partir do sucesso deste os demais jardins foram implementados a sua semelhança, foram eles o de Caiena, Olinda e Rio de Janeiro e posteriormente os de Ouro Preto, São Paulo e São Luís e Salvador.

Em 13 de maio de 1808, conforme decreto, a Coroa portuguesa determinava a Fábrica de Pólvora e Fundição de Artilharia na fazenda da Lagoa Rodrigo de Freitas e no mesmo ano e dentro desse local, instalava o jardim botânico do Rio de Janeiro, essa região ficava distante do centro urbano e do Palácio de São Cristóvão, residência da família imperial e também protegendo-a de explosões e possíveis ataques estrangeiros (BEDIAGA, 2007).

Assim percebe-se que foi estratégica a escolha de instalação do Jardim Botânico no Rio de Janeiro na fábrica de pólvora. Bediaga (2007) conclui que esta opção buscava o sigilo das atividades, uma

vez que meses após a fuga da família real portuguesa, as tropas luso-brasileiras invadiram a Guiana Francesa e, sob ordens de D. João, invadiram Caiena e mantiveram intactos o Jardim Botânico La Gabrielle e revidaram o que foi feito em Portugal no Jardim Botânico de Ajuda. A própria criação oficial do Jardim Botânico do Rio de Janeiro só foi realizada por alvará de 1º de março de 1811 e até lá foi nas documentações constavam diversas denominações: “Jardim de Aclimação, Jardim Botânico Rodrigo de Freitas, Real Horto e Jardim da Lagoa, entre outros” (BEDIAGA, 2007, p. 1141-1142).

Considerações Finais

A História Ambiental depende de muitas fontes tanto escritas como materiais, tendo sua metodologia de pesquisa profundamente atrelada à interdisciplinaridade, pois depende de conhecimentos de áreas tão “distantes” quanto a arqueogeologia quanto à botânica e zoologia, sem falar da geografia e climatologia. Reunindo esses conhecimentos de forma diacrônica permite-se auxiliar pesquisa no âmbito da migração humana, sua alimentação e, até de seus processos de doença/cura.

Nesta pequena reflexão, mostramos como o interesse do homem pela ciência levou ao colecionismo, que tinha por maior objetivo

fazer o inventário da Terra, a partir da construção de um teatro da natureza. Para além de recolher, artefatos naturais mortos e empalhados, o ideal era ter esse teatro vivo, aclimatado. A forma encontrada nos jardins botânicos fez ressurgir uma prática milenar que permitia acompanhar de perto o desenvolvimento de espécies botânicas que se encontravam a milhares de quilômetros de distância, mar a fora. Além disso, os jardins botânicos se tornaram objeto de cobiça por guardarem segredos de cura ou da história natural que provocavam a atividade de espionagem, contrabando e furtos.

Nas palavras de Donald Worster (2012, p. 367):
Quando volto os olhos para fora da minha janela, eu vejo uma paisagem rural do cansar em aparente estado de estabilidade. Eventos vêm e vão, mas, o conjunto permanece estável, para os meus olhos, ano após ano. Um grupo de perus selvagens pode passar, ocasionalmente; uma tempestade de vento pode chicotear violentamente as árvores; uma nevasca pode cobrir o solo e depois o sol vir a derreter a neve; porém, o céu não troca abruptamente de lugar com a terra em uma manhã, nem uma fileira de árvores avança repentinamente sobre a casa. Ainda assim, eu sei que existe mudança do lado de fora da minha janela e que a paisagem apresenta mais do que um ciclo sem fim dos mesmos eventos.

Nesse pequeno trecho, ele procura retratar a mudança inerente a qualquer ambiente estável, a ordem inerente a todo o caos. E o olhar que se exige para que se possa ver tal coisa é sutil,

conscienzioso, numa caminhada em busca de entender o desconhecido, como o último olhar de adão ao paraíso, no fim do poema de Milton (2018, p. 493):

Olhando para trás então observam
Do Éden, há pouco seu ditoso asilo,
A porção oriental em flamas toda
Debaixo da ígnea espada, e à porta horríveis
Bastos espectros ferozmente armados.
De pena algumas lágrimas verteram,
Mas resignados logo as expurgaram.
Diante deles estava inteiro o Mundo
Para a seu gosto habitação tomarem,
E tinham por seu guia a Providência.
Dando-se as mãos os pais da humana prole,
Vagarosos lá vão com seu passo errante,
Afastando-se do Éden solitários.

Referências

- AGOSTINHO, Santo. **Confissões**. Petrópolis: Vozes, 2015.
- ANDRADE, Carlos Drummond de. **Claro Enigma**. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.
- BARBUY, Heloisa. Dos Gabinetes de curiosidades aos museus do século XIX. Contexto de florescimento dos museus modernos no Ocidente. *In*: ALMEIDA, Marta; VERGARA, Moema de Rezende. **Ciência, história e historiografia**. São Paulo: Via Lettera; Rio de Janeiro: MAST, 2008.

BEDIAGA, Begonha. Conciliar o útil ao agradável e fazer ciência: Jardim Botânico do Rio de Janeiro-1808 a 1860. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 14, n. 4, p. 1131-1157, 2007.

CAMÕES, Luís Vaz de. **Os Lusíadas: edição comentada por Jane Tutikian**. Porto Alegre: L&PM, 2011.

CAROLINO, Luís Miguel; MONTEIRO, Pedro Eduardo Mesquita Marinho (Org.). **Formas do Império: ciência, tecnologia e política em Portugal e no Brasil. Séculos XVI ao XIX**. Paz & Terra, 2014.

DEAN, Warren. **A botânica e a política imperial: introdução e adaptação de plantas no Brasil colonial e imperial**. Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, 1992.

DRUMMOND, José Augusto Leitão. A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, 4 (8), p. 177-197, 1991. Recuperado de: <http://www.nuredam.com.br/files/divulgacao/artigos/Hist%20Ambiental%20Drummond.pdf>.

HAWKING, Stephen. **Uma breve história do tempo**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

_____. **O Universo numa casca de noz**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2016.

MARQUES, Adílio Jorge; FILGUEIRAS, Carlos AL. O químico e naturalista luso-brasileiro Alexandre Antonio Vandelli. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2492-2500, 2009.

MATTOS, Ilmar Rohloff de. Pensar um império. *In*: GESTEIRA, Heloísa, MARINHO Pedro, CAROLINO, Luis Miguel (org.). **Formas e representações do Império: ciência, tecnologia e política, séculos XVI-XIX**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014. p. 17-39

- MILTON, John. **Paraíso Perdido**. São Paulo: Martin Claret, 2018.
- OLIVEIRA, Fátima. **Saúde da população negra: Brasil ano 2001**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2003. p. 49-91. Disponível no url: <http://www.geledes.org.br/wp-content/uploads/2015/08/0081.pdf>
- PÁDUA, José Augusto. As bases teóricas da história ambiental. **Estudos Avançados**, 24 (68), p. 81-101, 2010. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/09.pdf>.
- PATACA, Ermelinda Moutinho. “A Ilha do Marajó na Viagem Philosophica (1783-1792) de Alexandre Rodrigues Ferreira”. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**. Belém, 1(1), 2005. (pp. 149-169)
- PEDRÃO, Gabriela Bazan; BIZELLO, Maria Leandra. As coleções como patrimônio: um meio para a preservação da história e da memória. **VI SECIN – Seminário em Ciência da Informação**, v. 6, p. 829-840, 2016.
- PEREIRA, Magnus Roberto de Mello; CRUZ, Ana Lúcia Rocha Barbalho da. Ciência e memória: aspectos da reforma da universidade de Coimbra de 1772. **Revista de História Regional**, v. 14, n. 1, 2009.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski. A investigação da natureza no Brasil colônia. **Dissertação**. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.
- PROST, Antoine. **Doze lições de História**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2017.
- SCHULZ, Peter. Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lord Kelvin. **Revista Brasileira de de Esnino de Física**, v. 29, n, 4, p. 509-512, 2007.

SOUZA, Helena Vieira Leitão de. Colecionismo na Modernidade. **ANPUH - Anais do XXV Simpósio Nacional De História** - Fortaleza, 2009. p. 1-9.

SOUZA, Maria Paula Correia de; MARANDINO, Martha. Aspectos sobre o papel dos jardins botânicos na consolidação das ciências naturais. *In: Anais do IX Simpósio da associação ibero-macaronésica de jardins botânicos*, 2007, Coimbra, 2007.

TOWNSEND, Colin; BEGON, Michael; HARPER, John. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Sobre os autores

Frederico Novaes da Fraga

Nasceu em 1997 e, para os padrões modernos, não fez nada de muito relevante desde então. Graduado em Engenharia Elétrica e mestrando em Meio Ambiente, no meio tempo entre uma explicação enfadonha e outra de porque faz todo sentido um engenheiro estudar o meio ambiente, realiza pesquisas em energia, biomassa, história ambiental e intelectual e iluminação. Tem um trabalho publicado sobre a influência da luz de lâmpadas eletrônicas na visão humana.

Angelo Ferreira Monteiro

Mestre em História Social e Graduado em História pela Universidade Severino Sombra – USS (atual Universidade de Vassouras), Professor Assistente III e Pesquisador da Universidade de Vassouras. Editor Executivo da Mosaico – Revista Multidisciplinar de Humanidades da Universidade de Vassouras e Responsável pelo Núcleo de Integração, Empreendedorismo Sociocultural e de Negócios da Universidade de Vassouras. Titular da cadeira nº 7 da Academia de Letras de Vassouras – ALV – Patrono Casimiro Cunha. Membro Colaborador do Instituto Histórico e Geográfico de Vassouras – IHGV. Patrono da Cadeira nº 7 da Academia Juvenil de Letras de Vassouras – AJLV.

Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti

Doutora em História Social, concentração em História Colonial, pela Universidade Federal Fluminense. Professora Adjunta I e Pesquisadora da Universidade de Vassouras. Atua nos cursos de Graduação, Pós-Graduação *Lato Sensu* e no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Capítulo 23 - O Novo Marco Legal do Saneamento Básico

Autores: Joelma Gonçalves Ribeiro; Altivo de Souza Vieira Junior; Leandro Mello Frota; Cristiane Borborema Chaché

Resumo: O Novo Marco de Saneamento básico no Brasil, publicado por meio da Lei 14.026/2020, pretende regulamentar os serviços públicos de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana/manejo de resíduos sólidos, além da drenagem e manejo das águas pluviais. Diante dessa edição legislativa, busca-se neste capítulo, apresentar aspectos – e impactos – das mudanças apresentadas, no âmbito nacional e de seus desdobramentos fáticos e jurídicos no mercado. O novel apresenta metas de universalização no intuito de garantir a 99% (noventa e nove por cento) da população o acesso à água potável e a 90% (noventa por cento) a coleta e tratamento de esgoto – captação e tratamento – impactando, de modo positivo, na qualidade de vida de toda a população. O Pacto Global – Agenda 2030 - traduz a preocupação mundial quanto à finitude dos recursos naturais e reverberou através do ODS-6 a delimitação de metas e ações a fim de guarnecer o princípio da universalização e da integralidade dos serviços. A Resolução nº 64/292, da Assembleia Geral das Nações Unidas, reconheceu o acesso à água potável e segura e ao saneamento como um Direito Essencial.

Alçado à condição de “direito inalienável”, ou seja, garantido como essencial, foi cristalizado em nossa Carta Magna, pelo artigo art. 196, que a Saúde é um direito de todos e dever do Estado. Neste diapasão, as alterações propostas pelo novo marco de saneamento básico servirão como suporte para reformular as políticas públicas no país, prevendo a extinção dos lixões, a regulação e fiscalização dos serviços, a previsão de instituição de normas de referência pela ANA – Agência Nacional de Água e Saneamento Básico e, por consequência, estimular investimentos no setor, trazendo como resultado o bem estar de todos, notadamente das parcelas mais carentes da população brasileira.

Palavras chaves: Agência Federal de Regulação (ANA); Água Potável; Esgotamento Sanitário; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS-6); Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Introdução

Em pleno século XXI, sendo a população global de mais de 7 bilhões de pessoas, infelizmente, ainda enfrenta os desafios, que nos acompanham desde os primórdios da Antiguidade, quais sejam: água suja – imprópria para o consumo humano – e, também, o acúmulo de lixo – e sua potencialidade para a

degradação do meio ambiente e a proliferação de doenças como um todo.

Organismos internacionais vêm dirigindo um olhar ao planeta como um pote de recursos finitos e, aprovaram o documento “Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” fundamentado nos 5 (cinco) eixos de Atuação - Paz, Pessoas, Planeta, Prosperidade e Parcerias.

Desenvolvimento Sustentável encontra-se estampado em nosso ordenamento jurídico no artigo art. 225 da Carta Magna, que impõe ao Poder Público e a coletividade o dever de defender e preservar o Meio Ambiente para as gerações presentes e futuras, norma constitucional, esta, que visa manter a harmonia e equilíbrio entre sociedade e a natureza.

A Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas - ONU, editou a Resolução 64/292, reconhecendo que o acesso à Água Potável - e segura - e ao Saneamento Básico, deve ser a principal via para permitir o Desenvolvimento Sustentável, originando metas e ações para que através dos ODS 6 - alcance a universalização desse acesso para o bem-estar da população, independentemente de sua condição social, econômica ou cultural, de gênero ou etnia.

Para estabelecer a elevada prioridade, destaca-se o fato de que mais de 16% da população brasileira – **quase 35 milhões de pessoas**–, não têm acesso à água tratada e, portanto, adequada às necessidades humanas e, apenas **46% do esgoto gerados no país, são tratados**, ou seja, 100 milhões de brasileiros não tem serviço de coleta e tratamento de esgoto (VELASCO, 2020, *on-line*).

Em coerência com estas metas mundiais, a promulgação da Lei nº 14.026/2020, que trata do Novo Marco de Saneamento Básico, pretende mudar o cenário catastrófico que aflige a toda sociedade, estabelecendo um plano de ações para que a população alcance o acesso à Água Potável e Esgotamento Sanitário adequado e universalizado.

O conceito de Saneamento básico, conforme disposto no inciso I do artigo 3º da Lei nº 11.445/2007, restou definido como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais para abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana/manejo de resíduos sólidos e drenagem/manejo de águas pluviais.

Avanços tecnológicos vêm sendo introduzidos no Brasil a fim de trazer melhores condições de gestão ambiental, assim, deve ser lembrado o desempenho mais eficiente do sistema convencional

de tratamento de esgoto, através de tratamento biológico que otimiza o consumo de matéria orgânica e nutrientes e elimina patogenicias, bem como a utilização de membranas filtrantes de água, a instalação de aparelhos medidores online de qualidade e, ainda, programas de redução de perdas de água tratada. No geral, processos que atendem a universalização dos serviços, conforme preconiza o novo Marco de Saneamento.

O novo Marco de Saneamento busca, através de metas de universalização, o atendimento de (até) 99% da população à água potável e de (até) 90% da população com a coleta e tratamento de esgoto até 2033, bem como a não intermitência do abastecimento, redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento (BRASIL, 2020).

Para isso, define metas, critérios e aspectos técnicos para engajar o setor administrativo público na mitigação dos grandes problemas ambientais urbanos, estabelecendo um prazo limite para que sejam feitas as disposições finais dos rejeitos poluentes, eliminando seus impactos no meio ambiente e na saúde de toda a população.

Confira o panorama geral do Brasil hoje (IAS, 2020 *on-line*):

- ❖ Apenas 6% da rede de água e esgoto é gerida por empresas privadas;
- ❖ Estudos estimam que seriam necessários 500 bilhões de reais em investimentos para que o saneamento chegasse a toda a população;
- ❖ 15 mil mortes e 350 mil internações por ano em decorrência da falta de saneamento básico;
- ❖ 104 milhões de pessoas (quase metade da população) não têm acesso a coleta de esgoto;
- ❖ 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável.

A pandemia do novo coronavírus ajudou a evidenciar as mazelas causadas pela falta de saneamento básico. O Instituto Trata Brasil divulga, em documento produzido por pesquisadores independentes, que a “[...] questão de saneamento básico (água e esgoto) pode ser fortemente ligada à propagação do novo coronavírus” (BRASIL, 2020, on-line).

Estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que “[...] cada R\$ 1,00 (um real) investido em saneamento básico evita a despesa de R\$ 9,00 (nove reais) com tratamentos de saúde”

(FUNASA, 2017, *on line*). O novo marco busca firmar esta realidade, através de meios que deem segurança e estimulem investimentos do setor privado neste setor.

De acordo com previsões do Ministério da Economia (BRASIL, 2020, *on line*) as condições do novo marco legal do saneamento devem possibilitar mais de 700 bilhões de reais em investimentos e gerar por volta de 700 mil empregos no país nos próximos 14 anos.

O novo marco possibilita clareza nas proposições apresentadas em comparação com a legislação de Saneamento em vigor e onde cada alteração impactará a realidade dos Estados, Municípios e Distrito Federal.

O papel da Agência Reguladora Federal

Com a edição da Lei nº 9.984/2000, foi criada a Agência Nacional de Água - ANA, responsável como reguladora das águas de domínio da União (interestaduais, transfronteiriças e reservatórios federais). A ANA tem o objetivo, estabelecido por força de lei, de regular os vários setores usuários de recursos hídricos no país, quais sejam a indústria, abastecimento humano e animal, mineração e irrigação agrícola.

Em seu 20º aniversário e com a aprovação da Lei nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do Saneamento Básico, passou a se chamar Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, mantendo a sigla ANA e incorporando, através do artigo 8, §5º e no artigo 9º, II, da Lei 14.026/2020, na função de “entidade de natureza autárquica dotada de independência”, a incumbência da regulação do Saneamento Básico no Brasil.

A obrigação de regulação dos serviços de Saneamento Básico determina que o prestador do serviço seja submetido ao controle de um agente regulador independente, mesmo que estes serviços sejam prestados por qualquer órgão público.

O artigo 11, III, da Lei Nacional Saneamento Básico - Lei nº 11.445/2007 - mostra que a definição do órgão regulador é condição de validade dos contratos firmados.

A ANA, então, passa a atuar em um novo patamar, uma vez que passará a editar normas de referência de caráter geral que deverão ser levadas em consideração pelas agências de saneamento municipais, intermunicipais, distrital e estaduais.

A Agência tem em a missão de regular o acesso ao bem público, água, assim como a tutela entre a União e estados, bem como a função de articulação federativa. Passou também a emitir Normas

de Referência concernentes ao manejo de resíduos sólidos e a drenagem de águas pluviais em cidades. Conforme enunciado no §1º do art. 4 - A, da Lei 14.026/2020, dentre as Normas de Referência se apresentam:

- ❖ padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico;
- ❖ regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico;
- ❖ padronização dos contratos de prestação de serviços públicos de saneamento básico;
- ❖ redução progressiva e controle da perda de água (BRASIL, 2020).

Para melhor desempenhar este papel traçado pelo novo marco, estudos foram realizados para subsidiar a elaboração destas normas de referência que deverão ser seguidas pelos entes da federação.

Em 2010, a ANA lançou o “Atlas Brasil Abastecimento Urbano de Água”, visando a analisar a oferta de Água a toda a população urbana dos 5.565 municípios do Brasil. Estes dados permitirão

propor ações para a demanda por água até 2025, definindo os investimentos necessários e os arranjos mais adequados a viabilidade de intervenção financeira técnica, que será determinada na agenda de 2021.

Na esteira, em 2017, ANA publicou o “Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas” com o hoje Ministério de Desenvolvimento Regional. Nele, foi analisado o esgotamento sanitário de todos os municípios brasileiros e os impactos decorrentes do lançamento destes nos rios, lagos e reservatórios, escopo de um planejamento estratégico, com ações e metas com horizonte para 2035.

Com a previsão no novo marco da regulação e da edição de normas de referência, busca-se minimizar e combater os seguintes problemas:

- ❖ Ausência de uniformidade na regulação dos serviços de saneamento em nível nacional;
- ❖ Falhas de governança regulatória;
- ❖ Reduzida capacidade institucional de parte das agências (sobretudo municipais, de pequeno porte);
- ❖ Captura do regulador (principalmente pública) (BRASIL, 2020).

A solução adotada pelo novo marco de saneamento é fazer a regulação, através da ANA, por indução em relação aos órgãos regionais, microrregionais e municipais, onde as normas de referência deverão ser adotadas e implementadas pelos demais entes, podendo ainda a ANA oferecer apoio técnico e ajuda financeira.

A Lei fez previsão também de se criar o Comitê Interministerial de Saneamento Básico (CISAB), sob o comando do Ministério do Desenvolvimento Regional, a cargo de implementar a Política Federal de Saneamento Básico, bem como de alocar recursos financeiros, visto que agora é ilimitada a participação da União em fundos de apoio à estruturação de parcerias público-privadas (PPPs).

Por fim, aponta que foi criado por meio de Decreto nº 10.430/2020 de 20 de julho de 2020, o Comitê Interministerial de Saneamento Básico (CISB), que poderá convidar especialistas, pesquisadores e representantes de órgãos e entidades públicas ou privadas para participar das reuniões, prestar informações ou apoiar a execução dos trabalhos, sem direito a voto.

Titularidade e Prestação Regionalizada

A titularidade para a prestação dos serviços de Saneamento no Brasil é um tema singular e que há anos vêm sendo inseridas nos grandes debates de juristas. Para muitos, é claro o posicionamento de que cabe aos Municípios esta responsabilidade, porém estudos convergem no sentido de se firmar uma posição de que a titularidade é determinada pelo interesse.

Partindo por uma análise constitucional verificamos que a Nossa Carta Magna conferiu ênfase à autonomia municipal ao mencionar os municípios como integrantes do sistema federativo (artigo 1º da CF/1988) e ao fixá-la junto com os estados e o Distrito Federal (artigo 18 da CF/1988).

Ainda na esfera constitucional, mais precisamente no artigo 23, IX, verificamos o destaque quanto a competência comum entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios para promover melhorias das condições de saneamento básico, todavia não se observa nenhuma regulação taxativa quanto a competência para a prestação dos serviços de Saneamento Básico no Brasil.

No artigo 241 da Constituição Federal, se observa o direcionamento para a aplicação da titularidade na figura do ente Municipal, quando se estiver diante da prestação de serviços por

meio de gestão associada, através da formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico.

Pela análise do arcabouço constitucional, se depreende que não há menção taxativa quanto à titularidade ser do Município, diferente do que acontece com a determinação de competências inculpidas nos artigos 21 a 24 da Carta Magna.

Diante da obscuridade constitucional, o Supremo Tribunal Federal, na Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 1.842/RJ, que versa sobre a inconstitucionalidade de Lei Complementar nº 87/1997, Lei nº 2.869/1997 e Decreto nº 24.631/1998 do estado do Rio de Janeiro, que transferiu a titularidade do poder concedente para a prestação de serviços públicos de interesse metropolitano ao Estado do Rio de Janeiro, assentou o entendimento e firmou a competência para a prestação de serviço de saneamento básico na responsabilidade dos Municípios.

Ainda destacou que “[...] a função pública destes serviços às vezes extrapola o interesse local e passa a ter natureza de interesse comum no caso de instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões” (BRASIL, STF, 2013). Em contrapartida com a edição do Novo Marco do Saneamento, Lei nº 14.026/2020, observa-se pela leitura do artigo 8º que a

competência sobre o serviço de saneamento básico é destacada a **partir do interesse**¹⁸.

Então, os Municípios e o Distrito Federal exercerão a titularidade dos serviços de Saneamento Básico quando estes se derem a partir do interesse local e quando o interesse for comum à titularidade será exercida pelo Estado em conjunto com os Municípios.

O Novo marco ainda traz a menção de outra forma de prestação de serviço de saneamento, aquela a ser realizada de forma regionalizada, pressupondo uma prestação integrada de um ou mais componentes em determinada região cujo território alcance mais de um município, fato que se observa no artigo 9º, reverberadas a partir de 3 (três) formas, a seguir apresentadas:

- 1) Estado cria região metropolitana, aglomeração urbana ou microrregião por lei complementar, necessariamente entre municípios limítrofes;
- 2) Estado cria unidade regional de saneamento básico por lei ordinária, sem a necessidade de se ter municípios limítrofes;
- 3) União cria bloco de referência por ato regulatório, sem a necessidade de se ter municípios limítrofes. [...] Subsidiariamente aos Estados, e formalmente criado por meio de gestão associada voluntária dos municípios titulares dos serviços, sendo que somente será exercida caso as unidades regionais de saneamento básico não sejam estabelecidas pelo Estado no prazo de 1 (um) ano da publicação a lei nº 14.026/2020 (OAB, 2020).

¹⁸ Grifo nosso.

Avanços concretos já se observam simplesmente da leitura da nova legislação, pois expressa a preocupação da prestação dos serviços de forma regionalizada flexível e com metas delineadas ao alcance de até 2040.

O estímulo à formação de blocos de municípios para realizar o desenvolvimento regionalizado dos serviços de saneamento básico tem o escopo de gerar ganhos de escala e garantir a viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços, com o desiderato de universalização, inclusive mantendo assim o princípio do subsídio cruzado que possibilita que municípios com menor porte econômico e a população de baixa renda tenham acesso aos serviços (OAB, 2020).

Contrato de Programa

A prestação de serviços de Saneamento Básico no Brasil se concretizava com o estabelecimento de regras provenientes do firmamento de contratos chamado Contrato de Programa. Neles contêm regras de prestação e tarifação. Porém, são dotados de fragilidade jurídica e transparência, uma vez que o simples fato de não haver licitação e/ou nenhuma outra forma de se auditar o cumprimento destes, deixava claro serem perenes e rasos.

O Novo marco tornou obrigatório a abertura de licitação, podendo concorrer tanto prestadores de serviço públicos como também os privados, “[...] condicionada à comprovação da capacidade

econômica financeira da contratada, com vistas a viabilizar a universalização dos serviços na área licitada até 31 de dezembro de 2033” (OAB, 2020).

Pela nova lei, a contratualização dos serviços de saneamento básico se dá agora mediante contrato de concessão, e não mais por contrato de programa, conforme previsão do artigo 10º do Novel Legal, a não ser que a prestação for feita por entidade que integre a administração do titular (OAB, 2020).

Assim, o contrato de programa firmado sem licitação, entre os municípios e empresas estaduais de saneamento ficou extinto, bem como aqueles realizados por convênio, termo de parceria ou qualquer outro instrumento de natureza precária. Porém, os contratos de programa ainda em vigência terão um prazo de até 31 de março de 2022, para viabilizar a inclusão das metas de universalização, como forma de garantir a segurança jurídica e o efetivo cumprimento no novel legal.

As metas de universalização com o fim de se alcançar são:

- ❖ A cobertura de 99% para o fornecimento de água potável;

- ❖ A cobertura de 90% para a coleta e tratamento de esgoto, calculadas de acordo com a população da área atingida pela cobertura,
- ❖ A não interrupção dos serviços;
- ❖ A redução das perdas e melhorias no processo (BRASIL, 2020).

Política Nacional de Resíduos Sólidos - Fim Dos Lixões

Um dos maiores problemas ambientais do país está na destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Aliás, não se pode confundir destinação adequada dos resíduos sólidos - aterro sanitário - com lixão - forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos.

Estes problemas afetam diretamente a vida de cada cidadão deste País, visto que a destinação inadequada dos resíduos - lixões - podem causar contaminação dos solos, lençol freático, proliferação de doenças tais como a leptospirose, amebíase, dentre outras, ou seja, envolve tanto problemas de ordem ambiental quanto de saúde.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) já apontou que o investimento direcionado ao Saneamento Básico, qual seja, “[...] o

investimento de R\$ 1,00 (um real) é o suficiente para economizar R\$ 9,00 (nove reais) em Saúde” (FUNASA, 2017, *on-line*). Mas que para isto aconteça, precisa-se de um plano de ações e metas para se materializar. Assim se atingirá as metas propostas de universalização ao acesso destes serviços, sendo, no entanto necessário se direcionar as propostas apresentadas pelo novo marco, bem como nas ações desenhadas pelo Pacto Global no ODS 6.

Uma das mudanças introduzidas pelo novo marco legal foi à alteração do prazo estipulado na Política Nacional de Resíduos Sólidos para a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos para 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que já tenham elaborado o plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, conforme leitura do artigo 54 da Lei que estipulou o novo marco regulatório do saneamento.

Importante destacar outra informação relevante introduzida pelo novo marco, qual seja a estipulação de prazo diferenciado para quem tem elaborado o plano intermunicipal de resíduos sólidos ou o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, aplicáveis de acordo com os critérios de tamanho e localização do município, prazos estes diferenciados para cumprimento desta

determinação, definidos entre 02 de agosto de 2021 e 02 de agosto de 2024.

Plano Municipal de Saneamento Básico

No ano de 2017, após anos de debate, foi sancionada a Lei nº 11.445, que estabeleceu novas diretrizes nacionais para o saneamento e definiu o planejamento dos serviços a fim de alcançar a universalidade dos serviços, ou seja, esta lei era considerada o marco regulatório para o setor de saneamento do Brasil.

A partir da edição desta Lei, todos os municípios deveriam elaborar suas políticas públicas voltadas à compreensão da universalização traçada pela legislação, e reproduzir esta filosofia na confecção, por meio da edição, de Planos Municipais de Saneamento Básico, contemplando os seguintes serviços:

- ❖ Abastecimento de água potável;
- ❖ Esgotamento sanitário;
- ❖ Limpeza Urbana e manejo de resíduos sólidos;
- ❖ Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Para a confecção do documento - Plano Municipal de Saneamento Básico - se pretendia fazer um diagnóstico que embasasse um planejamento de curto, médio e longo prazo. Identificaria as deficiências e necessidades locais para se trabalhar as políticas públicas municipais para mitigar o cenário encontrado e alcançar a universalidade de acesso previsto para até 2018.

Este prazo foi alterado com a edição do Decreto nº 9.254/2017, prorrogando para até 31 de dezembro de 2019, a exigência da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico, sem, contudo, ter o risco de perder acesso a recursos orçamentários provenientes da União.

O novo Marco de Saneamento Básico trouxe breves alterações quanto ao tema, mais especificadamente quanto à disposição de apoio técnico e financeiro por parte da União, aos Municípios a fim de subsidiar tecnicamente e financeiramente, estes, para a elaboração de seus respectivos Planos Municipais.

Observa-se a partir da leitura dos parágrafos 3º e 4º do artigo 13º da Lei 14.026/2020 de que os Municípios, na prestação dos serviços públicos de saneamento, necessitarão de aprovação do Poder Executivo, para os contratos de concessão e da Câmara dos Vereadores, quando se tratar de privatização, para obterem

prioridade na alocação de recursos federais. Respectivamente atrela esta prioridade de obtenção de recursos quando o Município elege agente regulador de outro ente federativo.

Com a introdução destes parágrafos no novel, e com a revogação do decreto nº 7.217/2010, ficou condicionado de que após 31 de dezembro de 2022 os Municípios só terão acesso aos recursos orçamentários da união com a existência do Plano Municipal de Saneamento Básico, conforme se depreende do Decreto nº 10.203/2020.

Essas alterações vieram para reduzir as fragilidades dos Municípios e possibilitá-los por meio do apoio técnico e financeiro, a elaboração de Planos Municipais de Saneamento, condizentes com as necessidades locais. Estes recursos serão imprescindíveis na implementação de ações e metas de um planejamento estratégico que visa a curto, médio e longo prazo subsidiar e instrumentalizar políticas públicas locais para que o acesso a água potável e saneamento básico cumpra as métricas estabelecidas tanto no Pacto Global, quanto nas premissas do novo marco.

Pacto Global da Água

A ONU, em 2015, lançou um plano ousado para o Milênio, refletindo os princípios diretores e norteadores voltados para os 5 Princípios Mundiais: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias, calçados no tripé da sustentabilidade: social, econômico e ambiental, como subsídio para que o desenvolvimento sustentável seja inserido como norteador de políticas públicas em todo o mundo.

Para isso foram apresentadas propostas traçadas por meio de metas e ações para mitigar os problemas que aflige a todas as nações mundiais, concretizadas a partir da criação de objetivos de desenvolvimento sustentável, dentre eles o Brasil, países aderiram a estas propostas apresentadas a fim de se alcançar o desenvolvimento mundial sustentável até 2030.

A Assembleia Geral das Nações Unidas, através da resolução nº A/RES/64/2923, reconheceu o acesso à água potável e segura e ao saneamento básico como direitos essenciais para o gozo pleno da vida e de todos os direitos humanos.

A preocupação do acesso à água potável e saneamento ultrapassa a esfera Nacional de um País, reflete um problema mundial, onde a internalização destes objetivos são imprescindíveis, pois ultrapassamos a era do antropocentrismo para imergir na era do

ecocentrismo, onde os seres humanos estão intimamente ligados com o meio biótico onde vivemos.

A Carta Magna garantiu a todo cidadão brasileiro o direito a saúde, firmado no art. 196 da CRFB: “[...] é direito de todos e dever do Estado, sendo indiscutível a relevância do serviço público de saneamento básico para tal desiderato”, atrelado ao princípio da dignidade da pessoa humana e aos direitos fundamentais do cidadão brasileiro.

O Pacto Global assim apresentou o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS 6 - Água Potável e Saneamento - que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento, a fim de garantir água potável e saneamento básico de forma universalizada.

A Plataforma Ação pela Água visa colaborar para a construção de uma agenda de governança em água, onde apresenta estatísticas da realidade a fim de subsidiar a tomada de decisões na busca de se desenvolver projetos com o objetivo de atingir as metas dos ODS 6 e melhorar os níveis apresentados.

Esses dados, nortearão os novos caminhos, a serem trilhados para a proteção de nascentes, rios e bacias, cooperação internacional,

bem como no desenvolvimento de tecnologias de tratamento de água.

Figura 1 – Linhas de atuação 2020.



Fonte: Organização das Nações Unidas – ONU.

No Brasil, passos no sentido de se desenvolver tecnologias de tratamento de água, são exemplos de ações voltadas ao compartilhamento de inovações, onde apresentamos 5 (cinco) delas que vieram auxiliar o saneamento aqui no Brasil, quais sejam:

- 1 A utilização de processos com biomassa aeróbica granular**, nomeada “Nereda” pela empresa que a desenvolveu, introduzida no país pela BRK Ambiental.

Cujo objetivo principal é a remoção não só da matéria orgânica, assim como do fósforo e do nitrogênio, colaborando para a preservação dos recursos hídricos¹⁹.

- 2 **Sistema MBBR (Moving Bed Rio-Reactor)** que consiste na utilização de pequenas peças plásticas introduzidas dentro dos reatores, criando uma maior população de microrganismos que auxilia no tratamento²⁰.
- 3 **Membranas filtrantes de água**, utilizada em substituição aos filtros de areia, permitindo uma redução significativa da área ocupada pela estação de tratamento de água (ETA). Todavia para a implementação desta tecnologia, demanda um custo muito alto²¹.
- 4 **Medidores online de qualidade de água**, por meio de sensores online ligados a um display, para a obtenção de informações quanto à temperatura, concentração de sais, cor, turbidez, pH, cloro residual, dentre outras. Facilitando o controle das etapas de tratamento da água e esgoto²².

¹⁹ Grifo nosso.

²⁰ Grifo nosso.

²¹ Grifo nosso.

²² Grifo nosso.

- 5 **Programas de redução de perdas de água tratada,** utilização de sensores de pressão, sistemas acústicos e até imagens de satélites, onde os algoritmos gerados servirão de base para encontrar as anormalidades da rede e realizar os devidos reparos²³ (PORTAL SANEMANETO BÁSICO, 2019, *on-line*).

Todas as tecnologias acima apresentadas buscam otimizar o processo e substituir os tratamentos convencionais no intuito de ocupar menos espaço para as instalações das Estações de Tratamento e Esgoto - ETA - reduzir o gasto com energia e firmar a operacionalidade do processo de forma mais automatizada.

Esta pandemia impacta fortemente a Agenda 2030. Amplia a pobreza e a desigualdade social, limita a disponibilidade de serviços médicos e gera prejuízos à saúde da população mundial. Esperamos que a crise gere reflexão e uma mudança generalizada de comportamento para que o mundo, mesmo com todas essas dificuldades, consiga atingir os ODS nesses 10 anos que temos até 2030. Como a maior iniciativa de sustentabilidade corporativa do mundo, o Pacto Global está buscando mobilizar as empresas em

²³ Grifo nosso.

ações de apoio neste momento tão crítico da sociedade brasileira e mundial.

A Organização das Nações Unidas - ONU - apresenta o seguinte cenário, fruto do trabalho do grupo temático *Água*, com dados reais destacando o importante papel das empresas para mudar esta atual conjuntura seja ela através de tecnologias ou na ajuda mutua para o desenvolvimento de projetos colaborativos para reduzir o caminho e tempo para se concretizar os objetivos traçados no Paco Global e no novo marco de saneamento básico, vejamos, conforme figura 2.

Figura 2 – Linhas de atuação 2020.

ÁGUA E SANEAMENTO

O GRUPO TEMÁTICO **ÁGUA** ALMEJA TRANSFORMAR:



O CENÁRIO ATUAL, DE ELEVADO DESPERDÍCIO E ESCASSEZ DE ÁGUA, ESPECIALMENTE EM ALGUMAS REGIÕES MAIS VULNERÁVEIS.

v

PARA O CONTEXTO BRASILEIRO, O ALCANCE DO ODS 6 É DESAFIADOR.
AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO BRASIL DETÊM



v



35 MILHÕES

DE CIDADÃOS
NÃO TÊM ACESSO
A ÁGUA POTÁVEL

v



100 MILHÕES

NÃO POSSUEM
SANEAMENTO
ADEQUADO

AS EMPRESAS PODEM DESEMPENHAR UM PAPEL FUNDAMENTAL NESTE CENÁRIO AO INVESTIR EM:



Tecnologias e soluções inovadoras para a gestão da água dentro das suas operações e em sua cadeia de valor.



Participação em **ações coletivas**, a fim de criar **projetos em conjunto**.



A busca por resiliência a situações de **escassez hídrica** gera oportunidades para serviços e **produtos disruptivos**.

Fonte: Organização das Nações Unidas – ONU.

Considerações Finais

Este estudo mostrou as importantes modificações introduzidas pelo novo marco de saneamento básico, e acima de tudo, como ela impacta diretamente na vida e relação das pessoas.

A gestão da água e do saneamento no Brasil é tema delicado, frente aos direitos humanos garantidos pela norma constitucional, pois seus efeitos dependem de cumprimento de ações que atendam à requisitos técnicos, ambientais, sociais e econômicos, a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável.

A busca de universalizar o acesso é uma questão de primeira ordem e de extrema urgência e os desafios é uma tarefa que dependerá dos esforços mútuo de vários segmentos: público, privado e da sociedade civil organizada.

Insignificantes foram os investimentos nestes últimos anos, frente as oportunidades de negócios, a geração de empregos e rendas e os benefícios a saúde, ao meio ambiente e qualidade de vida.

Necessário alinhar a retomada dos investimentos, com as melhorias de governança do setor e um planejamento para alocação correta destes recursos.

É preciso refletir, em estudos futuros, se a abertura do mercado de saneamento para empresas privadas, conseguiu melhorar os índices atuais, e garantir a universalização ao acesso.

Referências

BRASIL, Água Sustentável. **Canumã** Disponível em <<https://canuma.com.br/senado-aprova-novo-marco-legal-do-saneamento-basico/>>. Acesso em 29 nov. 2020.

BRASIL, Comissão Especial de Saneamento, Recursos Hídricos e Sustentabilidade - Cartilha Saneamento Básico - **Ordem dos Advogados do Brasil** - OAB Nacional, 1ª Edição, 2020, Coordenada por Leandro Mello Frota e Rodrigo Santos Hosken.

BRASIL, Fundação Nacional da Saúde - **Funasa** - Disponível em <http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false>. Acesso em: 26 nov. 2020.

BRASIL, Planalto, **Lei 14.026/2020**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm >. Acesso em 29 nov. 2020.

BRASIL. **Ação Direta de Inconstitucionalidade 1.842 Rio de Janeiro**. Supremo Tribunal Federal Disponível em: <<http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=630026>>. Acesso em 26 nov. 2020.

BRASIL. As 5 tecnologias que estão revolucionando o saneamento no Brasil **Portal Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/tecnologias-saneamento-brasil/>>. Acesso em 26 nov. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 9.254/2017** Planalto. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9254.htm>. Acesso em 29 nov. 2020.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional** – Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em 20 nov. 2020

BRASIL. **Novo Marco de Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais>>. Acesso em 22 nov. 2020.

BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/>>. Acesso em 29 nov. 2020.

BRASIL. Saneamento é saúde. **Instituto Trata**. Brasil, Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/>> Acesso em 23 nov. 2020.

BRASIL. Senado Federal. **Agência Senado**. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/06/24/senado-aprova-novo-marco-legal-do-saneamento-basico>>. Acesso em 29 nov. 2020.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento** – SNIS – Disponível em: <<http://snis.gov.br/>>. Acesso em 29 nov. 2020.

CÂMARA, J. A.; NOHARA, I. P. **Tratado de direito administrativo**: licitação e contratos administrativos. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais. (Tratado de direito administrativo; v.6/ coordenação Maria Sylvia Zanella Di Pietro). 2014.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO (FIA). Sociedade 5.0: o que é, Objetivos e Como funciona: **FIA** Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/sociedade-5-0/>>. Acesso em 26 nov. 2020.

HEINEN, Juliano. Saneamento Básico. **Conjur** Disponível em: - <https://www.conjur.com.br/2020-set-29/heinen-quem-prestar-servico-saneamento-basico-brasil#_ftn1/>. Acesso em 23 nov. 2020.

IAS. Senado aprova novo marco legal do saneamento básico. **Instituto Água Sustentável**. 2020. Disponível em: <<https://aguasustentavel.org.br/publicacoes/blog/62-senado-aprova-novo-marco-legal-do-saneamento-basico-confira-os-principais-pontos.>> Acesso em: 25 de nov. 2020.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 18ª ed. São Paulo, Malheiros, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Plataforma Agenda 2030 – ONU/ Brasil – <<http://www.agenda2030.org.br/>> Acesso em 20 nov. 2020.

Organização das Nações Unidas (ONU). Desenvolvimento Sustentável. **ONU/ Brasil**. 2020 Disponível em: <<https://brasil.un.org/>>. Acesso em 29 nov. 2020

REIS, Hélen. Saneamento 4.0 - O que esperar com a indústria 4.0 e a Sociedade 5.0. **Engenharia 360**. Disponível em: <<https://engenharia360.com/saneamento-4-0-o-que-esperar-com-a-industria-4-0-e-a-sociedade-5-0/>>. Acesso em 26 nov. 2020.

Saraiva, Coleção Saraiva de legislação. **Legislação de Direito Ambiental**, Constituição da República Federativa do Brasil, 12ª Edição, 2019, Saraiva Jur.

VELASCO, Clara. Raio X do saneamento do Brasil: 16% não tem água tratada e 47% não tem acesso à rede de esgoto. **Portal da economia, G1**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/06/24/raio-x-do-saneamento-no-brasil-16percent-nao-tem-agua-tratada-e->

[47percent-nao-tem-acesso-a-rede-de-esgoto.ghtml.>](#) Acesso em: 25 de nov. de 2020.

Sobre os autores

Joelma Gonçalves Ribeiro

Graduada em Direito pelo Centro de Ensino Superior de Valença (2002). Diretora do departamento de Direito Ambiental - Sobrosa e Accioly Advogados Associados, Presidente do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente - COMDEMA - Três Rios/RJ e Presidente da Comissão Direito Ambiental - 14 SUBSEÇÃO OAB/RJ. Mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras (UniV).

Altivo de Souza Vieira Junior

Geólogo e Empresário; Pós-Graduando em Engenharia de Minas; Ex-professor de Geomorfologia na UFJF.

Leandro Mello Frota

Advogado, Professor, Mestre, em Ciência Política, Presidente da Comissão de Saneamento Básico, Recursos Hídricos e Sustentabilidade da OAB Nacional.

Cristiane Borborema Chaché

Doutora em Sociologia e Direito pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (UniV).

Capítulo 24 - Hotelaria e Sustentabilidade: O Que Mudou Com Pandemia de Covid-19?

Autores: Ana Carolina Roma do Carmo; Paloma Martins Mendonça; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: Os resíduos sólidos são questões ambientais em evidência dentro do cenário de alto quantitativo de geração destes, associados ao aumento populacional, como também da ausência de consciência ambiental do indivíduo e da coletividade, a qual inclui destinação e disposição finais ambientalmente adequadas dos resíduos e rejeitos. Inclusive, neste ano completou 10 anos da publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, correspondente a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, sem que verifique mudanças representativas e cumprimento das metas, como extinção total dos lixões. Considerando a observação acima, alcançamos o setor de turismo e hotelaria através do modelo experimental, Hotel Santa Amália, no ano de 2018 com projetos destinados aos resíduos orgânicos e recicláveis, como transmite a relevância do conceito de sustentabilidade por diferencial neste meio, incluindo a percepção de mercado. O avanço desta pesquisa direciona a continuidade das observações anteriores, que segue o mesmo molde de pesquisa in loco e a vivência da pandemia, além

das respectivas literaturas. Assim, adiciona ainda a situação da COVID-19, que demonstra a necessidade de um novo normal em um contexto geral, sendo restringido neste estudo ao setor acima mencionado – turismo e hotelaria, mais especificamente no interior do estado do Rio de Janeiro, na região do vale do café. Contudo, a proposta descreve o avanço da pesquisa inicial dos resíduos sólidos no modelo experimental, com foco na educação ambiental e sustentabilidade, em especial dentro da vivência do novo normal a partir da transmissão do vírus SARS-CoV-2.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Sustentabilidade; Hotelaria; COVID-19.

Introdução

Segundo Dicionário Escolar da Língua Portuguesa (2008), o meio define por ambiente físico natural de um determinado ser vivo, como animal e próprio homem; enquanto ambiente relaciona ao meio acima definido, isto é, relativo ao meio em que vivemos. Assim, considerando a mesma referência, meio ambiente é “conjunto de condições naturais, em determinada região, ou na esfera global, e das influências sobre os organismos vivos e os seres humanos, de que correm sua preservação, saúde e bem

estar”, inclusive reafirmada pela definição legal da Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.

“meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981).

A partir da compreensão da definição acima, podemos enfatizar os resíduos sólidos por uma problemática ambiental preocupante, pois a geração destes acompanha o crescimento populacional, como também o comportamento da sociedade. Vale a ressalva da diferença entre resíduos sólidos e rejeitos, que foca na possibilidade ou não, respectivamente, de reutilização, reciclagem e aproveitamento energético, por exemplos (BRASIL, 2010).

Considerando os meios urbanos, o principal desafio do gerenciamento dos resíduos é reciclar a maior quantidade possível, a fim de que reduza significativamente disposição em aterros sanitários (INÁCIO & MILLER, 2009), como também aterros controlados e lixões, o que torna ainda mais preocupante esta situação. Ainda, segundo Inácio & Miller (2009), o gerenciamento adequado garante uma maior vida útil dos aterros sanitários, que leva a uma redução de custos operacionais e otimização de espaços.

O setor de hospedagem e turismo associa diretamente com os resíduos sólidos urbanos, que enfatiza devido ao maior quantitativo gradativo a partir do atendimento de mais clientes/hóspedes. Estes passam rapidamente por um determinado espaço em busca de lazer, descanso, ou até mesmo trabalho, porém, nesta última situação a utilização dos hotéis transmite o momento de descanso.

A sustentabilidade empresarial é o “conjunto de ações e políticas empresariais economicamente sustentáveis e socialmente responsáveis que garanta o desenvolvimento sustentável”. (CABRAL, 2020). Complementando que esta se encontra intrínseca ao desenvolvimento do negócio, o que direciona sua importância em empresas que trabalham em vista do desenvolvimento sustentável, de acordo com a mesma citação anterior. Vale ressaltar que todas deveriam pensar desta forma.

Contudo, este capítulo apresenta o acompanhamento de um estudo de caso do Hotel Santa Amália, iniciado em 2018, que possibilitou uma continuidade em associação do atual cenário de pandemia de COVID-19. Este indicou, inicialmente, o foco por resíduos sólidos, mais especificamente orgânicos e recicláveis, como expandiu de forma significativa em ações sustentáveis diversas, até mesmo no alcance da vizinhança local. Inclusive, este

objetivo mostrou ainda mais essencial na transmissão do vírus SARS-CoV-2, pois a origem desta nova doença associa ao meio ambiente, mais especificamente com a ação antrópica o influenciando.

Conceitos Gerais

Dentre os conhecimentos importantes, temos os seguintes: meio ambiente propriamente dito, resíduos sólidos, hotelaria e turismo, sustentabilidade e pandemia de COVID-19, além da educação ambiental por instrumento de transformação das concepções do indivíduo e da sociedade, como um todo, alcançando a consciência ambiental.

Desenvolvimento Sustentável: um investimento gradual dos empreendimentos

Inicialmente, o termo ‘sustentável’ definido por “que pode ser sustentado, mantido” (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, 2008), que se aplica a quaisquer aspectos relacionados ao negócio e ao próprio indivíduo; afinal, deve-se ser sustentável de forma econômica, social, política e ambiental, como os principais exemplos. Neste estudo iremos focar na sustentabilidade

ambiental, a qual associa, simultaneamente, meio ambiente, economia e sociedade.

O desenvolvimento sustentável se difunde rapidamente no mercado, como agora vem alcançando as concepções dos consumidores, o que leva o mesmo por investimento dos empreendimentos nas mais diversas áreas, incluindo hotelaria e turismo, que é o foco deste estudo. Tal estudo passa por um histórico descrito abaixo:

“A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, teve como objetivo discutir temas relacionados às questões ambientais. Nessa conferência foi divulgado mundialmente o conceito de Desenvolvimento Sustentável como um princípio que harmoniza a atividade econômica e a proteção ambiental, a fim de atender não só as gerações atuais como também as futuras. Conceito este que foi formulado antes dos anos 80 pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), no relatório intitulado ‘Nosso Futuro Comum’, também conhecido como Relatório de Burtland” (FREITAS, 2010).

De acordo com WWF-Brasil, o desenvolvimento sustentável tem por definição mais aceita: “desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações”; complementando que é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Ainda, segundo a mesma referência, duas informações são interessantes para serem compartilhadas:

“Muitas vezes, o desenvolvimento é confundido com crescimento econômico, que depende do consumo crescente de energia e recursos naturais. Esse tipo de desenvolvimento tende a ser insustentável, pois leva ao esgotamento dos recursos naturais dos quais a humanidade depende.

[...]

O desenvolvimento sustentável sugere, de fato, qualidade em vez de quantidade, com a redução do uso de matérias-primas e produtos e o aumento da reutilização e da reciclagem.”

Segundo Palme & Tillman (2008), as ações ambientais se alinham com corporativismo a partir do foco do desenvolvimento sustentável na transmissão de credibilidade, responsabilidade e melhoria contínua nas empresas. Porém, considerando Post e Altman (1994), transmite uma situação de ausência de investimentos em questões ambientais dos empreendimentos, pois os benefícios obtidos indicam efeitos financeiros a longo prazo, sendo assim pouco visível pelos empresários. Desta forma, no ano de 2020, é possível observar uma maior aceitação deste cenário e este investimento mais presente na equação de permanência dentro do mercado concorrente, seja em qual setor for. Inclusive, adiciono a possibilidade de uma atuação mais efetiva deste desenvolvimento após o novo normal, isto é,

mudanças necessárias em meio ao pânico da pandemia de COVID-19.

Concluindo que a preocupação com meio ambiente ainda está associada com fins lucrativos, não em prol da conservação ambiental (como deveria ser) (CARMO, 2019); porém a maior aceitação justifica pela evolução da consciência ambiental perceptível, gradativamente, na população (FREITAS, 2010). Ainda, chegaremos ao alcance individual sobre questões ambientais, o que levará a melhoria da condição vital coletiva.

Resíduos Sólidos: conhecimentos gerais em prática

Antes de qualquer informação, neste primeiro momento apresenta as definições legais de resíduos sólidos e rejeitos, para que confirme a diferença entre eles, mencionada na introdução.

“XV - Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos e semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou

exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010).

Ainda, complementando as informações preliminares, o termo ‘lixo’ é destinado aos resíduos sólidos de forma popular, pois muitos desconhecem a diferença explicada acima. Inclusive, o termo ‘lixo’ se define por “tudo o que não tem mais serventia” ou “aquilo a que não se dá valor” (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, 2008). Sendo assim, este termo é utilizado erroneamente pela população, a qual deveria ter acesso à informação acima.

Quanto às soluções adequadas aos resíduos e rejeitos, estas são, respectivamente, destinação e disposição final ambientalmente adequada. A diferença nestes termos encontra-se na possibilidade de reutilização, reciclagem, aproveitamento energético, enquanto outra apenas pode ser destinada aos aterros sanitários (BRASIL, 2010), exceto lixões e aterros controlados, os quais serão detalhados posteriormente.

Dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, a qual direciona todos os aspectos relacionados aos mesmos, existe o artigo 9º, que apresenta a ordem de prioridades das destinações e disposição finais, além da maneira inicial de repensar a necessidade de determinada compra:

não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos. Complementando que a geração dos mesmos se encontra em evidência, isto é, preocupação mais ampla pela sociedade, porém, ainda não alcançou a totalidade, o que deve ocorrer o mais rápido possível a partir do aumento da geração do resíduo (lixo) diretamente relacionado com quantitativo populacional (CARMO, 2019). Sendo assim, fica mais evidente nesta continuidade o quanto ainda temos muito a modificar em nosso cotidiano em prol da conservação do meio ambiente, como a própria sociedade negligencia algo que é importante para garantir uma melhor qualidade de vida.

Os geradores também são definidos nesta política acima mencionada, que descreve da seguinte maneira: “pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo” (BRASIL, 2010). Logo, é perceptível nos considerarmos geradores, pois consumimos constantemente, isto é, “não existe ação antrópica sem a geração dos resíduos” (CARMO, 2019). Vale a ressalva que existem locais com gerações mais representativas, como hotéis, os quais são foco deste estudo.

Existem dois termos associados à organização de todo o processo de geração, segregação, coleta, armazenamento, transporte e destinação e disposição final dos resíduos sólidos, os quais são definidos abaixo:

“X - Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as condições política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010).

Sendo assim, estes se associam no direcionamento do acompanhamento completo do gerenciamento dos resíduos sólidos, incluindo a segregação, e identificação deles, para que garanta o desenvolvimento sustentável em prol da conservação ambiental.

Contudo, os resíduos sólidos são questões de relevância em qualquer ambiente, pois estes acompanham o crescimento populacional, a qual deve mudar seus hábitos, garantindo as

melhores condições ambientais. Fica o questionamento da possibilidade de espaço destinado aos aterros sanitário a médio e longo prazo a partir da permanência do atual comportamento da população.

Resíduos orgânicos e compostagem

Dentre os resíduos sólidos enfatiza os orgânicos, que correspondem a mais de 50% do total destes urbanos gerados no Brasil, de acordo com Ministério do Meio Ambiente. Inclusive, o mesmo órgão evidencia que menos de 2% são destinados ao processo de compostagem. O cenário acima apresentado indica a importância das abordagens abaixo.

“Os resíduos orgânicos são biodegradáveis, isto é, se decompõem por ação microbiológica e de pequenos animais e invertebrados quando dispostos no ambiente natural. Nem por isso podemos concluir que são resíduos que não merece grande atenção quanto aos potenciais impactos ambientais e para a saúde” (INACIO & MILLER, 2009).

É possível observar a transmissão e confirmação da relevância destes resíduos, os quais ainda são definidos por resíduos domiciliares a partir da origem, como este associa aos demais tipos: resíduos sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, além da possibilidade de alcance dos

resíduos industriais, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A compostagem é “processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico, tendo como produto final o composto orgânico” (ANVISA, 2018), a qual é a técnica ambiental adequada aos resíduos orgânicos a partir da ocorrência de menor impacto ao meio ambiente. Vale ressaltar que a citação encaminha a definição para uma situação voltada aos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), os quais enquadram no grupo D, como neste cenário vislumbra a alternativa, mesmo com o alto potencial de contaminação dos demais grupos: A, B, C e E.

Considerando uma definição mais completa, a qual permite maior entendimento deste processo ambiental/biológico, as mesmas seguem abaixo com enfoque da engenharia ambiental:

“Mas todas [definições] ressaltam o caráter aeróbico e termofílico, o que exclui totalmente processos anaeróbicos. Sendo assim, a compostagem é um processo de biodecomposição de matéria orgânica dependente de oxigênio e com geração de calor, levando a temperaturas típicas de 50 °C e a 65 °C, e picos que podem chegar a mais de 70 °C” (INACIO & MILLER, 2009).

“A compostagem é um processo biológico e de ecologia complexa por envolver grupos variados de microrganismos em sucessão que transformam o substrato em decomposição e que afetam e são afetados pelos fatores físicos e bioquímicos

envolvidos durante o processo” (INACIO & MILLER, 2009).

Ainda, de acordo com Inacio & Miller (2009), existem quatro etapas neste processo, que são as seguintes: inicial, termófila, mesófila e maturação, as quais tem uma dependência associada a alguns fatores, como exemplo principal a temperatura.

Com isso, a compostagem é uma tecnologia ambiental de solução imediata sobre os resíduos sólidos, mediante o quantitativo de geração diária da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (CARMO, 2019). Vale ressaltar que a coleta seletiva desta fração é indispensável na busca da garantia da eficiência deste processo, como o custo benefício desta ocorrência (INACIO & MILLER, 2009).

Resíduos recicláveis e reciclagem

Antes da explanação deste tópico, levanta a diferença entre reciclagem e reutilização a partir das definições legais da Política Nacional de Resíduos Sólidos, conforme mencionado abaixo:

“**XIV – Reciclagem:** processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas

propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes (...)

[...]

XVIII - Reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes (...)" (BRASIL, 2010).

Sendo assim, a diferença básica é na ocorrência ou não de transformação do material de origem, que ainda a reutilização entra por prioridade, seguida pela reciclagem (BRASIL, 2010). Porém, vale enfatizar que ambas têm sua importância dentro do cenário nacional a partir do constante crescimento populacional e, conseqüentemente, da geração dos resíduos, em especial embalagens dos produtos consumidos. Afinal, nós buscamos a facilidade, sem que tenha o devido reconhecimento da situação ambiental, a qual influencia diretamente a qualidade de vida.

Agora, os resíduos recicláveis também se enquadram em diversos tipos a partir da condição origem (BRASIL, 2010). Como adiciono que o mesmo, incluindo os resíduos orgânicos, não possui periculosidade, apenas em casos de contato com RSS; complementando que esta situação exemplificada é conhecida por contaminação cruzada.

No primeiro momento, a coleta seletiva é a ação mais importante para efetivação dos processos de reutilização e reciclagem de forma mais fácil e com menor custo. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, esta define por “coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua composição” (BRASIL, 2010). Ainda, segundo Carmo (2019), deve-se enfatizar a ocorrência da segregação *in loco*, para que se garantam os cuidados ao meio ambiente e à saúde pública. Complementando que:

“Tal ação depende da sociedade, que pode se tornar hábito a partir da percepção individual de cada cidadão, porém, é nítida a importância de uma visão global, o quanto antes, dentro da realidade da degradação ambiental, principalmente decorrente dos resíduos sólidos e aterros sanitários, além dos lixões e aterros controlados” (CARMO, 2019).

A partir das informações acima, a Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001, a qual transmite as cores padrões de segregação dos resíduos recicláveis, conforme disposto abaixo por padrão sugerido para alcance nacional.

AZUL: papel/papelão;

VERMELHO: plástico;

VERDE: vidro;

AMARELO: metal;

PRETO: madeira;

LARANJA: resíduos perigosos;

BRANCO: resíduos ambulatoriais e serviços de saúde;

ROXO: resíduos radioativos;

MARROM: resíduos orgânicos;

CINZA: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação (BRASIL, 2001).

Os grifos acima direcionam aos resíduos observados no modelo experimental, como também aqueles mais conhecidos por segregação na totalidade da população, sendo a coloração marrom em processo de conhecimento a partir da maior abrangência da compostagem em território nacional.

Contudo, a reutilização e a reciclagem são peças fundamentais nas adequações emergenciais dos resíduos sólidos, o que as tornam ainda mais importante associada com a possibilidade de renda familiar em casos crescentes. Afinal, os resíduos, ou popularmente 'lixo', não combina com o termo a que se destina, pois este possui valor monetário dentro de uma visão socioambiental.

Aterro Sanitário e Lixões: uma diferença que precisa ser difundida.

Considerando as abordagens sobre os resíduos sólidos, estes alcançam os locais de disposição final dos rejeitos, isto é, aos aterros sanitários (BRASIL, 2010). Porém, a realidade mostra um grande erro da sociedade na destinação inadequada destes, o que apenas a prejudica com a degradação ambiental.

Fica o questionamento de qual razão leva ainda agirmos de forma errônea e chegamos a uma resposta associada, possivelmente, a ausência de conhecimento da diferença entre aterro sanitário e lixões, ainda, podemos considerar o desconhecimento das metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (em que a principal direcionava a extinção total dos lixões em território nacional até o ano de 2014).

O levantamento acima é confirmado a seguir:

“As atividades humanas relacionadas à produção e consumo resultam em uma crescente geração de resíduos, sendo que a disposição final dada a eles deve-se levar em conta a segurança da saúde pública e da natureza, mas nem sempre esses fatores possuem consideração. Por sua vez, a contaminação do meio ambiente é resultado do armazenamento inadequado do grande volume de lixo gerado pelas sociedades modernas e resultam na transmissão de doenças, depreciação imobiliária e degradação ambiental”. (CONDE, STACHIW e FERREIRA, 2014)

Ainda, vale ressaltar o período da Revolução Industrial influenciado neste aspecto através do deslocamento da população

da zona rural para urbana, para que alcançasse uma melhor qualidade de vida, obtendo ações inadequadas com resíduos e, conseqüentemente, a piora da saúde e a degradação ambiental (CONDE, STACHIW & FERREIRA, 2014), inclusive, afirmado através da mesma referência anterior: “esse período proporcionou o aumento do poder destrutivo do homem sobre a natureza, devido sua capacidade de intervenção ambiental também ter aumentado.”

Desta forma, fica evidente a importância do conhecimento da diferença entre lixão, aterro controlado e sanitário por toda a sociedade, como a ciência da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, mais especificamente a ausência de cumprimento das metas. A mesma é apresentada abaixo, que inicia pela explanação dos lixões:

“O total de lixo jogado a céu aberto é de quase 90%, fator prejudicial à saúde, pois os lixões fornecem condições propícias para proliferação de vetores de agentes etiológicos de doenças, além de moscas, baratas e ratos, dificultando o controle de epidemias. Além disso, esses locais liberam gases e geram a decomposição do lixo que forma o chorume, líquido que contamina o solo, o ar e os recursos hídricos ocasionando grande dano ambiental” (CONDE, STACHIW e FERREIRA, 2014).

“(…) no Brasil os lixões são um dos destinos de resíduos sólidos mais utilizados, localizam-se próximos das áreas urbanas, com ausência de

segregação dos materiais e alta precariedade no acondicionamento” (CONDE, STACHIW e FERREIRA, 2014).

Agora, abordando sobre os aterros sanitários, segue abaixo:

“O aterro busca métodos de engenharia para alocar na menor área possível e reduzir ao máximo esses resíduos, além de possuir uma boa relação custo versus benefício e se adaptar aos diferentes tipos de comunidades. Esta disposição de materiais ocasiona diversas reações químicas e biológicas, fazendo dos aterros sanitários reatores dinâmicos, que resulta em emissão de biogás, resíduos mineralizados e efluentes líquidos (lixiviados)” (CONDE, STACHIW e FERREIRA, 2014).

“Diante da necessidade de mudança, o aterro sanitário foi considerado a medida mais viável para solucionar os problemas gerados pelo descarte indevido dos resíduos sólidos urbanos, pois de acordo com ABNT, o aterro sanitário é uma técnica que não causa danos à saúde pública e à segurança, ao depositar os resíduos sólidos urbanos no solo” (CONDE, STACHIW & FERREIRA, 2014).

Desta forma, podemos concluir que a diferença entre lixão e aterro sanitário encontra-se na utilização de controles ambientais, especialmente do chorume, como também dos gases gerados neste processo. O lixão não possui tais medidas e leva uma ampla carga orgânica e poluente ao solo, o que pode chegar aos lençóis freáticos por percolação no mesmo; enquanto, o aterro sanitário existe a impermeabilização do solo e tratamento do lixiviado antes

da liberação ao corpo hídrico mais próximo, além de alguns casos possuírem o aproveitamento do biogás na planta de tratamento.

Complementando que a produção dos resíduos é algo inevitável, que demonstra como a própria sociedade deve repensar e buscar estratégias para diminuir a quantidade deles através da destinação e disposição final ambiental adequada dos resíduos/rejeitos, respectivamente. Inclusive, vale ressaltar que a proporção desta geração associa com crescimento populacional, sendo indicada a necessidade de mudança do cidadão em sua individualidade, como coletivamente, o quanto antes, garantindo as medidas sustentáveis (CONDE, STACHIW & FERREIRA, 2014).

Hotelaria e Sustentabilidade: uma condição essencial ainda incipiente em território nacional

Inicialmente, segundo Lamas (2015):

“Os problemas relacionados ao meio ambiente natural e à sua conservação constituem um obstáculo à sociedade, que é chamada a reagir para minimizá-los. E o turismo, enquanto um fenômeno social é também convocado a adequar suas atividades, uma vez que estas trazem impactos no meio em que se desenvolvem” (LAMAS, 2015).

O turismo se define por “prática de viajar por prazo relativamente curto, para fins de recreio, no país ou no exterior” (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, 2008), sendo assim, este associa com a conservação ambiental, para que garanta o meio ambiente ideal para o retorno dos hóspedes. Já, o termo ‘hotelaria’ define por “atividade econômica de exploração dos hotéis”. (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, 2008)

Segundo Gonçalves (2004), a hotelaria foi o setor pioneiro na busca da sustentabilidade ambiental em âmbito nacional desde 2000, através do sistema de gestão ambiental adequado para cada estabelecimento, considerando porte, estrutura e localização.

A partir das informações acima, existe o atendimento desta demanda em diversos segmentos, inclusive da hotelaria e turismo, que busca procedimento adequado através de programas de gestão ambiental às estratégias administrativas (LAMAS, 2015). Isso se justifica pela percepção do avanço da consciência ambiental, a qual deveria nos acompanhar desde o nascimento (e não se perder para facilidades do consumismo). Adiciono ainda que, ainda a partir de Lamas (2015), muitos hoteleiros não investem em sustentabilidade ambiental devido aos custos recuperados a longo prazo, principalmente aos de pequeno porte; porém, notasse a aceitação desta ideia neste setor nos últimos

anos, como uma estagnação neste ano devido ao quadro de pandemia do COVID-19 (o que deveria ocorrer de forma diferente, isto é, com mais rigor).

Considerando que as considerações abaixo foram mencionadas aproximadamente um ano atrás, estas associadas ao presidente da EMBRATUR (Instituto Brasileiro de Turismo), Gilson Machado Neto, na respectiva data:

“O turismo, atrelado a sustentabilidade, é uma maneira de garantir a preservação não apenas dos recursos naturais, mas da cultura e da integridade das comunidades visitadas pelos visitantes brasileiros e estrangeiros. É isso que diz o Plano Nacional de Turismo no Decreto 9.791. O texto prevê ‘estimular a adoção de práticas sustentáveis no setor turístico’. O setor é o petróleo do futuro do Brasil” (NETO, 2019).

Ainda, de acordo com a mesma reportagem do Jornal do Brasil, publicada em 08/11/2019, o então representante da EMBRATUR transmite a sustentabilidade por grande incentivo ao turismo nacional, que direciona por inovação (o que deveria sempre ter acontecido), além de afirmar como o Brasil é o país mais propício para ecoturismo e o desenvolvimento sustentável a partir do alcance da proteção do meio ambiente em território nacional.

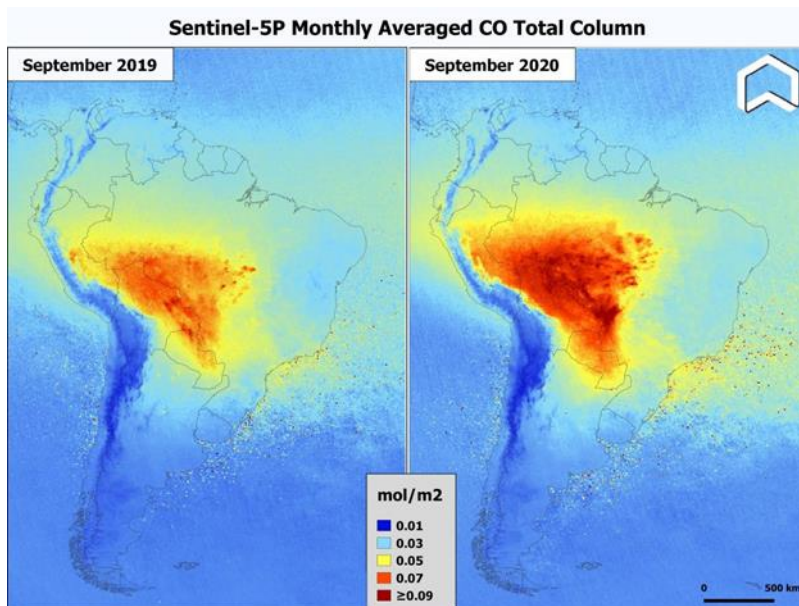
O Plano Nacional de Turismo, mencionado anteriormente, apresenta a promoção da sustentabilidade por diretriz dentro

deste cenário entre os anos de 2018 e 2022 através da aprovação do mesmo, pelo respectivo decreto. Ainda, existe o direcionamento ao incentivo do turismo responsável, o que inclui práticas sustentáveis e campanhas de sensibilização para o consumo consciente (BRASIL, 2019).

Porém, esta é uma realidade não visível pela população, a qual não demonstra tamanha importância da conservação ambiental, pois a preservação acontece quando o meio ainda não sofreu a ação antrópica. Inclusive, neste período de pandemia pode-se observar como se espalhou os casos de queimadas com difíceis controles e trouxe consequências de degradação ambiental, conforme indicado na figura 1, incluindo a Floresta Amazônica, que apresentou o mesmo cenário de piora para focos de incêndios em comparação entre setembro de 2019 e 2020.

Contudo, se conclui que a sustentabilidade se tornou um pilar comercial destinada ao setor de turismo e hotelaria, que garante a manutenção por mais tempo dos territórios a serem procurados por turistas, sejam estes locais, nacionais ou estrangeiros; inclusive, não apenas a este setor. O desenvolvimento sustentável vem tomando seu espaço aos poucos, para que possamos agir em prol do meio ambiente, isto é, vivermos melhor cuidando de onde residimos, trabalhamos, passeamos etc.

Figura 1 – Índice do monóxido de carbono na região centro-oeste (pantanal) em setembro de 2019 e 2020.



Fonte: METSUL Meteorologia (04/10/2020). Queimadas em setembro foram muito piores em 2020 Acesso em 27 nov. 2020.

Educação Ambiental: a ferramenta que permite alcançarmos a sustentabilidade

Inicialmente, define 'educação ambiental' para compreensão do respectivo tópico:

“Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade

constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (BRASIL, 1999).

Vale enfatizar nesta definição proveniente da Política Nacional de Educação Ambiental, correspondente a Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999, que o meio ambiente é direcionado por bem de uso comum do povo, isto é, direito de todos de usufruir do mesmo, porém com o dever de conservá-lo, garantindo qualidade de vida e recursos para futuras gerações.

Retomando ao foco, esta ainda é indicada por componente essencial e permanente da educação nacional, além do alcance ao ensino formal (dentro das unidades de ensino), como também informal (campanhas de sensibilização local, por exemplo). Inclusive, todas as ações ambientais carregam um enfoque humanista, holístico, democrático e participativo (BRASIL, 1999), porém, a verdade é que esta forma de atuação não ocorre na realidade das questões ambientais.

Considerando o cenário de observação, isto é, hospedaria, a maioria dos impactos ambientais podem ser minimizados através de medidas administrativas e gerenciais internamente, ocorrendo por prevenção ou utilização de tecnologia limpa (SENNA e

VALTUILLE, 2020). Como nestes existe uma demanda de geração superior a partir do número de hóspedes (enquanto os resíduos são os mesmos característicos de residências), sendo observado um maior fluxo em feriados e festividades tradicionais (natal e ano novo, por exemplos), além de propostas locais (final de semana promocional ou eventos).

Hoje, as ações ambientais são consideradas por diferencial na relação comercial, além do principal objetivo de conservação do meio ambiente. Na atual circunstância, mais especificamente anterior a pandemia de COVID-19, chegou a observar o *marketing* ambiental em meios de hospedagem por uma vantagem competitiva em empresas do segmento do turismo (SENNA & VALTUILLE, 2020).

A partir de todas as informações anteriores, fica o questionamento de como algo tão aceito aparentemente pode ser tão complexo e a resposta é descrita abaixo:

“A Educação Ambiental, por meio das ferramentas de marketing sugeridas, tende a ser um caminho adequado na tentativa de proporcionar uma hotelaria sustentável para todos *stakeholders* (pessoa ou grupo que tem interesse em uma empresa, negócio, podendo ter ou não um investimento neles) dos meios de hospedagem que adotaram o *marketing* ambiental como filosofia (PEREIRA, 2016, p. 104). Entretanto, [...], essas ações de Educação Ambiental ainda se apresentam de

forma muito precária e isolada” (SENNA e VALTUILLE, 2020).

Sendo assim, ainda é necessário aplicar efetivamente muitas ações ambientais, pois estas são difundidas para sociedade em palavras, isto é, apenas um conhecimento e ausente de práticas em sua maioria.

Ainda, segundo Carmo (2019):

“Logo, a aplicação da educação ambiental no setor hoteleiro deve atuar com funcionários e hóspedes, como também a vizinhança por complemento, que são ações diferenciadas para alcançar o objetivo de obter o reconhecimento de todos quanto à importância das práticas sustentáveis e assim viabilizá-las. Neste aspecto deve observar as particularidades de cada estabelecimento para estudar a implantação destas ações. Provavelmente, nos próximos anos, o diferencial de um hotel será a adequações dos padrões sustentáveis, mediante a observação da obrigatoriedade destas práticas na manutenção da vida da sociedade dentro de um médio prazo temporal, a partir da constatação da real situação dos recursos naturais e do meio ambiente” (CARMO, 2019).

Vale adicionar uma informação sobre Norma ABNT NBR 15.401, de 2012, através de um estudo aprofundado pelo SEBRAE, a qual trata dos meios de hospedagem atrelados à um sistema de gestão de sustentabilidade. Esta traz o Brasil por pioneiro em publicação desta natureza, como também de sistema de gestão associado aos

meios de hospedagem, garantindo a utilização dos recursos de maneira ambientalmente responsável, socialmente justa e economicamente viável (ABNT, 2012).

Contudo, possuímos uma solução pronta em mãos com diversas possibilidades de aplicação, o que inclui alcançar todos os públicos, incluindo gerentes, colaboradores, hóspedes e sociedade, como um todo. O que falta é colocar em prática, sem que haja medo das consequências, pois afinal ela permite obter um maior alcance de conservação (que permite a participação do homem) e preservação (natureza intacta) ambiental.

Neste tópico será abordado de forma objetiva e completa sobre os resultados, como a origem da proposta, abordados na dissertação do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Dentro de aspectos gerais introdutórios, iremos detalhar título, objetivo e justificativa, para que facilite a compreensão do respectivo capítulo, conforme consta abaixo:

Título: Estudo de Implantação de Sistema de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos em Hotelaria: um estudo de caso.

Objetivo: “Adequar o sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos no Hotel Santa Amália, com ênfase nos orgânicos e recicláveis, utilizando este estabelecimento como modelo para a elaboração de documentos técnicos específicos que orientem a implementação da gestão sustentável de resíduos em rede de hotelaria” (CARMO, 2019).

Justificativa: “A concepção do projeto teve por justificativa a preocupação com as questões ambientais voltadas aos resíduos sólidos orgânicos e recicláveis gerados no Hotel Santa Amália devido à indicação da proprietária quanto à visualização do quantitativo dos mesmos e, conseqüentemente, a problemática externa da vida útil dos aterros sanitários, a qual se estende aos demais estabelecimentos similares em sua atividade” (CARMO, 2019).

Desta forma, fica nítida a proposta de adequação voltada a sustentabilidade ambiental em relação à hospedagem e turismo em um contexto geral, sendo que a mesma ocorre a partir de um modelo experimental, o qual possui uma proprietária devidamente preocupada com o meio ambiente (o que podemos considerar minoria neste setor econômico, como quaisquer outros).

Hotel Santa Amália: local consciente das questões ambientais

O Hotel Santa Amália é o local escolhido por modelo experimental a partir da iniciativa da proprietária, a qual busca contagiar aos colaboradores e hóspedes com as ações ambientais, sendo iniciada com a proposta da compostagem associada ao projeto Arborize!, conforme detalhado abaixo; inclusive, apresenta a descrição deste estabelecimento hoteleiro.

“O Hotel Santa Amália foi fundado em 1969, aonde era um convento *Sacre Coeur de Marie*. Este hotel destaca-se pelo bom atendimento aos hóspedes, como pela ampla área de lazer arborizada, espaço equipado para reuniões, apartamentos e restaurantes aconchegantes, conforme consta descrito no Guia Cultural do Vale do Café, publicado no ano de 2013. A localização facilita seus clientes, pois este se encontra na entrada da cidade, com fácil visualização, sendo uma constante procura por famílias e pessoas idosas, em sua maioria [Figura 2]. Após seis anos das observações acima, o estabelecimento preza pela melhoria do atendimento aos clientes, como amplia as questões socioambientais nos últimos tempos. O setor de hospedagem é composto por 55 quartos duplos, triplos e quádruplos disponíveis divididos em cinco alas, seja em acomodações internas, externas e verdes, sendo que esta última possui a decoração com materiais recicláveis e reutilizáveis, conforme descrito no próprio site. Finalizando, quanto às questões socioambientais, estes investimentos iniciaram no ano de 2018, o que leva ao possível alcance de novo público de clientes, como cativa àqueles que já possuem o senso crítico da necessidade das ações sustentáveis” (CARMO, 2019).

Figura 2 – Entrada do Hotel Santa Amália.



Fonte: Booking.com. Hotel Santa Amália. Acesso em 28 nov. 2020.

Considerando a menção do projeto Arborize! (Figura 3), este foi a iniciativa primária de arborização do logradouro, o qual se encontra na entrada principal da cidade de Vassouras, incluindo a parceria com cidadãos residentes e empresas localizadas no mesmo (CARMO, 2019). Complementando que este se encontra em tentativa de maior expansão em prol da conservação ambiental através do alcance aos resíduos, com apoio da prefeitura; porém, a realidade mostra a dificuldade de mobilização da sustentabilidade ambiental, pois a sociedade é capitalista e

consumista, isto é, busca facilidade em todos os aspectos sem a devida preocupação com o meio ambiente.

Ainda, a cidade de Vassouras (Figura 4), localizada no interior do estado do Rio de Janeiro, mais precisamente na região centro sul fluminense, possui uma ampla extensão territorial com distritos rurais e uma população relativamente pequena. Esta ainda é conhecida por cidade histórica e universitária, pois ela possui, respectivamente, prédios e lindas fazendas históricas (apelo turístico) e a Universidade de Vassouras; inclusive, esta instituição de ensino movimentou a economia local, juntamente com os turistas, que buscam as belezas históricas e a tranquilidade local (CARMO, 2019).

Assim, o trecho abaixo apresenta a justificativa da iniciativa da proprietária:

“A idealização do projeto de compostagem, localizado no Hotel Santa Amália, foi proveniente de uma demanda por parte da proprietária Ana Lúcia Mattozo Furtado, que presumiu a possibilidade de uma parceria de adequação ambiental ao estabelecimento, visando às questões sustentáveis e a melhor qualidade do meio ambiente para aquela região. O motivo foi a geração significativa dos resíduos sólidos no estabelecimento, especialmente em época de um maior quantitativo de hóspedes” (CARMO, 2019).

Figura 3 – Plantio do Projeto Arborize!



Fonte: Cedida pelo Hotel Santa Amália.

Contudo, é possível verificar a observação da proprietária sobre a forma inadequada e ineficiente do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (CARMO, 2019), os quais merecem atenção independente da classificação por não perigosos. Inclusive, “vale ressaltar que esta deveria ser a visão dos empresários de qualquer

empreendimento quanto aos padrões sustentáveis” (CARMO, 2019). Hoje, ainda se busca constantemente as ações sustentáveis ampliadas dentro da realidade financeira, como agora dentro do cenário de pandemia da COVID-19.

Figura 4 - Praça Barão de Campo Belo, na cidade de Vassouras-RJ.



Fonte: <https://oglobo.globo.com/boa-viagem/em-vassouras-igreja-casaroes-mirante-garantem-clima-de-interior-23973332>, acesso em 28 nov. 2020.

Pesquisa *in loco*: continuidade

Conforme indicado anteriormente, é possível verificar que todo o projeto ocorreu com observações *in loco*, além da pesquisa de literatura, tanto de conhecimento gerais, quanto medidas

associadas à melhoria da tecnologia limpa implantada – composteiras em leiras; inclusive, estas foram adequadas também na visão comercial.

Quanto ao projeto Arborize!, este também foi observado e associado diretamente a proposta da dissertação do mestrado, afinal este foi a iniciativa primária dos resultados obtidos deste estudo. Inclusive, este é compartilhado através do *blog* do Hotel Santa Amália, para que esta ideia se espalhe por associações de moradores, outros empreendimentos da hotelaria, entre outras opções cabíveis.

Reafirmo a questão da dificuldade de mobilização dos moradores locais, como este logradouro é a passagem de muitos carros e pedestres, os quais desconhecem aparentemente como agir de forma sustentável. Complementando, este comportamento deve ser observado na individualidade de cada um, pois mais cedo do que imaginamos seremos cobrados e precisaremos mudar rapidamente para garantir uma qualidade de vida aceitável.

A duração das observações foi de, aproximadamente, um ano a contar a reunião inicial de proposta da implantação da compostagem; posteriormente, este foi descrito na dissertação do mestrado profissional com ampliação da observação, que antes

limitava a retirada da primeira remessa de composto orgânico. Vale adicionar que estas continuam, como o apoio técnico, em novas ações idealizadas pela proprietária, a qual deveria ser um modelo aos demais empreendedores.

Logo, o Hotel Santa Amália passa por modelo experimental e garante a possibilidade de adequações do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em meios de hospedagem com metodologia, a qual garante a observação das particularidades do estabelecimento (um dos produtos foi um manual técnico dos resíduos destinado aos meios de hospedagem).

Hotelaria, Sustentabilidade e Educação Ambiental: uma associação indispensável

Hotelaria, sustentabilidade e educação ambiental são vertentes que possuem uma ampla capacidade de interação, a qual garante a conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, uma melhor qualidade de vida. Porém, existe uma dificuldade, que não se apresenta apenas no setor de turismo, pois o comportamento social dispõe sobre o consumismo exagerado e a busca da facilidade em todos os aspectos, inclusive quanto aos resíduos sólidos (embalagens pós-consumo, que muitas vezes são

descartadas sem o cumprimento da destinação final ambientalmente adequada).

Quanto aos produtos obtidos da respectiva dissertação, estes foram ampliando ao longo do desenvolvimento do projeto, que teve por finalização com os seguintes:

- ❖ Manual técnico de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos destinados aos meios de hospedagem;
- ❖ Vídeo explicativo da proposta associada à 'ACROMA Consultoria Ambiental', a qual associa a atuação da primeira autora neste projeto;
- ❖ Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Hotel Santa Amália;
- ❖ Material de divulgação aos hóspedes, como banner, folheto e cartilha infantil;
- ❖ Capítulo de livro proveniente da V Jornada Internacional sobre Ética, Justiça e Gestão Institucional, ocorrida na cidade de Niterói-RJ, mais especificamente na Universidade Federal Fluminense (UFF);

❖ Composteira em formato de leiras, que obteve por produto o “composto orgânico” (Figuras 5 e 6).

Figura 5 – Composteira do Hotel Santa Amália.



Fonte: Própria.

Desta forma, pode-se concluir que:

“Logo, considerando o setor hoteleiro, inclusive não apenas este, a iniciativa de adequação do gerenciamento de resíduos sólidos é uma ação viável para qualquer empreendimento, como necessário dentro de algum tempo. Hoje se aplica apenas aonde existe cobrança dos órgãos fiscalizadores, quando assim cumprida devidamente as legislações vigentes. Acreditamos que, dentro de um curto período, a população irá cobrar em detrimento de uma melhor qualidade do meio ambiente e de vida, sendo assim iniciada a cobrança do poder público simultaneamente. Contudo, o projeto apresenta uma vertente de empreendimento sustentável, como deve ser estendido aos outros de acordo com o proposto

879

no desenvolvimento do projeto, confirmando a importância do mesmo dentro do cenário atual” (CARMO, 2019).

Figura 6 – Composto Orgânico.



Fonte: Cedidas pelo Hotel Santa Amália.

Contudo, pode-se verificar a relevância da relação entre hotelaria e sustentabilidade, como a dependência da eficiência da mesma através a aplicação da educação ambiental. Esta ainda ocorre de forma incipiente em âmbito nacional, porém existe uma atuação efetiva na cidade de Vassouras com projeto da Secretária Municipal de Educação. A ausência mencionada acima é notória no setor de hotelaria e turismo, em sua maioria, como esta

depende de abordagens diferenciadas aos colaboradores e hóspedes, sendo este último permanecendo por um curto espaço temporal (CARMO, 2019).

Complementando, ainda mais nítida a importância do resultado apresentado a partir do cenário de pandemia de COVID-19, o qual vivenciamos neste ano. Muito desconhecido quaisquer aspectos relacionados com o vírus SARS-CoV-2, pois a ciência e as pesquisas necessitam de mais tempo para detalhar suas ações, inclusive mutações ocorridas em âmbitos geográficos diferentes. Esta ausência associa com a novidade de um vírus adquirido a partir da interação do homem e do meio, mais especificamente relacionado com alimentação.

COVID-19: uma pandemia que preocupa a todos

No início deste ano, nos deparamos com uma novidade, a qual veio confundir gradativamente a todos em âmbito global, além de acometer com precaução e medo. Algumas situações parecidas ocorreram anos atrás, como a SARS no ano de 2002 e o MERS em 2012 (Maria Tereza Santos, 2020), porém, cada um possui um comportamento característico. Atualmente, vivemos uma modificação do vírus SARS-CoV, a qual deu a denominação do novo vírus por SARS-CoV-2. Este é o sétimo membro da família

do ‘coronavírus’ até o presente momento. Esta nova doença, inclusive, recebeu o nome popular por COVID-19.

De acordo com a Academia Brasileira de Letras (2008), existe diferença entre os termos endemia, epidemia e pandemia, a qual é indicada abaixo:

“**Endemia:** presença de uma doença ou outro mal que recai, de forma constante ou regular, sobre uma certa região ou população”;

“**Epidemia:** incidência de doença ou de outro mal que se propaga com rapidez, afetando temporária e simultaneamente muitas pessoas de uma mesma população”;

“**Pandemia:** doença endêmica que se estende a muitos países, ou atinge muitas pessoas numa zona geográfica”.

Adiciona-se ainda, segundo a mesma referência, o vírus é “organismo microscópico infeccioso que não se reproduz fora de célula hospedeira”. Este é o elemento principal da atual situação, mesmo que ‘invisível’ a olho nu, sendo assim o SARS-CoV-2 encontra-se sob os estudos de pesquisadores, para que consigamos conhecê-lo e assim obter medidas efetivas de controle de dispersão, isto é, contágio das pessoas.

A origem da COVID-19 tem o apontamento do início desta pandemia na cidade de Wuhan, na China, mais especificamente no mercado Huanan, que comercializa fruto do mar e animais

silvestres, sendo estes vendidos vivos ou abatidos no local. (GRUBER, 2020). Assim, sua origem ocorreu por seleção natural, como o morcego é o reservatório natural de diversos ‘coronavírus’, incluindo SARS-CoV-2, que transmite ao homem via pangolim, o qual é vendido no respectivo mercado citado anteriormente (DUARTE, 2020).

Segundo o Ministério da Saúde:

“A COVID-19 é uma doença causada pelo coronavírus, denominado SARS-CoV-2, que apresenta um espectro clínico variando de infecções assintomáticas a quadros graves. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a maioria (cerca de 80%) dos pacientes com COVID-19 podem ser assintomáticos ou oligossintomáticos (poucos sintomas), e aproximadamente 20% dos casos detectados requer atendimento hospitalar por apresentarem dificuldades respiratórias, dos quais aproximadamente 5% podem necessitar de suporte respiratório.”

Ainda, o órgão competente discorre sobre os sintomas e forma de contágio apresentados no quadro 1.

Desta forma, vale o comparativo de que a COVID-19 possui um alto potencial de contágio e baixa letalidade, enquanto as duas ocorrências anteriores evidenciadas – SARS e MERS – apresenta um maior potencial letal em relação ao contágio. A comparação

dos tipos de coronavírus SARS indica a COVID-19 com amplo contágio e a SARS inicial com índice de letalidade alto.

Quadro 1 – Sintomas e Contágio da COVID-19.

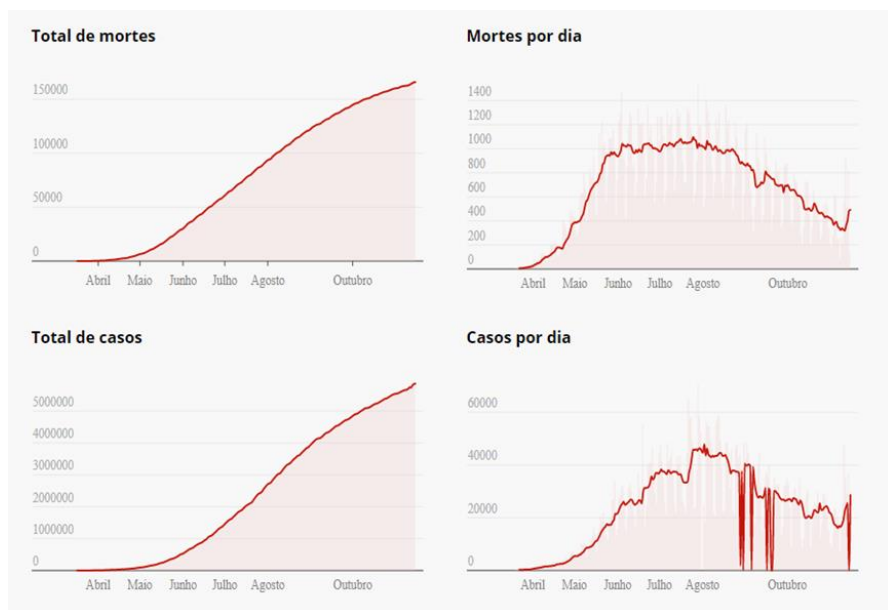
COVID-19	
Sintomas	Forma de Contágio
Tosse	Toque do aperto de mãos contaminadas Gotículas de saliva Espirro Tosse Catarro Objetos ou superfícies contaminadas
Febre	
Coriza	
Dor de garganta	
Dificuldade para respirar	
Perda de olfato	
Alteração do paladar	
Distúrbios gastrointestinais	
Cansaço	
Diminuição do apetite	
Falta de ar	

Fonte: Ministério da Saúde.

Quanto aos números atualizados em 29/11/2020 às 20h, estes são apresentados abaixo (Figura 7), como indica uma preocupação de uma segunda onda desta pandemia assolando todo o Brasil.

- ❖ Total de casos confirmados: 6.313.656
- ❖ Total de óbitos: 172.848

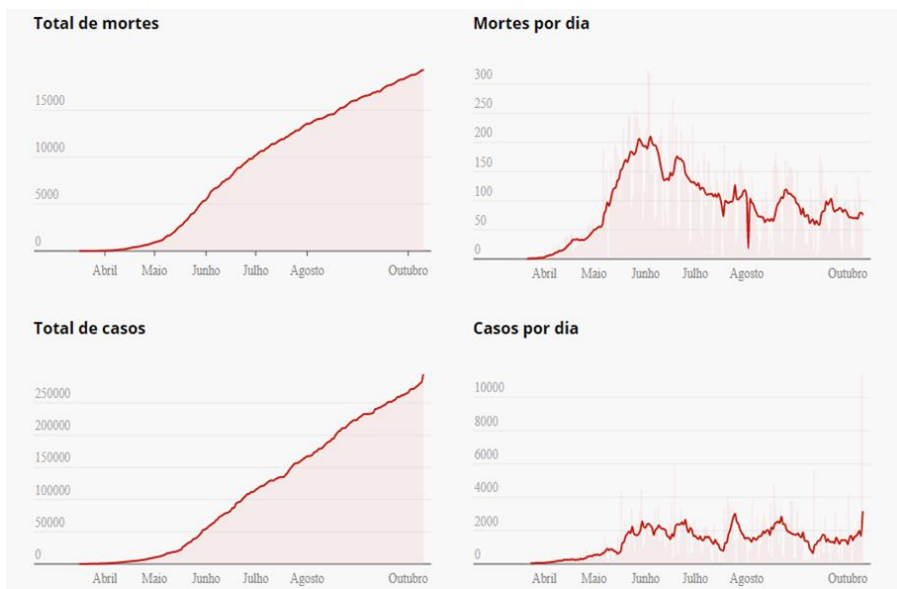
Figura 7 – Gráficos de Casos e Óbitos da COVID-19 no território nacional.



Fonte: Consórcio de veículos de imprensa a partir de dados das secretarias estaduais de saúde.

Mais especificamente, o estado do Rio de Janeiro encontra-se em alta nos últimos dias, como na data acima mencionada houve um aumento de 48% com os seguintes números: 353.316 casos e 22.561 óbitos (Figura 8).

Figura 8 – Gráficos de Casos e Óbitos da COVID-19 no estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Consórcio de veículos de imprensa a partir de dados das secretarias estaduais de saúde.

Concluindo que os gráficos confirmam os noticiários através da existência de uma segunda onda, a qual associa com a flexibilização do distanciamento social; inclusive, esta é uma realidade no exterior, como Europa e EUA. Fica a reflexão sobre como agir para controlar essa doença, pois a diminuição de casos e óbitos permitiu um relaxamento, que se tornou tensão com a segunda onda que se instala no Brasil.

E Agora? Como Anda a Projeto Após a Pandemia de Covid-19?

Considerando a proposta deste capítulo, houve a busca pela resposta do andamento do projeto após o período de pandemia, que se instalou neste ano e continua atingindo a todos, especialmente aqueles que não se cuidam devidamente com lavagens adequadas das mãos, utilização de álcool 70 e isolamento social.

As respostas se encontram em uma entrevista realizada com a proprietária Ana Lúcia Mattozo Furtado através do direcionamento de perguntas e respostas, as quais serão apresentadas abaixo:

Qual sua percepção do quantitativo de resíduos gerados no hotel após a pandemia?

Resposta: Inicialmente, o hotel esteve fechado com poucos funcionários em sistema de revezamento, o que levou a uma redução total dos resíduos. A retomada passou por adaptações, que teve menor desperdício com serviços individuais, porém, a necessidade de embalar os utensílios por prevenção gerou um aumento de materiais descartáveis, como plásticos e isopor.

Qual sua percepção do comportamento dos colaboradores após a pandemia? Leve em consideração as questões ambientais, principalmente resíduos sólidos.

Resposta: A observação do comportamento ocorre mais atentamente, que alcançou a compreensão de cada um deles. Por essa razão, é necessário insistir em rotinas de descarte consciente, manutenção das baias de compostagem e, em breve, investimento em novos treinamentos e palestras de conscientização, para que estes levem a importância da destinação e disposição finais ambientais adequadas aos seus familiares, como também suas residências. É importante que essas ações sejam externas aos limites do hotel.

Qual sua percepção do comportamento dos hóspedes após a pandemia? Leve em consideração as questões ambientais, principalmente resíduos sólidos.

Resposta: Há uma variação de resposta entre os públicos, alguns atentos e cientes da importância da consciência ambiental, como também outros não a alcançam com uso descontrolado de todo e qualquer recurso com desperdício; sendo assim, é possível observar a alienação quanto às práticas relacionadas a conservação do meio ambiente.

Como está o funcionamento da compostagem?

Resposta: O funcionamento encontra-se normalizado, isto é, em atividade, porém ocorre dentro do ritmo de redução da geração de resíduo orgânico. Os compostos orgânicos têm sido destinados aos cuidados da área verde interna, como ainda procurando a venda deles na Santa Feira, a qual foi idealizada e está em funcionamento neste período de pandemia.

Quanto à venda dos recicláveis, como anda esta destinação?

Resposta: A venda dos recicláveis ficou parada por um tempo e está retomando aos poucos.

Sobre a iniciativa da separação das tampas, conte um pouco sobre essa experiência.

Resposta: Esta iniciou a pouco mais de um ano e contemplou todos os tipos de tampas plásticas, inclusive com adesão de amigos que levam ao hotel. Houve a separação por cores e algumas foram entregues na Paróquia de São José, na Lagoa, na cidade do Rio de Janeiro, a qual faz a troca da mesma por cadeiras de rodas a quem precisa e não pode obter as mesmas. O serviço encontra-se interrompido por conta da pandemia. Ainda, há poucos lugares que fazem esta coleta, o que dificulta, pois a

separação requer espaço para armazenamento adequado até que seja encaminhado às instituições, que possuem tamanha consciência socioambiental. Mesmo com a situação anterior, existe a perseverança e o incentivo aos colaboradores para auxiliar nesta segregação.

Dentro da sua visão da consciência ambiental, tivemos melhora ou piora após a COVID-19? Ou estamos estagnados?

Resposta: Fica a suposição da estagnação devido à prioridade destinada aos múltiplos fatores relacionados com a pandemia. Assim, nada mais foi estimulado nas questões ambientais, e sim a prevenção da saúde pública. Inclusive, observa-se o contrário que induz ao consumo de mais descartáveis, uso frequente de recursos hídricos (lavar as mãos constantemente com água e sabão, por exemplo), deixando a consciência ambiental em segundo plano.

Considerando o COVID-19, como o setor de hotelaria e turismo reagiu dentro deste cenário? Tanto na questão ambiental, social e econômica, isto é, sustentabilidade ambiental.

Resposta: Não houve a observação de alguns parceiros quanto às questões ambientais, pois a urgência voltada à economia se

mostrou mais efetiva neste cenário, como exigiu agilidade, criatividade e equilíbrio para conseguir a permanência no mercado. É visível a instabilidade e ausência de perspectiva de resultados a médio prazo, como a manutenção e redução drástica de custos levou um maior aprimoramento neste aspecto pelos empreendedores. Assim, fica o aprendizado que o corte de gastos levou ao entendimento imediato para o uso reduzido de insumos e corte em desperdícios.

Quais foram os protocolos de segurança aplicados no hotel? E estes são cumpridos pelos colaboradores e hóspedes?

Resposta: As ações foram as seguintes: procedimento online, como preenchimento do check-in antecipadamente (inclusive, neste aspecto apresenta a redução, ou até eliminação, do uso de papel), que permite evitar aglomeração e permanência por um maior período de tempo na recepção; álcool 70 em gel espalhado por todo território do estabelecimento, como acessos, corredores, entradas; uso de luvas para o serviço de limpeza e do restaurante com as devidas orientações de descartes; uso de máscara continuamente entre colaboradores e hóspedes, como os funcionários identificados pela máscara com a logo do hotel; distanciamento das mesas, inclusive em áreas abertas de 2 e 3

metros; e funcionários orientados a fazer uso contínuo do álcool 70 e não entrar nos apartamentos. O cumprimento ocorre por receio de contágio, que afeta a saúde individual e, conseqüentemente, coletiva; mas, provavelmente, em sua maioria, se pensa primeiro em seu bem estar.

Você percebe como a pandemia nos mostra a necessidade de mudança para sustentabilidade? Se sim, estamos agindo para efetivar esse novo normal até nas questões ambientais?

Resposta: É visível a necessidade de mudanças de padrões de comportamento, mas também se observa o quanto devemos pensar na orientação e envolvimento entre os setores público e privado, enfatizando a inserção nas escolas. As razões destas mudanças associam-se com o consumo desenfreado, geração de 'lixo' (em sua maioria, são resíduos que podem ser destinados adequados ambientalmente) e desperdício de modo geral. Assim, o alcance do "novo normal" é atrelado as ações mais eficazes de políticas públicas ambientais, que exija e oriente sobre conduta e postura da sociedade civil em equilíbrio com ações e atitudes do poder público.

Após todas as respostas, é possível observar que existe a iniciativa pela proprietária, a qual foi entrevistada, que busca e acredita na

mudança de comportamento, garantindo ações sustentáveis, porém hoje esbarramos na falta de conhecimento ou descaso de uma maioria quanto às questões ambientais, que age apenas mediante uma obrigatoriedade ou interesse pessoal.

Considerações Finais

A partir de todas as abordagens acima, confirma a viabilidade da prática sustentável no setor de hotelaria e turismo, como este se beneficia desta ação no mercado, sendo apenas necessário que haja a iniciativa do empreendedor. E, complementando, a maior aceitação da sociedade, como um todo, em que a consciência ambiental permite um maior alcance destas ações com o objetivo principal da conservação ambiental. Inicia com a percepção individual e alcança a coletividade, pois essa expansão necessita acontecer mais rapidamente dentro do atual cenário da pandemia de COVID-19, como anteriormente já era perceptível essa necessidade.

A educação ambiental é a peça chave de efetivação desta demanda, que ainda é incipiente tanto nas escolas, quanto em meios informais (campanhas e ações do setor público e privado). No caso dos hotéis, esta encaixa por medidas de conscientização

dos hóspedes através de materiais de divulgação e atividades, como recreação para crianças, palestras e eventos sustentáveis.

Concluindo que existe a viabilidade de mudarmos nossos hábitos, os quais passariam do consumismo exagerado para sustentabilidade ambiental, porém este depende de nós mesmos, pois apenas assim conseguiremos garantir uma melhor qualidade de vida, que está atrelada ao meio ambiente 'saudável'. Fica a reflexão ao final deste estudo, para que pensemos como devemos mudar para tão logo agir dentro dos conceitos do desenvolvimento sustentável, sem que se pense no interesse individual e financeiro em primeiro plano.

Referências

ANVISA, RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde e dá outras providencias.

BLOG HOTEL SANTA AMÁLIA. **Leve o Arborize para sua rua!** Disponível em: <https://www.hotelsantaamalia.com/blog/leve-o-arborize-para-a-sua-rua/>. Acesso em 28 nov. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 9.791, de 14 de maio de 2019. Aprova o Plano Nacional de Turismo 2018-2022.**

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Política Nacional de Educação Ambiental.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. Resolução ABNT NBR nº 8.419, de 1992.

CABRAL, K. (Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável). **Você sabe o que é sustentabilidade empresarial?** Disponível em: <https://cebds.org/voce-sabe-o-que-e-sustentabilidade-empresarial/#.X7B1AdBKjIU>. Acesso em 14 nov. 2020.

CARMO, A. C. R. **Estudo de implantação de sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos em hotelaria: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) - Ciências Ambientais, Universidade de Vassouras, 2019.**

Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos / Caio de Teves Inácio e Paulo Richard Momsen Miller. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001.

CONDE, T. T. STACHIW, R. FERREIRA, E. Aterro sanitário como alternativa para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 69-80, 2014.

Dicionário Escolar da Língua Portuguesa. Academia Brasileira de Letras, 2ª ed., Companhia Editora Nacional, São Paulo, 2008.

DUARTE, P. M. COVID-19: Origem do novo coronavírus. **Braz. J. Hea. Ver., Curitiba**, v. 3, n. 2, p. 3585-3590, mar./apr. 2020.

FREITAS, A. L. P., ALMEIDA, G. M. M. Avaliação do nível de consciência ambiental em meios de hospedagem: uma abordagem

exploratória. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, v. 22 (2), 405 – 417, 2010.

G1 BEM ESTAR. Mortes e casos do coronavírus nos estados. Disponível em: <https://especiais.g1.globo.com/bemestar/coronavirus/estados-brasil-mortes-casos-media-movel/#/>. Acesso em 30 nov. 2020.

GRUBER, A; Covid-19: o que se sabe sobre a origem da doença. Jornal da USP (Universidade de São Paulo), 14/04/2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/covid2-o-que-se-sabe-sobre-a-origem-da-doenca/>. Acesso em 28 nov. 2020.

HOTEL SANTA AMÁLIA. Acomodações. Disponível em: <https://www.hotelsantaamalia.com/acomodacoes/>. Acesso em 29 nov. 2020.

JORNAL DO BRASIL (08/11/2019). Embratur aponta ecoturismo como o futuro do setor. Disponível em: https://www.jb.com.br/bem_viver/turismo/2019/11/1020055-embratur-aponta-ecoturismo-como-o-futuro-do-setor.html. Acesso em 26 nov. 2020.

Meios de Hospedagem: sistema de gestão da sustentabilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. – Rio de Janeiro: ABNT; SEABRA, 2012.

METSUL Meteorologia (04/10/2020). Queimadas em setembro foram muito piores em 2020. Disponível em: <https://metsul.com/queimadas-em-setembro-foram-muito-piores-em-2020/#:~:text=As%20queimadas%20no%20Sul%20da,fogo%20j%C3%A1%20foi%20muito%20ruim.&text=No%20bioma%20Pantanal%2C%20setembro%20foi%20dram%C3%A1tico%20em%20termos%20de%20fogo>. Acesso em 26 nov. 2020.

Ministério do Meio Ambiente. Gestão de Resíduos Orgânicos. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html#legislacao>. Acesso em 15 nov. 2020.

Ministério da Saúde. **Sobre a doença.** Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca>. Acesso em 28 nov. 2020.

PALME, U. TILLMAN, A. M. Sustainable development indicators: how are they use in Swedish water utilities? **Journal of Cleaner Production.** n. 16, p. 1346-1357, 2008.

POST, J. E. ALTMAN, B. W. Managing the Environmental Change Process: Barriers and Opportunities. **Journal of Organization Change Management,** v. 7, n. 4, p. 64-81, 1994.

SENNA, M. L. G. S. VALTUILLE, A. J. G. A educação ambiental como instrumento de sensibilização para os gestores da hotelaria. **Revbea, São Paulo,** v. 15. n. 1: p. 360-378, 2020.

VEJA SAÚDE (16/09/2020). **As diferenças e semelhanças entre outros coronavírus e o Sars-Cov-2.** Por Maria Tereza Santos. Disponível em: <https://saude.abril.com.br/medicina/as-diferencas-e-semelhancas-entre-o-sars-cov-2-e-outros-coronavirus/>. Acesso em 28 nov. 2020.

WWF-BRASIL. **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em 22 nov. 2020.

Sobre os autores

Ana Carolina Roma do Carmo

Graduada em Engenharia Ambiental (UniFOA); Especialista em Gestão Ambiental (UCDB - Portal Educação); Mestre em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras); Consultoria Ambiental ACROMA com atuação em resíduos, acompanhamento técnico e licenciamento ambiental municipal na cidade de Vassouras-RJ, com ampliação de conhecimentos e atuação constante. Mestre do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Paloma Martins Mendonça

Graduada em Ciências Biológicas (Universidade Santa Úrsula), Mestre em Biologia Parasitária pelo Instituto Oswaldo Cruz-IOC/Fundação Oswaldo Cruz-FIOCRUZ e Doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz-IOC/Fundação Oswaldo Cruz-FIOCRUZ, Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMEF)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 25 - Biodiversidade de Muscidae (Insecta: Diptera) e sua importância para o Homem e o Meio Ambiente

Autores: Marina Lopes Duarte; Leiani Cristina Martins do Couto; Paula Amaral da Silva; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: A Biodiversidade sempre esteve presente no meio acadêmico, porém vem ganhando maior notoriedade na sociedade por conta da sua importância para a humanidade. A ordem Diptera, representada por mosquitos, moscas, mutucas, flebotomíneos etc. apresenta grande importância ao homem graças a características biológicas de suas espécies, encontradas em todo o globo. A família Muscidae é uma das mais ricas e diversas dentro dos dípteros muscoides, com indivíduos com importância em diferentes áreas por conta da proximidade de algumas espécies com o homem, ou graças à sua especificidade ecológica, que englobam aspectos alimentares, de habitat e de interações, tornando-as únicas em determinados ambientes e condições. Logo, estudos sobre a história evolutiva, biogeografia, biologia e taxonomia da família demonstram-se cada vez mais recorrentes e necessários como uma forma de compreender melhor o papel destes animais na natureza e como eles podem influenciar na biodiversidade e na sociedade.

Palavras-chave: Diversidade; Mosca; Saúde Ambiental.

Biodiversidade: afinal, o que é?

Biodiversidade sempre foi um assunto presente ao longo da história, de forma indireta ou direta. No final do século XX e especialmente início do XXI, por conta das mudanças climáticas e os efeitos do homem na natureza, o termo vem ganhando maior destaque para a população de modo geral, particularmente por conta das consequências que surgem na sociedade. Porém, para compreender o porquê determinadas situações ocorrem e como melhorar o ambiente em que vivemos e compartilhamos com outros seres vivos, é necessário conhecer alguns conceitos, para que assim possamos utilizá-los de forma vantajosa.

Logo, o que é Biodiversidade? O que significa? Como surgiu? Por que surgiu? Para compreender, é necessário voltar um pouco no tempo. Percebe-se, através dos primeiros descobridores, viajantes, navegadores e pesquisadores que o homem sempre apresentou uma curiosidade acerca do que o rodeia, incluindo a natureza. Portanto, o homem começou a coletar, catalogar e pesquisar os seres vivos que encontrava, como forma inicialmente de conter sua curiosidade, até perceber que ao estudar outros seres vivos,

poderia obter diversas vantagens e compreender melhor como a natureza funciona.

Pesquisadores como Carl Linnaeus (1707-1778), conhecido como o “Pai da Taxonomia Moderna”; e até mesmo outros antes dele coletavam, colecionavam, catalogavam e pesquisavam espécies animais e vegetais, realizando assim um levantamento destas em diferentes ambientes, mas Linnaeus foi quem deixou de herança um sistema de classificação que pudesse ser utilizado e compreendido em todo o mundo - a Taxonomia (PATERLINI, 2007). Tal ação foi e ainda é de extrema importância para o conhecimento da vida. Talvez Linnaeus não soubesse na época, mas sua atitude viria a contribuir diretamente com estudos de ecologia e praticamente toda área da biologia, influenciando inclusive futuramente o surgimento do termo “Biodiversidade”.

O termo, introduzido em meados dos anos 1980 por Warren G. Rosen (WILSON, 1988), que hoje em dia aparece frequentemente na mídia e na literatura científica, pode apresentar uma definição ambígua, especialmente por ser geralmente confundido com “riqueza de espécies” (número de espécies presentes em uma unidade geográfica) (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Biodiversidade, segundo definição de Faith (2007), pode ser compreendida como “a variedade de todas as formas de vida, de

genes a espécies, até a grande escala do ecossistema”, apresentando assim um conceito mais amplo e abrangente.

A principal “unidade de medida” da biodiversidade é justamente a espécie, já que através dela é possível realizar desde estudos à nível molecular, quanto grandes estudos ecológicos. A espécie torna-se assim, uma parte importante do estudo da biodiversidade, já que através dela e de diferentes características apresentadas por ela, importantes informações podem ser utilizadas para a conservação de formas de vida e para compreender as causas das mudanças no ambiente e na diversidade (FOOTITT & ADLER, 2009).

Sendo assim, os pesquisadores ao avaliarem a biodiversidade de determinada espécie, estudam aspectos como sua história evolutiva, comportamento e hábitos, morfologia, interações ecológicas, entre diversos outros fatores da(s) espécie(s) a fim de responder questões que auxiliem na proteção deste indivíduo, do ambiente e até mesmo dos humanos.

Ao longo das décadas, aproximadamente 43% da superfície terrestre mundial foi perturbada, com sua vegetação original modificada (BARNOSKY *et al.*, 2012) através da alteração de florestas tropicais e campos em áreas urbanas e voltadas para a

agricultura, áreas essas antropizadas, levando à uma crise na biodiversidade mundial (FOLEY *et al.*, 2005).

O Brasil, país que apresenta em sua fauna e flora, uma das maiores biodiversidades do planeta, vem cada vez mais seguindo essa tendência, com áreas voltadas para a agricultura e pecuária se expandindo (FERREIRA *et al.*, 2012), influenciando de forma direta áreas antes preservadas. Em comparação com o século passado, é estimado para o século XXI, mais que o dobro de espécies entrando em processo de extinção ou sendo consideradas extintas (PEREIRA *et al.*, 2010), com tal fator sendo influenciado pela ação do homem, que colabora com a aceleração das mudanças climáticas e perda do habitat natural.

Logo, estudos relacionados à Biodiversidade de determinado grupo ou ambiente são importantes ferramentas para auxiliar na adoção de medidas efetivas de proteção, especialmente da fauna do local avaliado, além do local em si, através de pesquisas que forneçam estratégias de curto e médio prazos. Sendo assim, pesquisas científicas envolvendo biodiversidade são fundamentais para quaisquer tentativas de conservação de ecossistemas, provendo um conhecimento mais direto sobre as espécies (COURI *et al.*, 2009).

Ainda, o conhecimento da biodiversidade evidencia padrões de referência para futuros estudos ambientais, com estes sendo utilizados para monitoramento e avaliação de impactos sobre a diversidade biológica. No caso de estudos com insetos de modo geral, o conhecimento sobre a diversidade deste grupo pode auxiliar na manutenção, recuperação e preservação da biodiversidade neste ambiente, trazendo assim, para o campo prático, medidas efetivas de proteção ambiental e redução do impacto ambiental (COURI *et al.*, 2009).

No estudo de Couri *et al.* (2009), mais bem detalhado ao final deste capítulo, foi realizado um levantamento dos insetos presentes na Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro, procurando desta forma contribuir com o conhecimento da diversidade da entomofauna da região. Porém, muitos grupos ainda são pouco estudados no Brasil, especialmente por conta do pequeno número de especialistas. Há também a questão de que estes especialistas estão, majoritariamente, concentrados na região sul/sudeste do país, por conta da maioria das instituições de pesquisa estarem concentradas nestas áreas, fazendo com que os estudos estejam ali concentrados. Assim, esta heterogeneidade no conhecimento gera pouca compreensão acerca da distribuição de determinadas espécies, como evidenciado pelos pesquisadores.

Portanto, tais estudos são importantes também como uma forma de evidenciar áreas já bem conhecidas, além de apresentar à futuros pesquisadores da biodiversidade novas áreas (áreas prioritárias) que possam ser exploradas em busca de novos conhecimentos. Estas áreas prioritárias são importantes para a coleta de dados primários, que são justamente onde não existem registros de determinadas espécies (COURI *et al.*, 2009).

Já no caso das regiões que apresentam dados com maior representatividade, é possível realizar estudos afim de definir o local como uma área de endemismo e maior riqueza de insetos, tornando-a prioritária para a conservação, conhecimento e compreensão de padrões de distribuição das espécies, além de uma maior proteção das espécies ameaçadas de extinção, contribuindo para preservação da biodiversidade e até mesmo para o conhecimento do potencial econômico e importância na área da saúde pública de diversos táxons (COURI *et al.*, 2009).

Este capítulo terá como foco a biodiversidade da família de moscas Muscidae, porém o estudo da biodiversidade pode ser aplicado, de diversas formas à diferentes organismos, de forma individual, analisando a espécie em si e aspectos mais intrínsecos à ela, ou de forma mais extensa, avaliando inclusive interações ecológicas e como a espécie responde ao seu meio e vice-versa.

Biodiversidade de insetos e sua importância para o Meio Ambiente

Insecta é o maior e mais diverso táxon do filo Arthropoda, estando dividido em 29 ordens (ARILLO & ENGEL, 2006; GRIMALDI & ENGEL, 2005) representadas pelos insetos, que apresentam como principais características morfológicas o corpo protegido por um rígido exoesqueleto formado de quitina dividido em cabeça, tórax e abdômen. Apresenta ainda três pares de pernas, um par de antenas, com algumas espécies ápteras (sem asas), como pulgas, piolhos e traças, enquanto outras podem apresentar apenas um par de asas, como indivíduos das ordens Diptera, Coleoptera e Strepsiptera; mas com a maioria das ordens apresentando dois pares funcionais de asas.

Atualmente Stork (2018) estima 7 milhões de artrópodes e 5,5 milhões de espécies de insetos. Em relação às espécies conhecidas e descritas por taxonomistas e especialistas, os números são estimados em 1.257.040 espécies de artrópodes e 1.053.578 de insetos (ZHANG, 2013, 2020), representando aproximadamente 82 e 69% de toda a diversidade animal (1.525,728 spp.), respectivamente (SANTOS; ALMEIDA; FERNANDES, 2021).

Os artrópodes de modo geral são considerados importantes componentes de ecossistemas aquáticos e terrestres, ocupando diversos nichos e habitats em diferentes escalas temporais e espaciais (PRICE *et al.*, 2011), não ocorrendo de forma distinta para os hexápodes. Insetos são animais fundamentais para a regulação dos serviços ecossistêmicos do planeta por conta de suas características e funções ecológicas como decompositores, herbívoros, parasitoides e parasitas, predadores, dispersores e polinizadores, dentre outras (GULLAN & CRANSTON, 2014).

Dentre os serviços prestados à humanidade pelos insetos, estão a polinização, decomposição, ciclagem de matéria, nutrientes e fluxo de energia, regulação do clima e da população através da diminuição de pestes e patógenos, dispersão de sementes e fertilização do solo, bioindicadores ecológicos e ambientais, proteção da biodiversidade; além de serviços culturais, científicos, educacionais e tecnológicos (CARDOSO *et al.*, 2020; SAMWAYS, 2019; SCHOWALTER; NORIEGA; TSCHARNTKE, 2018). A polinização, por exemplo, tem um valor estimado em mais de \$ 200 bilhões de dólares ao longo do mundo (NOVAIS *et al.*, 2016; RADER *et al.*, 2016), levando-se em conta que aproximadamente 90% das plantas com flores, incluindo 75% das principais culturas do mundo, são polinizadas por insetos (KLEIN *et al.*, 2007).

Porém, os insetos podem ainda trazer impactos adversos ao ambiente e a atividades humanas como agricultura, economia e saúde. Diversas doenças (arboviroses, leishmanioses, tripanossomíases, entre outras) e agentes patogênicos (vírus, bactérias, fungos, protozoários, ovos e larvas de helmintos etc.) podem ser transmitidos através de insetos vetores como mosquitos, moscas, pulgas e piolhos. Segundo Culliney (2014), pragas agrícolas (insetos e ácaros) são responsáveis por aproximadamente 18 e 26% de perda na produção agrícola anual em todo o mundo, resultando em uma perda econômica de \$ 470 bilhões de dólares anualmente.

Com alguns destes dados, percebe-se a importância dos artrópodes, em especial os insetos, na manutenção, equilíbrio e biodiversidade ambiental, podendo afetar diretamente os humanos, demonstrando assim a importância cada vez mais presente de serem realizados estudos com estes animais. Por conta da fragmentação e perda de habitat, poluição, alterações climáticas, introdução de espécies exóticas, extinção de espécies dependentes e superexploração dos recursos naturais, o declínio e extinção de diversas espécies animais, incluindo os insetos, encontra-se cada vez mais presente (CARDOSO *et al.*, 2020; SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS, 2019), fatores estes, em sua

maioria, influenciados pela ação humana, que causam um desequilíbrio ecológico.

Esse declínio na biodiversidade de hexápodes é preocupante pois, como demonstrado anteriormente, estes animais apresentam uma grande importância ecológica, além de serem extremamente sensíveis às mudanças no habitat em que vivem e à perturbação humana quando comparados a outros seres vivos como plantas e animais vertebrados (THOMAS, 2004). Muitas espécies apresentam o hábito alimentar especialista e vivem em regiões específicas, apresentando assim interações ecológicas particulares que podem influenciar diretamente na reestruturação da cadeia alimentar (LISTER & GARCIA, 2018), redução da abundância de insetos e artrópodes (HALLMANN *et al.*, 2017; LISTER & GARCIA, 2018) e na perda geral da diversidade (CARDOSO *et al.*, 2020; SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS, 2019).

As quatro ordens mais abundantes de insetos - Coleoptera, Hymenoptera, Diptera e Lepidoptera - representam cerca de 81% de todas as espécies descritas de insetos (FOOTITT & ADLER, 2009), e a maior concentração de insetos ocorre nas áreas tropicais do mundo, como a floresta Amazônica, lar de mais de 100.000 espécies de artrópodes (ERWIN, 2004), na qual 85% são insetos (MAY, 1988), demonstrando assim a importância em serem

realizados estudos para estas ordens animais na região neotropical, algumas vezes pouco explorada, apesar de seu potencial.

Assim, o primeiro passo para avaliar a biodiversidade de determinado ambiente para propósitos como o de conservação é aumentar o conhecimento da fauna, através de inventários de espécies já registradas, determinando assim a riqueza de espécies e o número de espécies a serem descobertas. Insetos são animais peculiares, que apresentam algumas características que os tornam boas ferramentas de estudo: são “compactos”, abundantes e, conhecendo sua biologia, previsíveis. Porém, estima-se que o número de espécies desconhecidas ainda seja alto, tornando-os ainda mais interessantes, e necessários, em estudos ambientais.

Diptera: qual o seu papel na biodiversidade ambiental?

A ordem Diptera (Linnaeus, 1758) é composta por insetos conhecidos popularmente como moscas e mosquitos podendo ainda receber outros nomes como mutucas ou butucas, carapanãs, pernilongos, maruins, mosca-do-berne, piolho da abelha, piuns ou borrachudos, com tais nomenclaturas referindo-se à diferentes famílias (CARVALHO *et al.*, 2012). A principal característica morfológica da ordem, que a nomeia, é a presença de apenas um

par de asas funcionais (di = duas; pteron = asa), com o segundo par alterado em halter (ou balancim), conferindo ao espécime estabilidade no voo (CARVALHO *et al.*, 2012).

Dentre as ordens de insetos, é a quarta mais diversa, assim como dentre os insetos holometábolos. Por conta da morfologia e hábito de suas espécies, está presente em todos os continentes, incluindo a Antártica e em praticamente todo habitat, exceto mar aberto e dentro de geleiras (COURTNEY *et al.*, 2017). É a ordem mais bem inventariada, apresentando assim catálogos taxonômicos em todas as regiões biogeográficas (CARVALHO *et al.*, 2012), o que contribui positivamente para o conhecimento de sua biodiversidade.

Em questão de números, a ordem apresenta aproximadamente 160.000 espécies existentes mundialmente (PAPE; BLAGODEROV; MOSTOVSKI, 2011), dividida em cerca de 160 famílias (EVENHUIS *et al.*, 2008), compreendendo de 10 a 15% de toda a biodiversidade mundial (COURTNEY *et al.*, 2017; SSYMANK *et al.*, 2008; YEATES *et al.*, 2007). Apesar das espécies já conhecidas serem bem inventariadas, os pesquisadores da ordem concordam que o número de espécies não descritas é extremamente alto, especialmente em algumas áreas (BROWN *et al.*, 2009), como na região tropical, e as consequências em não saber

quantas espécies – ou o mais importante, quais espécies – estão presentes nestes locais é maior para alguns táxons do que para outros (COURTNEY *et al.*, 2017). Na região Neotropical, segundo Amorim (2009), são conhecidas mais de 31 mil espécies distribuídas em 118 famílias. No Brasil, há cerca de 8.700 espécies.

O ciclo de vida holometábolo é um dos principais fatores que auxiliou no sucesso evolutivo da ordem, que é uma das mais antigas dentre as outras ordens que apresentam este tipo de desenvolvimento, tendo sua origem no período Permiano Superior, apresentando grande diversificação no Triássico Médio, com as principais linhagens da ordem originadas no Triássico Superior (YEATES *et al.*, 2007).

Insetos que passam pela metamorfose completa apresentam quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. Tal característica auxilia na diversidade da estrutura e morfologia, habitat, hábito de vida e interações do espécime, influenciando assim na diversidade de espécies (BROWN, 2001; HENNIG, 1973; MARSHALL, 2012; MCALPINE *et al.*, 1981, 1987; PAPE, 2009; PAPP & DARVAS, 2000; SKEVINGTON & DANG, 2002).

Em Diptera, ocorrem três tipos de desenvolvimento embriológico: viviparidade (embrião se desenvolve e eclode dentro do corpo da

fêmea), ovoviviparidade (os ovos são depositados em um estágio avançado de desenvolvimento embrionário; com a larva emergindo imediatamente após a postura da fêmea) e a oviparidade (o embrião continua a se desenvolver por um tempo mais longo no ovo após a postura do mesmo pela fêmea) (MEIER; KOTRBA; FERRAR, 1999).

Os ovos podem ser colocados individualmente ou em massa, sendo encontrados em diferentes substratos como pedras, vegetais, corpos d'água ou diretamente sobre o substrato alimentar, o que facilita o desenvolvimento da larva (COURTNEY *et al.*, 2009).

As larvas apresentam alta diversidade na forma, estrutura e habitat. Não apresentam pernas verdadeiras e são encontradas tanto em ambientes aquáticos quanto terrestres (COURTNEY & MERRITT, 2009, 2008; FERRAR, 1987; HÖVEMEYER, 2000; TESKEY, 1976), porém, metade destas são aquáticas, especialmente espécies do grupo mais basal (Nematocera), o que faz com que muitas espécies deste grupo apresentem importância ecológica como bioindicadores aquáticos durante este período de desenvolvimento. De modo geral, as demais espécies do grupo mais recente (Brachycera) vivem em ambientes úmidos

(GUIMARÃES & AMORIM, 2006) e/ou terrestres, sejam estes substratos alimentares ou não.

A maior parte da alimentação e acúmulo de biomassa ocorre durante a fase larval (COURTNEY *et al.*, 2009), na qual as espécies podem apresentar hábitos herbívoros, carnívoros, inclusive em matéria orgânica em decomposição, predadores, além de parasitas ou parasitoides. A maioria é de vida livre, vivendo em sedimentos, madeira, frutas, matéria orgânica em decomposição, tecido de animais vivos, entre outros (COURTNEY *et al.*, 2009).

Durante o estágio seguinte, a pupa não se alimenta e permanece inerte, protegida pelo pupário, estrutura quitinizada que evita dessecação e protege o espécime da abrasão e outros fatores externos, enquanto este sofre o processo de metamorfose até a completa formação do adulto. Esta fase pode ocorrer tanto em ambiente terrestre quanto aquático, e em alguns, a metamorfose ocorre ainda no substrato alimentar, sem o abandono da dieta pelo estágio anterior de larva de terceiro instar, como descrito por Krüger *et al.* (2002) com o desenvolvimento de *Synthesiomysia nudiseta* (Wulp, 1883), uma espécie de Muscidae.

Quando adulto, a dieta dos espécimes consiste em diversos tipos de substratos como pólen (Nemestrinidae, Syrphidae), néctar

(Blephariceridae, Bombyliidae), sangue de vertebrados (Culicidae, Glossinidae), hemolinfa de outros insetos (alguns Ceratopogonidae), e alguns compostos orgânicos sólidos, vegetais ou animais, que no caso dos espécimes com probóscide do tipo sugador, como Calliphoridae, Micropezidae e Muscidae, é regurgitado um fluído ou saliva com enzimas (substâncias orgânicas que aceleram reações químicas) para dissolver o alimento e assim, ser ingerido por sucção. Há ainda algumas famílias com espécies predadoras (Asilidae, Empididae e alguns Scathophagidae) e espécies das famílias Deuterophlebiidae e Oestridae que não apresentam aparelho bucal, não se alimentando na fase adulta (COURTNEY *et al.*, 2009).

Ao estudar e compreender aspectos como o tipo de desenvolvimento da ordem, nota-se a grande diversidade alimentar, de ambiente e interações intra e interespecíficas que seus indivíduos apresentam, evidenciando o potencial do táxon e de suas espécies para estudos que podem futuramente servir como base para projetos de conservação, como apresentados mais ao final do capítulo, especificamente com algumas espécies da família Muscidae.

Muscidae: como a sua biodiversidade pode contribuir para a conservação ambiental?

Uma das famílias de Diptera com maior diversidade, Muscidae apresenta mais de 5.200 espécies descritas em 200 gêneros distribuídas em todas as regiões biogeográficas (PAPE & THOMPSON, 2013). Na região Neotropical, estão registradas aproximadamente 850 espécies em 85 gêneros, com estimativas de que esta riqueza é subestimada para esta região biogeográfica (COURI & CARVALHO, 2013; CARVALHO *et al.*, 2005). Hennig (1965) indica que a primeira invasão de Muscidae, na América do Sul, ocorreu através do hemisfério norte ao longo do Cretáceo Superior ou no início do período Terciário.

As espécies desta família apresentam hábitos muito variados, fazendo com que assim, inclusive em diferentes fases da vida, consigam colonizar diferentes ambientes, contribuindo para a sua biodiversidade. Logo, os muscídeos podem ser encontrados em colunas d'água em buracos de tronco de árvores, bromélias, margens de rios e lagos, áreas alagadas e lama; ninhos e tocas de mamíferos, aves e em outros insetos; em tecidos de animais vivos, causando miíases obrigatórias ou facultativas; e em matéria orgânica em decomposição, seja vegetal como em troncos, raízes, folhas e fungos; ou animal, como no caso de fezes e carcaças de

vertebrados (KRÜGER, 2006), porém, evitam a maioria das regiões áridas (CARVALHO *et al.*, 2005).

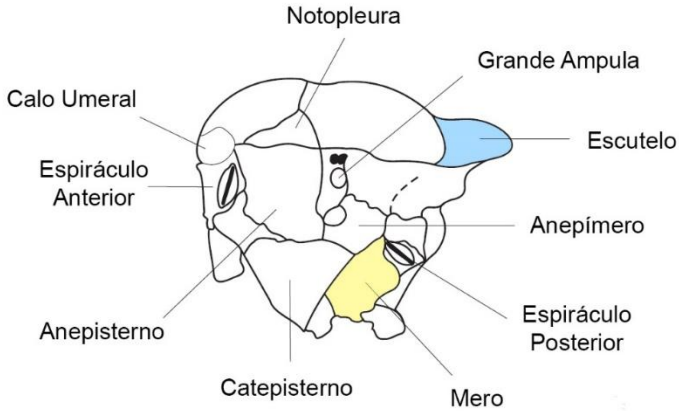
Por conta destes hábitos, diversas espécies apresentam importância ecológica como polinizadoras, decompositoras, predadoras e parasitas, além da área médico-sanitária, veterinária e forense, por conta de sua associação com o homem, como por exemplo a espécie mundialmente conhecida, *Musca domestica* (Linnaeus, 1758). Cosmopolita, esta espécie é encontrada especialmente nas cidades, sendo atraída pelo lixo produzido pelos humanos e material orgânico em decomposição, podendo assim, transmitir diversos patógenos.

Muscidae é um grupo com diversos estudos que procuram avaliar seus aspectos taxonômicos (CARVALHO, 2002), incluindo trabalhos de revisões de gêneros (COURI & FERNANDES, 2014) e tribo (NIHEI & CARVALHO, 2007); estudos filogenéticos com base em dados morfológicos e moleculares (HASEYAMA *et al.*, 2015; HASEYAMA & CARVALHO, 2012), além também de estudos relacionados à sua biologia (SKIDMORE, 1985), dentre outros aspectos que auxiliam cada vez mais no conhecimento da diversidade da família.

Os adultos, por conta da sua capacidade de voo, podem muitas vezes se alimentar da mesma dieta dos imaturos, sendo encontrados nestes ambientes e assim, aumentando a capacidade de vetorização de doenças ou até mesmo de polinização. Nesta família, as principais características morfológicas que a distingue de outras do grupo dos Caliptrados é o mero nu de cerdas (ou com cerdas fracas, sem formar uma fileira forte de cerdas), assim com o escutelo nu na seção ventral (Figura 1) e a veia A1 + CuA2 não alcançando a margem da asa, não sendo curvada em direção à veia A1 (Figura 2) (CARVALHO *et al.*, 2005).

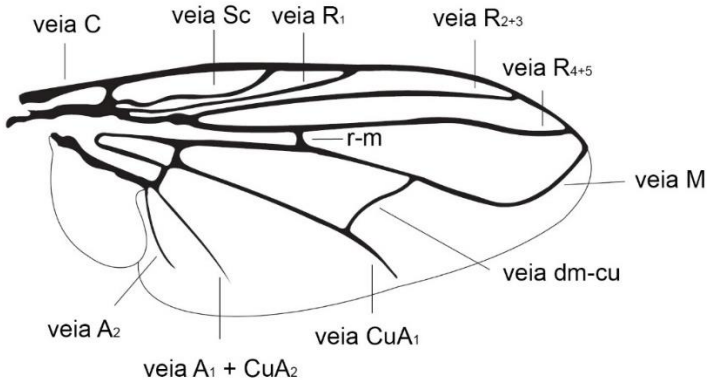
Esta família ainda apresenta outras características morfológicas exclusivas, que indicam a monofilia do grupo, como a fêmea apresentando menos de sete pares de espiráculos abdominais (houve a perda dos espiráculos pós-abdominais, exceto por Achantiptera - Paleártico - e Cariocamyia - Neotropical - que readquiriram o 6º espiráculo). Nos machos, há a ausência das glândulas acessórias no sistema reprodutor, enquanto nas larvas os ganchos orais apresentam-se fundidos uns nos outros ou muito próximos (CARVALHO & COURI, 2002; MCALPINE & WOOD, 1989; SKIDMORE, 1985).

Figura 1: Vista lateral do tórax de Muscidae, apresentando seus caracteres e com o mero (amarelo) e o escutelo (azul) nu em evidência.



Fonte: Imagem adaptada de Carvalho & Mello-Patiu (2008).

Figura 2: Asa de *Synthesiomya nudiseta* (Diptera: Muscidae).



Fonte: Imagem adaptada de Carvalho & Mello-Patiu (2008).

Como citado anteriormente neste capítulo, estudos de biodiversidade colaboram especialmente com o conhecimento

acerca da distribuição das espécies, podendo estes sugerirem regiões de proteção ou que apresentem uma maior atenção de estudos, além também de poderem contribuir com a saúde ambiental da região, através de dados ecológicos e biológicos da espécie que podem ser coletados posteriormente. As espécies da família Muscidae podem agir como uma ótima ferramenta de estudo para a área da biodiversidade, já que apresentam características como uma ampla ocupação de áreas, elevada riqueza de espécies e uma vasta gama de habitats (CARVALHO *et al.*, 2005; FERRAR, 1987; SKIDMORE, 1985).

O estudo de Löwenberg-Neto & Carvallho (2009) apresenta uma análise biogeográfica de áreas de endemismo e áreas de diversificação de Muscidae na região Andina e Neotropical através de espécimes de museus e dados da literatura. Foram registradas um total de 38 áreas endêmicas para a família, na qual dez áreas já estavam de acordo com estudos e registros prévios, enquanto onze novas regiões foram registradas, sendo algumas delas no Panamá e Chile central.

Seus resultados apresentaram ainda diferentes padrões espaciais para a família em diferentes localidades, o que ajuda a elucidar questões evolutivas da distribuição geográfica da família, como a diversificação e riqueza das espécies, além de áreas de

endemismo, fatores estes que influenciam em dados referentes à questões ecológicas como sinantropia, saúde pública, polinização, espécies nativas versus exóticas, dentre outras.

Em 2013, os mesmos autores realizaram mais um estudo de distribuição geográfica para a família, desta vez para a região da América Latina e Caribe (Figura 3), através de espécimes de coleção e registros na literatura, resultando em 817 espécies que foram conectadas com seus registros geográficos de país, estado/província e localidade com latitude e altitude. O estudo compila 250 anos de coleções e estudos taxonômicos de muscídeos da região Neotropical (LÖWENBERG-NETO & CARVALHO, 2013). Carvalho *et al.* (2005) registraram mais de 850 registros de Muscidae na região Neotropical, com registros em áreas que vão desde costeiras rochosas e praias até o páramo do planalto andino. Já no estudo de Haseyama, Pereira-Colavite & Carvalho (2015), os autores analisaram a distribuição geográfica da família na América Latina, com novos registros para o Brasil, Colômbia e Costa Rica. Para isso, foram realizadas coletas em diferentes áreas do campo de estudo entre 2006 e 2011, com a cidade de Joinville (Santa Catarina, Brasil) como a área de coleta mais ao sul, e a Área de Conservação Guanacaste (Santa Rosa, Costa Rica), a mais ao norte. O levantamento revelou 36 novos registros de 28 espécies

em oito gêneros. Importante chamar a atenção para dois novos registros na América Central; cinco para países da América Latina; 22 para estados brasileiros e de outros países e nove em diversos municípios brasileiros.

Alguns estudos relacionados à biodiversidade de Muscidae no Brasil, ocorridos especialmente na região sul e sudeste, evidenciam a necessidade de novas pesquisas e levantamentos da dipterofauna em outras regiões do país, ou até mesmo em outros estados, municípios e biomas já comumente avaliados. Ainda assim, estes estudos e levantamentos auxiliam na conservação e definição de áreas e proteção, através do inventário de insetos, fornecendo assim dados para que ações sejam concluídas através dos órgãos de competência.

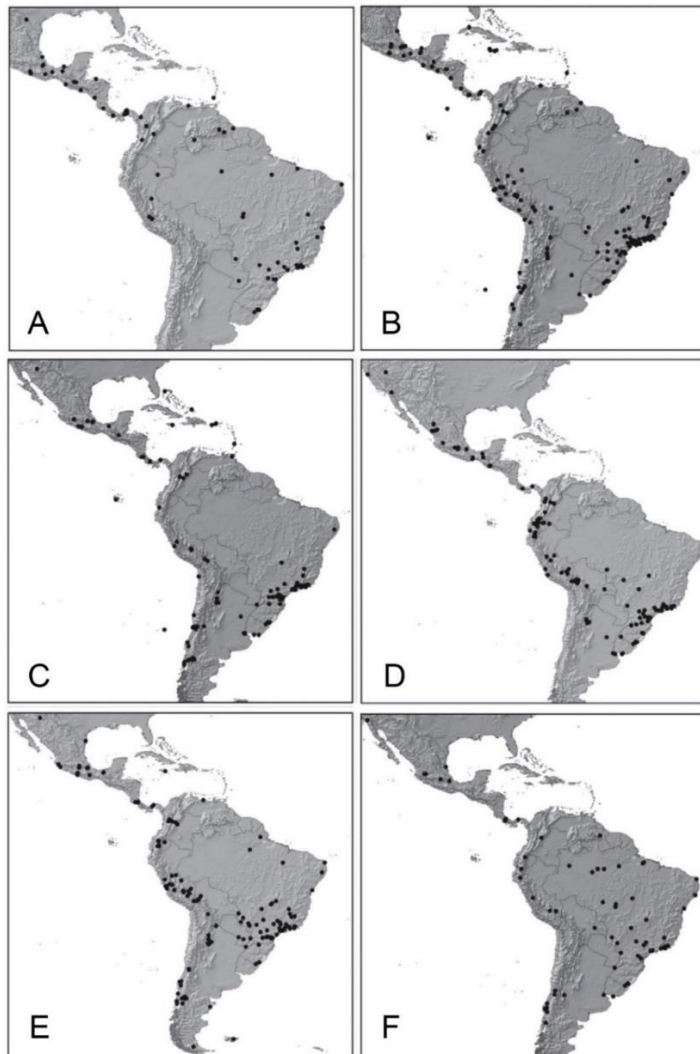
Os pesquisadores Zafalon-Silva, Kirst & Krüger (2018) investigaram a diversidade de Muscidae em áreas protegidas e não protegidas da planície costeira brasileira do bioma Pampa, região sul do país. Como resultado, amostraram 6.314 indivíduos, com 98 espécies distribuídas em 31 gêneros, representando entre 70 e 86% de todos os muscídeos da área estudada. Ocorreram registros de grande diversidade tanto em área não protegida, como na região de Pelotas, quanto na Estação Ecológica do Taim,

área de proteção ambiental, ambas localizadas no Rio Grande do Sul, Brasil.

Ao encontrarem espécies invasoras em áreas de criação de animais domésticos e/ou gado, os autores evidenciaram o impacto desta atividade próxima à áreas de conservação, além também de observarem uma grande diversidade de espécies com hábitos carnívoros associadas à áreas florestais e preservadas, e um elevado nível de espécies saprófagas como indicadoras de antropização, demonstrando assim a importância da análise da biodiversidade de determinado grupo em diferentes áreas.

Couri & Barros (2009) inventariaram espécies de Muscidae no estado do Rio de Janeiro, através da literatura e de material depositado em instituições de pesquisa, como o Museu Nacional e universidades, registrando um total de 232 espécies distribuídas em 49 gêneros para a família, com 44 novos registros. Já em relação aos locais de registro, dos 93 municípios do estado, apenas 24 destes continham registro de espécies, sendo que nos municípios restantes (maioria na região norte e nordeste do estado) não foram encontrados nenhum registro, demonstrando assim a importância do conhecimento nestas regiões, ainda pouco exploradas pelos pesquisadores desta família.

Figura 3: Distribuição geográfica de espécies de alguns gêneros de Muscidae de importância ambiental (espécies pouco tolerantes a regiões antropizadas e/ou encontradas em áreas bem preservadas) ao longo da América Latina e Caribe: a) *Cyrtoneurina* spp. b) *Limnophora* spp. c) *Neodexiopsis* spp. d) *Phaonia* spp. e) *Helina* spp. f) *Graphomya* spp.



Fonte: Imagem adaptada de Löwenberg-Neto & Carvalho (2013).

Houve registros neste estudo de 16 espécies de Muscidae para o município de Vassouras, RJ, como apresentadas na tabela a seguir (Tabela 1), com suas respectivas subfamílias e tribos representadas.

Tabela 1: Lista de espécies de Muscidae ($n = 16$) registradas no município de Vassouras, estado do Rio de Janeiro, segundo Couri & Barros (2009).

Subfamília	Tribo	Espécie
Muscinae Latreille, 1802	Muscini Latreille, 1802	<i>Biopyrellia bipuncta</i> (Wiedemann, 1830) <i>Morellia couriae</i> Pamplona, 1986 <i>Morellia dalcyi</i> Pamplona, 1986 <i>Morellia humeralis</i> (Stein, 1918) <i>Morellia violacea</i> (Robineau- Desvoidy, 1830) <i>Parapyrellia maculipennis</i> (Macquart, 1846)
Azeliinae Robineau- Desvoidy, 1830	Azeliini Robineau- Desvoidy, 1830	<i>Ophyra</i> (= <i>Hydrotaea</i>) <i>aenescens</i> (Wiedemann, 1830)
Phaoniinae Malloch, 1917		<i>Dolichophaonia brasiliensis</i> (Albuquerque, 1958)
Mydaeinae Verrall, 1888		<i>Brontaea debilis</i> (Williston, 1896)

Coenosiinae Verrall, 1888	Limnophorini Villeneuve, 1902	<i>Limnophora altaneira</i> (Albuquerque, 1954) <i>Limnophora aurifacies</i> Stein, 1911 <i>Limnophora corvina</i> (Giglio- Tos, 1893) <i>Limnophora piliseta</i> Stein, 1919 <i>Limnophora saeva</i> (Wiedemann, 1830)
	Coenosiini	<i>Bithoracochaeta annulata</i> Stein, 1911 <i>Bithoracochaeta calopus</i> (Bigot, 1885)

Alguns gêneros e espécies de Muscidae de importância ambiental

Como apresentado anteriormente, Muscidae demonstra algumas características que tornam a família, e em especial algumas de suas espécies, importante para estudos de biodiversidade.

Espécies como *Musca domestica* e *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758), além de várias do gênero *Hydrotaea* Robineau-Desvoidy, 1830 podem indicar perturbação em áreas de floresta nativa justamente por serem espécies sinantrópicas, sendo mais comumente encontradas nas cidades e próximas ao homem

(GREENBERG, 1971; KRÜGER; CARVALHO; RIBEIRO, 2010; SKIDMORE, 1985; ZAFALON-SILVA *et al.*, 2014). Já espécies dos gêneros *Cyrtoneurina* Giglio-Tos, 1893; *Limnophora* Robineau-Desvoidy, 1830; *Neomuscina* Townsend, 1919; *Neodexiopsis* Malloch, 1920; entre outras, são pouco tolerantes à regiões antropizadas, podendo desta forma agir como indicadoras de áreas e ambientes saudáveis e bem preservados (KRÜGER; CARVALHO; RIBEIRO, 2010; SKIDMORE, 1985; WERNER & PONT, 2006).

A abundância de espécies predadoras como as dos gêneros *Neodexiopsis* e *Limnophora* indica também a saúde ambiental do local. São encontradas em locais de água doce, onde a larva pode se desenvolver e se alimentar, geralmente de outras espécies de Diptera, como Chironomidae e Simuliidae, que não toleram áreas degradadas (WERNER & PONT, 2006).

Espécies saprófagas também são boas indicadoras de perturbação de ambiente, especialmente por conta da presença de gado, por conta de suas fezes, e o aumento de outros animais não comuns em áreas de proteção. Larvas de *Sarcopromusca pruna* (Shannon & Del Ponte, 1926) se alimentam e são associadas a fezes (PEDROSO-DE-PAIVA, 1996), enquanto os adultos alimentam-se em feridas de vertebrados induzidas por outras espécies de muscídeos, estes

hematófagos, como *Haematobia irritans* Linnaeus, 1758 e *S. calcitrans* (ZAFALON-SILVA; KIRST; KRÜGER, 2018). Ainda, *S. pruna* é comumente associada com a espécie *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr., 1781) (Cuterebridae), causadora de miíase primária (obrigatória), por ser uma das principais espécies vetoras dos ovos do parasita (AZEVEDO *et al.*, 2007).

Larvas dos gêneros *Phaonia*, *Helina* e *Graphomya* são predadoras generalistas naturais em ambientes contendo húmus e musgos, sendo geralmente encontradas em ambientes bem preservados. Já espécimes de *Gymnodia* são frequentemente encontradas em fezes de vertebrados herbívoros, ocorrendo a associação deste gênero com ambientes com a presença de gado e possivelmente, intervenção humana (SKIDMORE, 1985).

Como apresentado anteriormente, a presença (ou não) de determinadas espécies em algum ambiente pode indicar uma perturbação no local, ou até mesmo em suas proximidades, à ponto de influenciar no ecossistema e biodiversidade de áreas de proteção, já que moscas podem alcançar longas distâncias através do voo, alcançando e se adaptando à novos habitats. Mas, outro fator que também é essencial para o equilíbrio ambiental é justamente a decomposição da matéria orgânica, de modo que esta renova o ciclo de nutrientes no ambiente e reduz a exposição

destes resíduos (CASTELLI; GLEISER; BATTÁN-HORENSTEIN, 2020), evitando assim a proliferação de microrganismos que poderiam ali se desenvolver e ocasionar em doenças à diferentes organismos no futuro.

Por conta do hábito alimentar de diversas espécies, a ordem Diptera é considerada uma das mais importantes neste papel, com indivíduos de diversas famílias, como Muscidae, encontrados em fezes animais, assim como matéria orgânica animal e vegetal em decomposição. Barton e Evans (2017) realizaram estudos a fim de determinar se variações no ambiente poderiam afetar o processo ecológico da decomposição animal, além de sua fauna associada. Para algumas ordens, como Coleoptera e Hymenoptera, além de alguns predadores oportunistas, há um efeito significativo, porém este não foi encontrado no caso de espécies saprófagas, com um resultado menos representativo, enquanto, no caso das moscas, não foram apresentados efeitos significativos.

Castelli, Gleiser & Battán-Horenstein (2020) procuraram avaliar o papel de moscas saprófagas (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Fanniidae e Phoridae), além de espécies das ordens Coleoptera e Hymenoptera, na perda de massa em diferentes tipos de matéria orgânica (víscera de frango e mistura de ovos crus com farinha) em decomposição, comuns de área urbana. Os autores

observaram pouca atração e desenvolvimento de imaturos no substrato de ovos e farinha - substrato este representando o que seria mais facilmente encontrado nos centros urbanos do que em regiões de mata -, com uma abundância maior de indivíduos no frango.

As espécies de Muscidae (n = 180) coletadas na isca de vísceras de frango foram *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (n = 165); *Muscina stabulans* (Fallén, 1817) (n = 7) e *Ophyra* (= *Hydrotaea*) *aenescens* (Wiedemann, 1830) (n = 8); sem a presença destas na isca de ovos com farinha. Houve ainda o desenvolvimento das espécies *M. domestica* e *O.* (= *Hydrotaea*) *aenescens* na armadilha contendo frango, com a emergência de 12 e 16 espécimes adultos, respectivamente. As três espécies são encontradas em área urbana.

Apesar da presença de *M. stabulans* no substrato, espécie esta abundante também em áreas urbanas (CARVALHO; ALMEIDA; JESUS, 1984; LINHARES, 1981) e de criação de animais, como granjas avícolas, com sua larva de terceiro instar apresentando comportamento predatório facultativo com *M. domestica* (SKIDMORE, 1985), a grande abundância desta última espécie impediu o desenvolvimento de *M. stabulans*, sem nenhuma emergência desta espécie na armadilha. Desta forma, observa-se

também relações interespecíficas de predação, podendo estas indicarem também a biodiversidade local.

Muscídeos geralmente são conhecidos por conta da importância médico-sanitária que algumas espécies apresentam, vide a mais comum e conhecida mosca doméstica ou mosca-de-casa (*M. domestica*). Porém, uma família tão vasta e tão presente em diferentes habitats apresenta também indivíduos fortemente ligados à ambientes naturais e a condições específicas para que consigam se desenvolver.

Conhecer estas espécies, a biologia e os locais que habitam confirmam-se ser de extrema importância para identificar e mensurar a saúde e biodiversidade do ambiente em questão e de suas localidades próximas, além de questões a serem corrigidas ou aperfeiçoados, demonstrando assim a importância de estudos interdisciplinares, como associações entre a ecologia, biogeografia, taxonomia, área da saúde, dentre diversas outras, para que estes dados possam auxiliar a responder questões – novas ou antigas – sobre a biodiversidade da família, sua história e sua importância para o homem e meio ambiente.

Referências

AMORIM, D. DE S. Chapter Three. Neotropical Diptera Diversity: Richness, Patterns, and Perspectives. In: PAPE, T.; BICKEL, D.; MEIER, R. (Eds.). **Diptera Diversity: Status, Challenges and Tools**. Leiden: Koninklijke Brill NV, 2009. p. 71–97.

ARILLO, A.; ENGEL, M. S. Rock Crawlers in Baltic Amber (Notoptera: Mantophasmatodea). **American Museum Novitates**, n. 3539, p. 1–10, 2006.

AZEVEDO, R. R. *et al.* Occurrence of *Sarcopromusca pruna* (Diptera) in Southern Brazil as a vector of *Dermatobia hominis* (Diptera) eggs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 5, p. 1348–1350, out. 2007.

BARNOSKY, A. D. *et al.* Approaching a state shift in Earth's biosphere. **Nature**, v. 486, p. 52–58, 2012.

BARTON, P. S.; EVANS, M. J. Insect biodiversity meets ecosystem function: differential effects of habitat and insects on carrion decomposition. **Ecological Entomology**, v. 42, n. 3, p. 364–374, jun. 2017.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Padrões de Riqueza em Espécies**. In: **Ecologia: de Indivíduos a Ecosistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 602–632.

BROWN, B. V. **Flies, gnats, and mosquitoes**. In: LEVIN, S. A. (Ed.). **Encyclopedia of Biodiversity**. San Diego: Academic Press, 2001. p. 815–826.

BROWN, B. V. *et al.* **Manual of Central American Diptera**. Ottawa, Canada: NRC Research Press, 2009. v. 1

CARDOSO, P. *et al.* Scientists' warning to humanity on insect extinctions. **Biological Conservation**, v. 242, p. 1–12, fev. 2020.

CARVALHO, C. J. B. **Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region: Taxonomy**. Curitiba: Editora UFPR, 2002.

CARVALHO, C. J. B. *et al.* A Catalogue of the Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region. **Zootaxa**, v. 860, n. 1, p. 1, 16 fev. 2005.

CARVALHO, C. J. B.; COURI, M. S. **Part I. Basal groups.** In: CARVALHO, C. J. B. (Ed.). **Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region: Taxonomy.** Série Pesquisa. Curitiba: Editora UFPR, 2002. p. 17-132.

CARVALHO, C. J. B.; MELLO-PATIU, C. A. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 3, p. 390-406, 2008.

CARVALHO, C. J. B. DE *et al.* Diptera. In: RAFAEL, J. A. *et al.* (Eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia.** Ribeirão Preto, SP: Holos Editora, 2012. p. 701-743.

CARVALHO, C. J. B. DE; ALMEIDA, J. R.; JESUS, C. B. Dípteros sinantrópicos de Curitiba e arredores (Paraná, Brasil). I. Muscidae. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 28, p. 551-560, 1984.

CASTELLI, L. E.; GLEISER, R. M.; BATTÁN-HORENSTEIN, M. Role of saprophagous fly biodiversity in ecological processes and urban ecosystem services. **Ecological Entomology**, v. 45, n. 3, p. 718-726, jun. 2020.

COURI, M. S. *et al.* Levantamento dos Insetos da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 67, n. 3-4, p. 151-154, 2009.

COURI, M. S.; BARROS, G. P. DA S. Muscidae (Diptera) of Rio de Janeiro State (Southeastern Brazil): Inventory of species and notes on biology and distribution. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 67, n. 3-4, p. 189-206, 2009.

COURI, M. S.; CARVALHO, C. J. B. DE. A new genus and species of Coenosiini from Costa Rica (Diptera, Muscidae, Coenosiinae). **ZooKeys**, v. 321, p. 25-34, ago. 2013.

COURI, M. S.; FERNANDES, J. M. Revision of the Neotropical genus *Mulfordia* Malloch (Diptera, Muscidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 3, p. 229–234, set. 2014.

COURTNEY, G.; MERRITT, R. **Diptera (non-biting flies)**. In: LIKENS, G. E. (Ed.). **Encyclopedia of Inland Waters**. Oxford, UK: Elsevier Limited, 2009. v. 2p. 288–298.

COURTNEY, G. W. *et al.* Biodiversity of Diptera. In: FOOTITT, R.; ADLER, P. H. (Eds.). **Insect biodiversity: Science and Society**. 1. ed. Chichester, UK; Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2009. p. 185–222.

COURTNEY, G. W. *et al.* Biodiversity of Diptera. In: FOOTITT, R. G.; ADLER, P. H. (Eds.). **Insect Biodiversity: Science and Society**. 2. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. v. 1p. 229–278.

COURTNEY, G. W.; MERRITT, R. W. **Aquatic Diptera: part one. Larvae of aquatic Diptera**. In: MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B. (Eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 4. ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing, 2008. v. 22p. 687–722.

CULLINEY, T. W. **Crop Losses to Arthropods**. In: PIMENTEL, D.; PESHIN, R. (Eds.). **Integrated Pest Management**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 201–225.

ERWIN, T. L. **The biodiversity question: how many species of terrestrial arthropods are there?** In: LOWMAN, M. D.; RINKER, H. B. (Eds.). **Forest Canopies**. 2. ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2004. p. 544.

EVENHUIS, N. *et al.* **Biosystematic database of world Diptera, Version 10.5**. 2008. Disponível em: < <http://www.diptera.org/>>. Acesso em: 3 nov. 2020.

FAITH, D. P. **Biodiversity**. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**, 2007. Disponível em: <

<https://plato.stanford.edu/entries/biodiversity/>>. Acesso em: 3 nov. 2020.

FERRAR, P. **A Guide to the Breeding Habits and Immature Stages of Diptera Cyclorrhapha**. Copenhagen: BRILL, 1987. v. 8.

FERREIRA, J. *et al.* Towards environmentally sustainable agriculture in Brazil: challenges and opportunities for applied ecological research. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, p. 535–541, 2012.

FOLEY, J. A. *et al.* Global Consequences of Land Use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 22 jul. 2005.

FOOTITT, R. G.; ADLER, P. H. (EDS.). **Insect Biodiversity: Science and Society**. 1. ed. Chichester, UK ; Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2009.

GREENBERG, B. **Flies and Disease. Ecology, Classification and Biotic Associations**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1971. v. 1

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. **Evolution of the Insects**. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 2005.

GUIMARÃES, J. H.; AMORIM, D. S. **Diptera**. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. (Eds.). **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto, SP: Holos Editora, 2006. p. 147–160.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **The Insects: An Outline of Entomology**. 5. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2014.

HALLMANN, C. A. *et al.* More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. 1–21, out. 2017.

HASEYAMA, K. L. F. *et al.* Say goodbye to tribes in the new house fly classification: A new molecular phylogenetic analysis and an

updated biogeographical narrative for the Muscidae (Diptera). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 89, p. 1–12, ago. 2015.

HASEYAMA, K. L. F.; CARVALHO, C. J. B. Taxonomy and phylogeny of the Neotropical genus *Charadrella* Wulp (Diptera, Muscidae). **Invertebrate Systematics**, v. 26, n. 4, p. 399–416, 2012.

HASEYAMA, K. L. F.; PEREIRA-COLAVITE, A.; CARVALHO, C. J. B. New distribution records for Muscidae (Insecta: Diptera) in Latin America. **Check List**, v. 11, n. 6, p. 1810, dez. 2015.

HENNIG, W. Vorarbeiten zu einem phylogenetischen System der Muscidae (Diptera: Cyclorrhapha). **Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde**, v. 141, p. 1–100, 1965.

HENNIG, W. Diptera (Zweiflügler). **Handbuch der Zoologie**, v. 4, n. 2, p. 1–337, 1973.

HÖVEMEYER, K. Ecology of Diptera. In: PAPP, L.; DARVAS, B. (Eds.). **Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera 1: General and Applied Dipterology**. Budapest: Science Herald, 2000. p. 437–489.

KLEIN, A.-M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of The Royal Society B**, v. 274, p. 303–313, 2007.

KRÜGER, R. F. *et al.* Desenvolvimento de *Synthesiomyia nudiseta* (Diptera, Muscidae) em laboratório. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 92, n. 4, p. 25–30, dez. 2002.

KRÜGER, R. F. **Análise da riqueza e da estrutura das assembléias de Muscidae (Diptera) no bioma Campos Sulinos, Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas – Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

KRÜGER, R. F.; CARVALHO, C. J. B. DE; RIBEIRO, P. B. Assembly rules in Muscid Fly assemblages in the grasslands

Biome of Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 345–353, jun. 2010.

LINHARES, A. X. Synanthropy of Muscidae, Fanniidae and Anthomyiidae (Diptera) in the city of Campinas, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 25, p. 231–243, 1981.

LISTER, B. C.; GARCIA, A. Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 44, p. E10397–E10406, out. 2018.

LÖWENBERG-NETO, P.; CARVALHO, C. J. B. Areas of endemism and spatial diversification of the Muscidae (Insecta: Diptera) in the Andean and Neotropical regions. **Journal of Biogeography**, v. 36, n. 9, p. 1750–1759, set. 2009.

LÖWENBERG-NETO, P.; CARVALHO, C. J. B. DE. Muscidae (Insecta: Diptera) of Latin America and the Caribbean: geographic distribution and checklist by country. **Zootaxa**, v. 3650, n. 1, p. 001–147, 2013.

MARSHALL, S. A. **Flies: The Natural History and Diversity of Diptera**. New York: Firefly Books, 2012.

MAY, R. M. How Many Species Are There on Earth? **Science**, v. 241, n. 4872, p. I441–1449, set. 1988.

MCALPINE, J. F. *et al.* (EDS.). **Manual of Nearctic Diptera**. Ottawa: Research Branch, Agriculture Canada, 1981. v. 1

MCALPINE, J. F. *et al.* (EDS.). **Manual of Nearctic Diptera**. Ottawa: Research Branch, Agriculture Canada, 1987. v. 2.

MCALPINE, J. F.; WOOD, D. M. (EDS.). **Manual of Nearctic Diptera**. Ottawa: Research Branch, Agriculture Canada, 1989. v. 3

MEIER, R.; KOTRBA, M.; FERRAR, P. Ovoviviparity and viviparity in the Diptera. **Biological Reviews**, v. 74, n. 3, p. 199–258, 1999.

NIHEI, S. S.; CARVALHO, C. J. B. Phylogeny and classification of Muscini (Diptera, Muscidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 149, n. 4, p. 493–532, abr. 2007.

NOVAIS, S. M. A. *et al.* Effects of a Possible Pollinator Crisis on Food Crop Production in Brazil. **PLOS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–12, 2016.

PAPE, T. **Economic importance of Diptera**. In: BROWN, B. V. *et al.* (Eds.). **Manual of Central American Diptera**. Ottawa, Canada: NRC Research Press, 2009. v. 1p. 65–77.

PAPE, T.; BLAGODEROV, V.; MOSTOVSKI, M. B. **Order Diptera Linnaeus, 1758**. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, v. 3148, n. 1, p. 222–229, dez. 2011.

PAPE, T.; THOMPSON, F. C. **Family Tables**. Disponível em: <<http://www.diptera.org/FamilyTables>>. Acesso em: 3 nov. 2020.

PAPP, L.; DARVAS, B. **Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera 1: General and Applied Dipterology**. Budapest: Science Herald, 2000.

PATERLINI, M. There shall be order: The legacy of Linnaeus in the age of molecular biology. **EMBO reports**, v. 8, n. 9, p. 814–816, set. 2007.

PEDROSO-DE-PAIVA, D. Aspectos da biologia de adultos de *Sarcopromusca pruna* (Shannon & Del Ponte, 1926) (Diptera: Muscidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, p. 183–190, 1996.

PEREIRA, H. M. *et al.* Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. **Science**, v. 330, n. 6010, p. 1496–1501, 2010.

PRICE, P. W. *et al.* **Insect ecology: behavior, populations and communities**. [s.l.] Cambridge University Press, 2011.

RADER, R. *et al.* Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 1, p. 146–151, jan. 2016.

SAMWAYS, M. J. **Insect Conservation: A Global Synthesis**. Wallingford: CABI, 2019.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8–27, abr. 2019.

SANTOS, J. C.; ALMEIDA, W. R. DE; FERNANDES, G. W. **Arthropods: Why It Is So Crucial to Know Their Biodiversity? In: Measuring Arthropod Biodiversity: A Handbook of Sampling Methods**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2021. p. 3–11.

SCHOWALTER, T. D.; NORIEGA, J. A.; TSCHARNTKE, T. Insect effects on ecosystem services – Introduction. **Basic and Applied Ecology**, v. 26, p. 1–7, fev. 2018.

SKEVINGTON, J. H.; DANG, P. T. Exploring the diversity of flies (Diptera). **Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 3–27, nov. 2002.

SKIDMORE, P. **The Biology of the Muscidae of the World**. Dordrecht, Netherlands: Springer Science & Business Media, 1985. v. 29

SSYMANK, A. *et al.* Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. **Biodiversity**, v. 9, n. 1–2, p. 86–89, abr. 2008.

STORK, N. E. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? **Annual Review of Entomology**, v. 63, n. 1, p. 31–45, jan. 2018.

TESKEY, H. J. Diptera Larvae Associated with Trees In North America. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 108, n. S100, p. 1–53, 1976.

THOMAS, J. A. Comparative Losses of British Butterflies, Birds, and Plants and the Global Extinction Crisis. **Science**, v. 303, n. 5665, p. 1879–1881, mar. 2004.

WERNER, D.; PONT, A. The feeding and reproductive behaviour of the Linnophorini (Diptera: Muscidae). **Studia dipterologica**, Supplement, v. 14, p. 79–114, 2006.

WILSON, E. O. **Biodiversity**. Washington, DC: National Academy of Sciences/Smithsonian Institution, 1988.

YEATES, D. K. *et al.* Phylogeny and systematics of Diptera: Two decades of progress and prospects. **Zootaxa**, v. 1668, n. 1, p. 565–590, dez. 2007.

ZAFALON-SILVA, Â. *et al.* Necrophagous diptera associated with wild animal carcasses in southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 4, p. 337–342, dez. 2014.

ZAFALON-SILVA, Â.; KIRST, F. D.; KRÜGER, R. F. Houseflies speaking for the conservation of natural areas: a broad sampling of Muscidae (Diptera) on coastal plains of the Pampa biome, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 62, p. 292–303, 2018.

ZHANG, Z.-Q. Phylum Athropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) **Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness** (Addenda 2013). **Zootaxa**, v. 3703, n. 1, p. 17–26, ago. 2013.

ZHANG, Z.-Q. Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013) (version 2013). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2020-09-01 Beta (Roskov Y.; Ower G.; Orrell T.; Nicolson D.; Bailly N.; Kirk P.M.; Bourgoin T.; DeWalt R.E.; Decock W.; Nieukerken E. van; Penev L.; eds.). **Zootaxa**, 2020.

Sobre os autores

Marina Lopes Duarte

Doutoranda e Mestre em Biodiversidade e Saúde (IOC/FIOCRUZ), atua no Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF). Possui experiência com biologia e morfologia de dípteros muscoides de importância médico-sanitária e forense (Muscidae, Calliphoridae e Sarcophagidae). Especialista em Entomologia Médica (IOC/FIOCRUZ), possui bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO), tendo sido bolsista no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ).

Leiani Cristina Martins do Couto

Perita judicial do Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro (PJRJ) e Analista no Laboratório Eliel Figueiredo Diagnósticos Médicos de Apoio. Especialista em Análises Clínicas pelo Conselho Regional de Biologia (2ª Região), em Biologia Forense pela Universidade Castelo Branco (UCB) e em Entomologia Médica pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ), atuou no laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF/IOC). Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Celso Lisboa.

Paula Amaral da Silva

Graduada em Ciências Biológicas, Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 26 - O Impacto dos Inseticidas Organofosforados sobre o Meio Ambiente

Autores: Igor Luiz Souza da Cruz; Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa; Thiago Dutra Dias; Simone Pereira Alves; Marise Maleck; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: Os compostos organofosforados (OFs) são amplamente utilizados em várias indústrias, e uma de suas principais aplicações é na formulação de pesticidas, principalmente os inseticidas químicos, utilizados extensivamente na agricultura e na saúde pública. A falta de medidas de controle dessas substâncias químicas, acabam gerando efeitos indiretos para organismos não-alvo, acarretando mudanças no seu comportamento e fisiologia, e desse modo, resultando em uma deterioração do ecossistema.

Palavras-chave: Fósforo; compostos organofosforados; controle químico; pesticidas.

Fósforo

O fósforo, símbolo P, número atômico 15, é um não metal (ou ametal) pertencente ao Grupo VA (Grupo 15) da tabela periódica. Entre os elementos deste grupo, estão o nitrogênio, o arsênio,

bismuto, antimônio e o próprio fósforo, também intitulados de família dos pnictídeos ou pnictogênios (LIU *et al.*, 2019).

A descoberta do P foi realizada, acidentalmente, pelo alquimista alemão Henning Brand, em 1669, através da destilação de urina, na qual obteve-se uma substância esbranquiçada. Brand observou que o material quando retirado da água, brilhava no escuro e ocasionalmente sofria combustão, e desse modo, nomeou este elemento de Fósforo (em inglês Phosphorus), da palavra grega phosphoros, formado pelo prefixo “phos”, luz, e do sufixo “phoros”, portador (PLOTEGHER, 2014; JAMAL, 2008).

Nos seres humanos, este elemento está associado diretamente à regulação da formação óssea. (MORAIS & BURGOS, 2007; KOSHIHARA *et al.*, 2001). O P é um constituinte essencial do citoplasma, exercendo importantes funções na manutenção do organismo, tais como nos processos metabólicos e nas cadeias de reações bioquímicas, presente nas proteínas de transporte (transportadoras ou carreadoras), coenzimas e compostos intermediários (CORBRIDGE, 2016).

Nas plantas, o fósforo é visto como um dos elementos indispensáveis para o seu desenvolvimento, atuando como um componente básico nas estruturas de macromoléculas, como os

fosfolipídios e ácidos nucleicos, e desse modo participando em diversos processos fisiológicos (FERNÁNDEZ, 2007).

Compostos Organofosforados

Na Idade Média surgiram os primeiros compostos organofosforados (OFs) produzidos por alquimistas, porém os principais estudos nesse campo iniciaram-se de fato por Lassaigne, em 1820, na preparação de ésteres de ácido fosfórico. Desde então, estes compostos são produzidos artificialmente e utilizados comercialmente em antioxidantes e estabilizantes, para plásticos e óleos industriais, e em pesticidas, tais como os herbicidas, fungicidas e inseticidas (ETO, 1974; DOS SANTOS *et al.*, 2007).

Além destas aplicações, o fósforo inorgânico é utilizado amplamente em fertilizantes e detergentes em pó. (QUEVEDO & PAGANINI, 2011), estando presente em diversos produtos, áreas e campos da pesquisa e desenvolvimento (Quadro 1).

Conforme explicitado anteriormente, os compostos organofosforados são substancialmente utilizados na agricultura, no controle de vetores e no uso doméstico para o controle de pragas. Os inseticidas organofosforados tem como mecanismo de atuação, a inibição das colinesterases, com ênfase na

acetilcolinesterase (AChE), o que leva ao conseqüente aumento do nível de acetilcolina nas sinapses nervosas (BAJRACHARYA, PRASAD & GHIMIRE, 2016; CAVALIERE *et al.*, 1996).

A síntese do primeiro organofosforado inibidor de colinesterase, TEEP (Tetraetil-pirofosfato), é creditada, incorretamente, a Philippe de Clermont (1831-1921), químico orgânico, notório por ter sobrevivido após ter ingerido algumas gotas do composto. De acordo com a ordem das publicações, o autor original da síntese do TEEP é o químico russo Wladimir Petrovich Moshnin (PETROIANU, 2008).

Após a Segunda Guerra Mundial, o químico alemão Gerhard Schrader e colaboradores sintetizaram os primeiros compostos OFs com propriedades inseticidas. O primeiro composto produzido de forma industrial foi o Bladan® (Bayer), derivado do TEEP, e a seguir Schrader sintetizou outro famoso inseticida, o parathion (POSE *et al.*, 2000; KARALLIEDDE & SENANAYAKE, 1989; PETROIANU, 2015). Além destes inseticidas, na busca por novos compostos, Schrader descobriu o Tabun (GA), Soman (GD), e o Sarin (GB), agentes neurotóxicos, classificados como armas de destruição em massa pelas Nações Unidas (ARONIADOU-ANDERJASKA *et al.*, 2020).

Quadro 1. Algumas Áreas de Aplicação de Compostos de Fósforo em 2010.

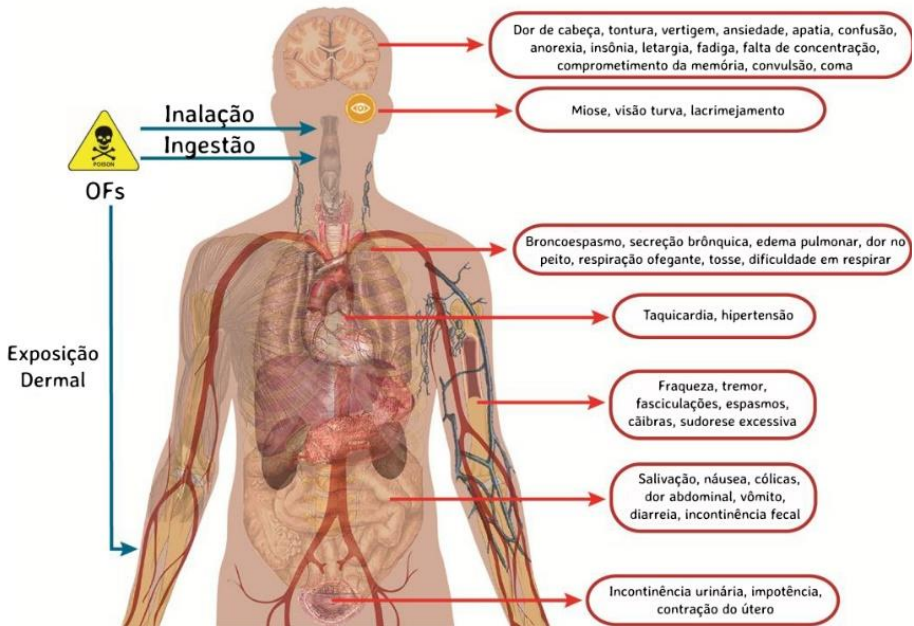
Aditivos alimentares	Aditivos para Óleos	Agentes Nervosos
Autorradiografia	Catalisadores	Cerâmica
Cosméticos	Criminologia	Cromatografia
Cultura de Bactérias	Dessecantes	Detergentes
Eletrônicos	Engenharia Genética	Extração de Metal
Extração de solvente	Fabricação de Papel	Fertilizantes
Fósforos	Fósforos Luminescentes	Galvanoplastia
Geração de Fumaça	Ligas de Metais	Materiais de Construção
Materiais Refratários	Medicamentos	Pasta de Dente
Perfuração de Poços de Petróleo	Pesquisa Bioquímica	Pesticidas
Pigmentos	Plásticos	Produtos Dentários
Ração Animal	Retardante de Chamas	Síntese Química
Superfícies Metálicas	Surfactantes (Tensoativos)	Tecnologia de Vidros
Tecnologia Hídrica	Tecnologia Têxtil	Troca de íons

Fonte: Traduzido de Corbridge, 2013.

A exposição a esses agentes, por inalação, ingestão ou contato dérmico (Figura 1), podem provocar em mamíferos efeitos adversos como fadiga, miose, edema pulmonar, taquicardia,

hipertensão, sudorese excessiva, náusea, dor abdominal, dores de cabeça, convulsão, entre outros (VUCINIC *et al.*, 2017).

Figura 1. Sintomas provocados pela inalação, ingestão ou contato dérmico com Organofosforados (OFs).



Fonte: Traduzido de Vucinic *et al.*, 2017.

Por conta da disponibilidade facilitada desses produtos, a intoxicação por organofosforados é um desafio para os serviços de saúde. O envenenamento acidental por pesticidas é responsável por cerca de um terço dos suicídios no mundo, sendo que 60%

dessas mortes ocorrem na área rural da Ásia a cada ano (SANJAY SHAH *et al.*, 2013).

Substitutos dos inseticidas organoclorados (OCs), os OFs são muito utilizados devido as suas propriedades de baixa persistência e baixa bioacumulação no meio ambiente e no tecido de animais homeotérmicos. Entre outras características que levaram a preferência dos OFs, em relação aos compostos OCs, estão a sua rápida degradação no solo e na biota, menor possibilidade de atravessar o ecossistema pela cadeia de alimentação e seletividade na toxicidade de uma grande gama de insetos em vez de animais vertebrados. Apesar de serem satisfatórios no controle de pragas e os efeitos ecotoxicológicos dos OFs serem menos acentuados, os efeitos adversos são preocupantes em organismos não-alvo, conforme apresentado nos mamíferos anteriormente (MITRA & MAITRA, 2018).

A partir do contexto que foi desenvolvido, esse estudo faz uma revisão dos efeitos nocivos provocados pela utilização de pesticidas organofosforados no meio ambiente.

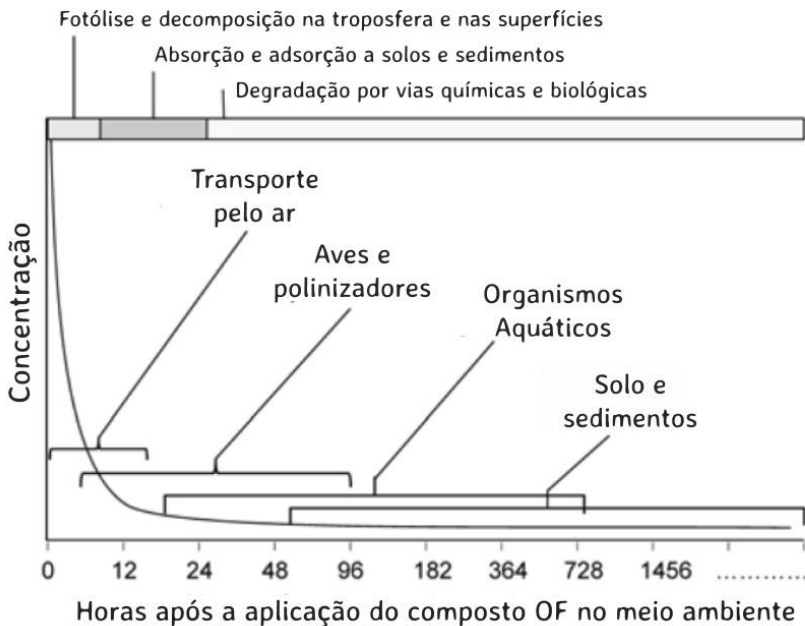
Inseticidas OFs e os Riscos Ecológicos

A aplicação de um inseticida na agricultura pode ser realizada através de múltiplos métodos, como pulverização aérea, quimigação (quando a substância está dissolvida na água do sistema de irrigação), pulverizador pneumático (ou de jato de ar) e uma série de outras tecnologias que permitam o melhor cenário para a economia agrícola (GIESY *et al.*, 2014). Mackay, Giesy & Solomon (2014) descreveram como uma substância é capaz de atingir diferentes níveis no ambiente, sendo transportada pela atmosfera. No estudo, eles representam um inseticida OF, Clorpirifós (CPY), e a cadeia de eventos que influenciam o destino do CPY, após a liberação no meio ambiente e a influência na biota dentro de um intervalo de tempo (Figura 2).

Entre os indivíduos terrestres que são afetados pela liberação de OFs no ambiente estão as abelhas. As abelhas são importantes tanto para a produção de mel quanto para a polinização de plantações, sendo uma polinizadora essencial na agricultura de alguns países, responsável por polinizar cerca de 15-20 bilhões de dólares em safras, no EUA, e mais de \$200 bilhões globalmente. (AL NAGGAR *et al.*, 2015). Gary e Mussen (1984) constataram que a colmeia consegue se reestabelecer após a redução de sua população por conta da aplicação de um pesticida, porém

múltiplas aplicações podem eliminar uma colônia. Hester *et al.* (2001) propõem ainda que no caso de aplicação de OFs no controle de mosquitos, um problema de Saúde Pública, os apiários, se possível, sejam alocados dentro de barreiras naturais de vegetação.

Figura 2. Sequência de processos que influenciam o destino de um composto OF após a liberação e sua influência nas exposições à biota.



Fonte: Traduzido de Mackay, Giesy & Solomon, 2014.

Outro importante indivíduo afetado por esses produtos químicos são as aves, em que os casos documentados de envenenamento

são provocados pela ingestão de sementes ou insetos contaminados em sua superfície com esses compostos. Nas aves, a intoxicação por OFs pode provocar anorexia, irritação gastrointestinal, alteração no comportamento reprodutivo e no desenvolvimento gonadal, atraso no desenvolvimento e degeneração das células espermatogênicas, efeitos diretos na termorregulação (causando hipotermia), comprometimento do sistema imunológico e do sistema sanguíneo do animal, tornando-o suscetível às doenças (MITRA, CHATTERJEE & MANDAL, 2011).

Independentemente de sua baixa persistência e baixa bioacumulação, o uso excessivo dos compostos OFs acarretam graves danos para o solo, onde grandes concentrações desse químico são capazes de inibir enzimas importantes para manter a sua qualidade e fertilidade. De acordo com a literatura, a atividade dessas enzimas (uréase, catalase e sucrase) desempenha um importante papel na fertilidade do solo, e o seu aumento contribui positivamente para o cultivo de plantas e a manutenção do meio ambiente (WU *et al.*, 2018).

Organismos Aquáticos como Bioindicadores para Resíduos de OFs

Os pesticidas são utilizados para diminuir ou evitar grandes danos provocados por pragas, ervas daninhas e doenças, beneficiando a indústria agrícola. A aplicação de agrotóxicos oferece uma proteção capaz de preservar até 30% da safra produzida mundialmente, o que leva os agricultores a utilizar extensivamente diversos pesticidas para evitar prejuízos econômicos (HASSANI, 2017).

Apesar dos benefícios da efetividade dos pesticidas na indústria alimentícia, a dispersão desses compostos no ambiente é capaz de comprometer a fauna e flora da região e alterar significativamente a biologia das espécies. Silva (2014) observou que o composto OF glifosato foi capaz de agir sobre o DNA das hemácias de peixes juvenis do gênero *Astyanax* spp., popularmente conhecido como Lambari, quando este sofreu exposição prolongada a este agente genotóxico.

Cada vez mais estudos são realizados para compreender o impacto que os pesticidas têm na biota, e a utilização de peixes para monitorar e detectar contaminantes na água se mostra um importante aliado na conservação dos ecossistemas. A partir do estudo de Pickering, Henderson e Lemke (1962), já era possível observar a interação entre compostos OFs e quatro espécies de peixes, destacando ainda que um dos compostos testados foi o

Malathion, que se provou tóxico no estudo, e mais de 50 anos depois ainda é empregado pelos serviços de Vigilância Sanitária do Brasil no controle do mosquito *Aedes aegypti* (LEME *et al.*, 2014). Abdel-Halim *et al.* (2006) apresentam estudos que mostram que a exposição de peixes à agentes anticolinesterásicos, como os OFs, reduz a atividade cerebral de AChE levando à morte quando essa atividade cai para 30-60% do normal. Esses compostos afetam também a produção hormonal dos peixes, reduzem o nível de proteína muscular, induzem o aparecimento de anomalias morfológicas e a própria inibição de AChE no cérebro do animal provoca alteração fisiológica e comportamental, que reduz drasticamente a habilidade de sobrevivência do peixe em fase de crescimento.

Além dos testes com peixes, diversos bioensaios com outros invertebrados marinhos, utilizando a inibição da acetilcolinesterase como um biomarcador da exposição aos OFs são realizados. Em uma revisão realizada por Fulton & Key (2001), são apontadas que algumas espécies de crustáceos, como o siri-azul (*Callinectes sapidus*), tem a sua atividade colinesterásica afetada (quando expostos aos compostos OFs em testes de laboratório) e mesmo que seja por um curto período de tempo, os efeitos podem persistir a longo prazo. Outro exemplo descrito é

de uma espécie de caranguejo, *Carcinus maenas*, que quando exposto ao inseticida e acaricida dimetoato, em laboratório, apresenta redução da atividade de AChE e redução da frequência cardíaca.

Outros bioindicadores ecotoxicológicos utilizados para avaliar a condição de ambientes marinhos e salinos, poluídos por resíduos de OFs, são crustáceos da Ordem Anostraca, as artêmias (*Artemia* sp.). Estas são sensíveis a exposição de organofosforados, que facilmente se acumulam em seu tecido, seja por ingestão ou contato direto, e os efeitos podem ser observados diretamente nos seus predadores (JAWAHAR *et al.*, 2018).

Considerações Finais

O inseticida organofosforado é um produto do avanço tecnológico que quando utilizado de modo ordenado, é extremamente eficiente no controle de pragas e vetores, e desse modo, essencial para as práticas agrícolas e para a Saúde Pública. Em contramão, quando utilizados de forma desenfreada, estes compostos oferecem riscos a longo prazo para diversos ecossistemas, causando uma ruptura das cadeias naturais.

Referências

ABDEL-HALIM, K. Y.; SALAMA, A. K.; EL-KHATEEB, E. N.; BAKRY, N. M. Organophosphorus pollutants (OPP) in aquatic environment at Damietta Governorate, Egypt: Implications for monitoring and biomarker responses. **Chemosphere**, v. 63, n. 9, p. 1491-1498, 2006.

AL NAGGAR, Y.; VOGT, A.; CODLING, G.; NAIEM, E.; MONA, M.; SEIF, A.; ROBERTSON, A. J.; GIESY, J. P. Exposure of honeybees (*Apis mellifera*) in Saskatchewan, Canada to organophosphorus insecticides. **Apidologie**, v. 46, p. 667-678, 2015.

ARONIADOU-ANDERJASKA, V.; APLAND, J. P.; FIGUEIREDO, T. H.; FURTADO, M. A.; BRAGA, M. F. Acetylcholinesterase inhibitors (nerve agents) as weapons of mass destruction: History, mechanisms of action, and medical countermeasures. **Neuropharmacology**, 2020. DOI: 10.1016/j.neuropharm.2020.108298. Acesso em: 21 nov. 2020.

BAJRACHARYA, S. R.; PRASAD, P. N.; GHIMIRE, R. Management of Organophosphorus Poisoning. **Journal of Nepal Health Research Council**, v. 14, n. 34, p. 131-138, 2016.

CAVALIERE, M. J.; CALORE, E. E.; PEREZ, N. M.; PUGA, F. R. Miotoxicidade por organofosforados. **Revista de Saúde Pública**, v. 30, n. 3, p. 267-72, 1996.

CORBRIDGE, D. E. C. **Phosphorus: Chemistry, Biochemistry and Technology**. Boca Raton: CRC Press, 6 ed., 2013. 1473 p.

DOS SANTOS, V. M. R.; DONNICI, C. L.; DACOSTA, J. B. N.; CAIXEIRO, J. M. R. Compostos Organofosforados Pentavalentes: Histórico, Métodos Sintéticos de Preparação e Aplicações como Inseticidas e Agentes Antitumorais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 159-170, 2007. 400 p.

ETO, M. **Organophosphorus Pesticides: Organic and Biological Chemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1 ed., 1974.

FERNÁNDEZ, M. T. Fósforo: amigo o enemigo. **ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar**, v. 41, n. 2, p. 51-57, 2007.

FULTON, M. H.; KEY, P. B. Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effects. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, n. 1, p. 37-45, 2001

GARY, N. E.; MUSSEN, E. C. Impact of Mediterranean Fruit Fly Malathion Bait Spray on Honey Bees. **Environmental Entomology**, v. 13, n. 3, p. 711-717, 1984.

GIESY, J. P.; SOLOMON, K. R.; CUTLER, G. C.; GIDDINGS, J. M.; MACKAY, D.; MOORE, D. R. J.; PURDY, J.; WILLIAMS, W. M. Ecological Risk Assessment for Chlorpyrifos in Terrestrial and Aquatic Systems in the United States. In: GIESY, N.; SOLOMON, K. (eds.). **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 231, p. 1-11, 2014. DOI 10.1007/978-3-319-03865-0. Acesso em: 25 nov. 2020.

HASSANI, S.; MOMTAZ, S.; VAKHSHITEH, F.; MAGHSOUDI, A. S.; GANJALI, M. R.; NOROUZI, P.; ABDOLLAHI, M. Biosensors and their applications in detection of organophosphorus pesticides in the environment. **Archives of Toxicology**, v. 91, n. 1, p. 103-130, 2017.

HESTER, P. G.; SHAFFER, K. R.; TIETZE, N. S.; ZHONG, H.; GRIGGS JR, N. L. Efficacy of ground-applied ultra-low-volume malathion on honey bee survival and productivity in open and forest areas. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 17, n.1, p. 2-7, 2001.

JAMAL, J. E. Fire from Urine: Henning Brand's Search for the Philosopher's Stone. **The Journal of Urology**, v. 179, n. 4, p. 309, 2008.

JAWAHAR, A. A.; MOHAMED, J.; KUMAR, M. S. A.; AKBAR JOHN, B. Organophosphorus Pesticides Toxicity on Brine Shrimp, *Artemia*. **Journal Clean WAS**, v. 2, n. 1, p. 23-26, 2018.

KARALLIEDDE, L.; SENANAYAKE, N. Organophosphorus insecticide poisoning. **British Journal of Anaesthesia**, v. 63, n. 6, p. 736-750, 1989.

KHAJURIA, V.; SHAH, S.; TANDON, V. R.; GILLANI, Z.; GUPTA, R.; AMAN SHARMA, A.; GUPTA, S. Organophosphorus Poisoning in a Tertiary Hospital of North India - A Preliminary Report. **Bulletin of Pharmaceutical and Medical Sciences**, v. 1, n. 1, p. 41-43, 2013.

KOSHIHARA, M.; MASUYAMA, R.; UEHARA, M.; SUZUKI, K. Effect of dietary calcium: Phosphorus ratio on bone mineralization and intestinal calcium absorption in ovariectomized rats. **BioFactors**, v. 22, n. 1-4, p. 39-42, 2001.

LEME, T. S.; PAPINI, S.; VIEIRA, E.; LUCHINI, L. C. Avaliação da vestimenta utilizada como equipamento de proteção individual pelos aplicadores de malationa no controle da dengue em São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, n. 3, p. 567-576, 2014

LIU, Y.; CUI, D.; CHEN, M.; LI, Z.; ZHOU, C. **Synthesis of Red and Black Phosphorus Nanomaterials**. In: JI, H. F. (ed.). **Fundamentals and Applications of Phosphorus Nanomaterials**, v.1333, p. 1-25, 2019.

MACKAY, D.; GIESY, J. P.; SOLOMON, K. R. Fate in the Environment and Long-Range Atmospheric Transport of the Organophosphorus Insecticide, Chlorpyrifos and Its Oxon. In:

GIESY, N.; SOLOMON, K. (eds.). **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 231, p. 35-76, 2014. DOI 10.1007/978-3-319-03865-0. Acesso em: 25 nov. 2020.

MITRA, A.; MAITRA, S. K. Reproductive Toxicity of Organophosphate Pesticides. **Annals of Clinical Toxicology**, v. 1, n. 1, 1004, 2018.

MITRA, A.; CHATTERJEE, C.; MANDAL, F. B. Synthetic Chemical Pesticides and Their Effects on Birds. **Research Journal of Environmental Toxicology**, v. 5, n. 2, p. 81-96, 2011.

MORAIS, G. Q.; BURGOS, M. G. P. A. Impacto dos nutrientes na saúde óssea: novas tendências. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 42, n. 7, p. 189-94, 2007.

PETROIANU, G. A. The history of cholinesterase inhibitors: who was Moschnin(e)? **Die Pharmazie - An International Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 63, n. 4, p. 325-327, 2008.

PETROIANU, G. A. Synthesis of tetraethyl pyrophosphate (TEPP): from physician Abbot and pharmacist Riegel to chemist Nylen. **Die Pharmazie - An International Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 70, n. 6, p. 427-434, 2015.

PICKERING, Q. H.; HENDERSON, C.; LEMKE, A. E. The Toxicity of Organic Phosphorus Insecticides to Different Species of Warmwater Fishes. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 91, n. 2, p. 175-184, 1962.

PLOTEGHER, F. **Estudo da Contaminação na Solubilidade da Rocha Fosfática Bayóvar**. 2014. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2014.

POSE, D.; DE BEM, S.; DELFINO, N.; BURGER, M. Intoxicación aguda por organofosforados: Factores de riesgo. **Revista Médica del Uruguay**, v. 16, n. 1, p. 5-13, 2000.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3529-3539, 2011.

SILVA, M. R. L. R. Avaliação da Toxicidade Celular do Herbicida Glifosato em *Astyanax* spp. Saúde e Meio Ambiente: **Revista Interdisciplinar**, v. 3, n. 2, p. 62-69, 2015.

VUCINIC, S.; ANTONIJEVIC, B.; TSATSAKIS, A. M.; VASSILOPOULOU, L.; DOCEA, A. O.; NOSYREV, A. E.; IZOTOV, B. N.; THIERMANN, H.; DRAKOULIS, N.; BRKIC, D. Environmental exposure to organophosphorus nerve agents. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 56, p. 163-171, 2017. DOI: 10.1016/j.etap.2017.09.004. Acesso em: 19 nov. 2020.

WU, P.; ZHANG, Y.; CHEN, Z.; WANG, Y.; ZHU, F.; CAO, B.; WU, Y.; LI, N. The organophosphorus pesticides in soil was degraded by *Rhodobacter sphaeroides* after wastewater treatment. **Biochemical Engineering Journal**, v. 141, p. 247-251, 2019. DOI:10.1016/j.bej.2018.07.019. Acesso em: 25 nov. 2020.

Sobre os autores

Igor Luiz Souza da Cruz

Biomédico e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Integra a equipe do Laboratório de Insetos Vetores/

960

Universidade de Vassouras e do Laboratório de Entomologia Médica e Forense/ Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. Doutorando do Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Biodiversidade e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Experiência no controle alternativo dos mosquitos do gênero *Aedes* (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) através de substâncias naturais de plantas.

Tatiane Aparecida Nascimento Barbosa

Doutoranda em Biodiversidade e Saúde, mestre em Biotecnologia Vegetal e licenciada em Ciências Biológicas. Experiência em metodologias de criação e controle biológico de noctuídeos-praga pela Embrapa Milho e Sorgo. Atualmente desenvolve pesquisas direcionadas ao controle alternativo de dípteros muscoides de importância médico-sanitária e forense através de óleos essenciais e bactérias entomopatogênicas, pelo laboratório de Entomologia Médica e Forense do Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

Thiago Dutra Dias

Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras, especialista em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Graduado em Ciências Biológicas, licenciatura e bacharelado pela Universidade Severino Sombra. Técnico do Laboratório de Insetos Vetores da Universidade de Vassouras. Tem experiência na área de Entomologia (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Oncopeltus fasciatus* e *Dysdercus peruvianus*) e desenvolve projetos de Educação Ambiental.

Simone Pereira Alves

Pós-graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora, graduada em Ciências Biológicas, licenciatura e bacharelado, Universidade Severino Sombra. Experiência na área de Zoologia, com destaque nos seguintes temas: Ecologia de Mosquitos, *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, manutenção e manejo de animais de laboratório. Técnica do Biotério Central da Universidade de

Vassouras e integra a equipe do Laboratório de Insetos Vetores da Universidade de Vassouras.

Marise Maleck

Bióloga; Mestre e doutora em Biologia Celular e Molecular/IOC/FIOCRUZ; Pós-doutora em Parasitologia/ Ruhr - Universitat Bochum, Alemanha. Área de atuação: “Produtos naturais bioativos e vetores de importância médica e agrícola.” Professora Titular e Vice coordenadora do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, Universidade de Vassouras, RJ. Coordenadora do Laboratório de Insetos Vetores/Universidade de Vassouras, RJ.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 27 - Inserção do regulamento técnico de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, incluindo os resíduos de pandemia COVID-19, no curso de medicina da Universidade de Vassouras-RJ

Autores: Ana Paula Amaral Ribeiro; Ana Carolina Roma do Carmo; Carlos Manuel Dutok-Sánchez; Paloma Martins Mendonça; Cristiane de Souza Siqueira Pereira; Antonio Neres Norberg; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: A grande importância do descarte correto dos resíduos, e principalmente em meio a pandemia de COVID-19, que causou um aumento considerável destes resíduos nas instituições de saúde, onde os profissionais e gestores não se encontram plenamente munidos de conhecimentos e regulamentos de como é exigido o descarte dos resíduos relacionados a leitos COVID-19 de forma adequada. A quantidade exagerada de resíduos gerados pelo homem impossibilita aos ecossistemas naturais de se depurarem na velocidade necessária para serem evitadas tragédias de impacto ambiental. Os resíduos que não são possíveis de tornar-se livres de contaminação, aumentam ainda mais a necessidade de uma conscientização ambiental. Entre os diversos tipos de resíduos produzidos pelo homem, destacam-se os

resíduos provenientes dos serviços de saúde. Embora representem uma menor parte de todos os resíduos produzidos pelo homem, os Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS) ocupam uma posição de extrema importância pela capacidade que possuem de infectar e contaminar o meio ambiente e a saúde humana, uma vez que compreendem, dentre outros, resíduos radioativos, químicos e microbiológicos patogênicos (bactérias, fungos, ovos e larvas de helmintos, protozoários e vírus). Com o manejo inadequado dos resíduos de serviços de saúde pode-se causar risco ao meio ambiente, gerando doenças e ainda a perda da qualidade de vida da população que, direta ou indiretamente tenha contato com o material descartado. A motivação deste estudo se deu a partir das evidências por parte da maioria dos estudantes de medicina e médicos recém formados na Universidade de Vassouras, com relação ao desconhecimento das normas e regulamentos para gerir os resíduos de serviços de saúde, como também a ausência de preocupação com o destino destes resíduos no Hospital Universitário de Vassouras (HUV). Assim, este trabalho apresenta como objetivo a inserção da regulamentação técnica obrigatória dos resíduos de saúde no curso de Medicina da Universidade de Vassouras. Trata-se de uma pesquisa qualitativa com implantação do projeto da inserção destes regulamentos na matriz curricular,

sugerindo no programa de aprendizagem da Disciplina Saúde da Família II da Universidade de Vassouras. Por ser ministrada no segundo período, facilitará as aulas práticas realizadas no Hospital Universitário por se tratar de uma instituição de ensino, onde sejam incluídas e praticadas as formas adequadas de descarte dos materiais. O curso de Medicina da Universidade de Vassouras possui em suas disciplinas conteúdo programático que tem como objetivo preparar o aluno para o planejamento e gestão de saúde em unidades básicas de saúde, gestão da saúde pública como também gestão de instituições hospitalares, assim irão obter conhecimento de como planejar e gerenciar os resíduos de serviços de saúde, além de facilitar o descarte adequado destes resíduos pelos profissionais médicos, minimizando riscos de contaminação do meio ambiente e a população. A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis de ensino.

Palavras-chave: Resíduos de Serviços de Saúde; Medicina; Universidade de Vassouras.

Introdução

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222/2018 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e a Resolução nº 358/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) definem os Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) como todo resíduo gerado em qualquer serviço prestador de assistência médica humana ou animal, e classifica-os em cinco grupos: grupo A - biológicos, grupo B - químicos, grupo C - radioativos, grupo D - comuns e grupo E - perfurocortantes (BRASIL, 2004; 2005).

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) são considerados perigosos, como definidos por aqueles gerados em atendimentos de saúde, seja humana ou animal. Este é um problema escalonado com demais resíduos, inclusive não perigosos, pois o crescimento populacional demanda maior quantidade de atendimento, e, conseqüentemente, aumento do quantitativo de geração deles. Esta é uma percepção nítida, tanto quanto a observação da negligência dos profissionais da saúde, em sua maioria, na inadequação da segregação destes resíduos, o que prejudica o meio ambiente e possibilita uma contaminação individual e coletiva, atingindo a saúde pública.

As instituições hospitalares apresentam uma geração contínua e inesgotável de resíduos de serviços de saúde que requerem soluções técnicas e ambientalmente seguras de coleta, tratamento

e disposição final. Ainda, este é o maior gerador deste tipo de resíduo nas instituições de saúde, pois além das hospitalares existem clínicas médicas, odontológicas, veterinárias, laboratórios, farmácias, entre outras. A menor parte dos resíduos das instituições de saúde necessita de cuidados especiais, os infectantes, químicos, radioativos e perfurocortantes e com adequada segregação destes, separando o lixo comum, diminui-se significativamente a quantidade de RSS contaminados, impedindo a contaminação cruzada sem necessidade; salvo em casos de pandemia em algumas instituições o lixo infectante é superior ao lixo comum. Assim, quanto mais adequado o gerenciamento dos resíduos, menor será a quantidade gerada, como também, simultaneamente, melhor será a qualidade de vida.

Ainda, a RDC nº 222/2018 determina que todos os serviços de saúde devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), que se constitui em um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar aos resíduos gerados um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, à preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente (BRASIL, 2004). O Plano de

Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), documento que aponta e descreve todas as ações relativas ao gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, observadas suas características e riscos, contemplando os aspectos referentes à geração, identificação, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, destinação e disposição final ambientalmente adequada, bem como as ações de proteção à saúde pública, do trabalhador e do meio ambiente (RDC 222/2018 ANVISA), pretende contribuir para que profissionais de saúde e alunos dos cursos de Medicina, tenham uma mentalidade voltada para a conservação ambiental, através da discussão e conscientização em torno dos resíduos gerados. Sendo assim, esta racionalização irá diminuir a quantidade de resíduos gerados, e conseqüentemente redução de custos do serviço de transporte dos resíduos, devido à instrumentalização dos alunos, prevenindo e reduzindo os riscos à saúde e/ou ao meio ambiente.

Neste contexto se apresentam as principais regulamentações, que direcionam às ações adequadas por tipos de resíduos, pois se buscam a melhor alternativa para cada um em prol da conservação ambiental, isto é, vivência humana em um ambiente saudável. Dentre estas se destacam a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que corresponde a Lei nº 12.305/2010,

como também a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA): RDC nº 222, de 2018. A relação dos agentes de saúde e do meio ambiente interligados em busca da solução técnica apropriada para uma melhor saúde pública.

O desconhecimento destes regulamentos e normas pelos profissionais da saúde causa transtornos a si próprios e ao meio ambiente, como também riscos de contaminação de um indivíduo e da coletivamente em uma determinada localidade. Souza (2015) ressalta que é necessário rever o conteúdo e a forma como tem sido tratada a questão do manejo dos resíduos de serviços de saúde durante a graduação, especialmente no curso de medicina. A compreensão de que o manejo dos resíduos é responsabilidade de todos e uma questão de saúde pública é fundamental para a formação de profissionais comprometidos com a saúde ocupacional, segurança do paciente, saúde pública e meio ambiente. Logo, a importância da informação fica nítida para todos aqueles que trabalham diretamente neste processo, como também aos leigos para cobrar ações adequadas nesse contexto.

Assim, de acordo com o Ministério da Educação (MEC), a educação ambiental é um tema transversal e deve ser trabalhada de maneira interdisciplinar. Trabalhar de forma transversal

significa buscar a transformação dos conceitos, a explicitação de valores e a inclusão de procedimentos, sempre vinculados à realidade cotidiana da sociedade, de modo que obtenha cidadãos mais participantes. Cada professor, dentro da especificidade de sua área, deve adequar o tratamento dos conteúdos para contemplar o tema meio ambiente, assim como os demais temas pertinentes.

O conhecimento do PGRSS pelos estudantes do curso de Medicina da Universidade de Vassouras é muito importante, e este trabalho pretende contribuir para desenvolver nos colaboradores do Hospital Universitário de Vassouras uma mentalidade voltada para a conservação ambiental, através da discussão e conscientização em torno dos resíduos gerados nas instituições de saúde, como também o transporte e destino adequado.

Na primeira etapa, se realizou uma pesquisa de abordagem qualitativa, em que foi realizada uma coleta de informações na Coordenação do Curso de Medicina da Universidade de Vassouras sobre a existência do conteúdo programático, Gestão de resíduos de serviço de saúde na matriz curricular do curso de Medicina da Universidade de Vassouras-RJ.

Na segunda etapa, foram realizadas entrevistas com a diretora de ensino do Hospital Universitário, bem como com alguns alunos e constatou-se que os formados recentemente em medicina desconheciam os regulamentos de como deveria ser realizado o descarte do material de saúde, a importância do destino final dos Resíduos de Serviços de Saúde - RSS e da obrigatoriedade da gestão destes resíduos dentro das instituições de saúde.

A Direção de ensino do Hospital Universitário de Vassouras, relatou que os alunos residentes desconhecem os regulamentos e o Gerenciamento dos RSS, relatando também que é difícil conseguir com que estes profissionais façam o descarte adequado dos resíduos.

O presente estudo apresenta por objetivo inserir este conteúdo na disciplina Saúde da Família II do curso de Medicina, para que a mesma trate sobre o gerenciamento dos RSS. Esta disciplina é ministrada no segundo período do curso de Medicina da Universidade de Vassouras, o que possibilitará aos alunos utilizarem o conhecimento nas diferentes atividades e diversas disciplinas com aulas práticas em sua carreira profissional, e também no conteúdo programático da disciplina Saúde da Família II, onde poderá ser enfatizado na Gestão em saúde. Como este conteúdo também pode ser inserido em outras disciplinas pode

ser mais bem explorado, como inserção indireta a cada especialidade, isto é, quais resíduos são potencialmente gerados por atendimento ou serviço, suas respectivas destinações e disposições finais ambientalmente adequadas.

Uma destinação segura dos RSS é importante para a saúde pública e dos colaboradores internos e externos de forma direta, além dos próprios estudantes que vivenciam o cotidiano da instituição, no Hospital Universitário de Vassouras e em outras unidades de saúde da mesma instituição.

Esta temática oferece a possibilidade de se expandir as aulas referentes ao PGRSS e regulamentações aos demais outros setores da área da saúde, e meio ambiente, através da implantação de um curso de extensão, garantindo o espaço a uma gama maior de alunos e profissionais da saúde. O curso de extensão, tem uma abordagem mais completa e extensa, incluindo a situação mundial vivenciada com a pandemia COVID-19.

Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde

Segundo Roth & Garcias (2008), a concentração populacional e a industrialização levaram à mudança de comportamento do indivíduo, como da sociedade, que transmite a busca da facilidade e de vontades próprias através dos descartáveis mais presentes,

desperdícios e necessidades artificiais. A solução se encontra no desenvolvimento sustentável que atenda os pilares: social, econômico e ambiental.

Existem duas definições importantes para complementar a informação anterior, que é o comparativo entre resíduos sólidos e rejeitos. Estas foram descritas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que direciona aos resíduos sólidos para destinação final ambientalmente adequada, como os rejeitos apenas aos aterros sanitários, isto é, disposição final ambientalmente adequada, conforme consta mencionado na íntegra abaixo:

“XV – **Rejeitos:** resíduos sólidos que, depois de esgotada todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI – **Resíduos sólidos:** material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos e semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas propriedades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, que exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

“Estabelece as normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados - OGM e seus derivados e, cria o Conselho nacional de biossegurança CNBS e reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio”.

Ferreira (1997) ressalta a importância de estudos de caracterização de resíduos através da afirmativa que a necessidade destes é cada vez maior, uma vez que o conhecimento detalhado destes é fundamental na determinação do modelo de gerenciamento, em particular na seleção dos métodos de tratamento e disposição final. Coloca ainda que a legislação de vários países, assim como a ausência de base técnica, identifica os resíduos hospitalares considerados infecciosos como resíduos perigosos e estão sujeitos a um sistema gerencial específico.

A divisão dos tipos de RSS, incluindo o resíduo comum seco e úmido, se resume no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos tipos de resíduos de serviços de saúde.

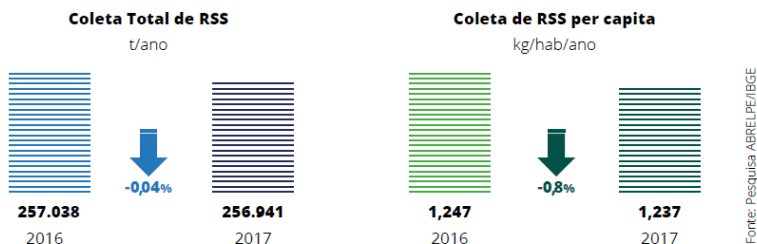
Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E
Resíduos potencialmente infectantes	Resíduos químicos	Resíduos radioativos	Resíduos comuns	Resíduos perfurocortantes
Subgrupos A1, A2, A3, A4 e A5			Seco Úmido	

Fonte: Baseado em informações da RDC ANVISA n 222/2018 e do Grupo Salmeron.

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE anualmente apresenta um panorama dos resíduos no âmbito nacional, em que se considera a situação dos RSS. No ano de 2017, o total de RSS foi de 256.941 toneladas, de acordo com os 4.518 municípios do Brasil. Inclusive, houve uma pequena redução do total coletado em relação ao ano anterior - 2016, conforme consta na figura 1. Ainda, o tratamento predominante, que apresenta na figura 2, é a incineração, como também a segunda maior porcentagem destina para outros, como ausência de tratamento prévio e disposto em aterros, valas sépticas e lixões. Complementando, a autoclavagem vem no

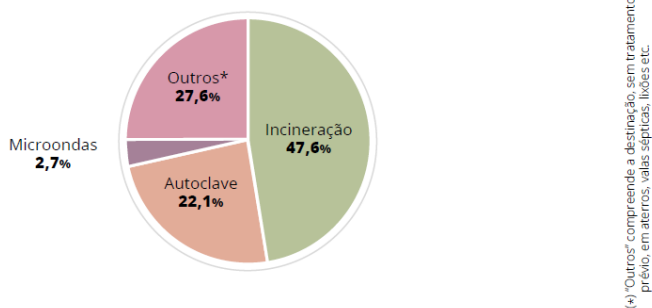
terceiro patamar, que atende aos resíduos infectantes e perfurocortantes.

Figura 1 - Quantidade de resíduos de serviços de saúde coletados no Brasil (2016-2017).



Fonte: Panorama de resíduos da ABRELPE, 2020.

Figura 2 - Tipo de destinação final dos resíduos de serviços de saúde no Brasil (2017).



Fonte: Panorama de resíduos da ABRELPE, 2017.

Restringindo o território para região sudeste, mais especificamente o estado do Rio de Janeiro, houve uma redução tanto no contexto regional, quanto local, conforme consta no quadro 2.

Quadro 2 - Quantidade anual de resíduos de serviços de saúde coletados pelos municípios da região sudeste.

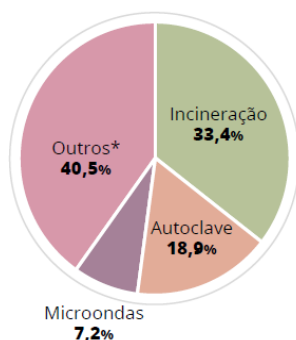
UF	2016	2017
	(t/ano) / (Kg/hab/ano)	(t/ano) / (Kg/hab/ano)
Espírito Santo	7.199/1,812	6.782/1,689
Minas Gerais	39.650/1,888	38.667/1,831
Rio de Janeiro	31.712/1,906	29.507/1,765
São Paulo	102.943/2,300	103.248/2,290
TOTAL	181.504/2,102	178.204/2,050

Fonte: Panorama de resíduos da ABRELPE/IBGE, 2017.

Enquanto, o tratamento predominante é denominado por outros, seguidos de incineração e autoclavagem, de acordo com a figura 3. Ainda, podemos acrescentar que esta região apresenta um espaço territorial pequeno com grande influência/geração nacional devido ao desenvolvimento industrial e de manufatura dos estados nela contemplados, como São Paulo e Rio de Janeiro.

Vale a ressalva que a denominação de outros, o que indica uma grande preocupação devido à irregularidade do atendimento do gerenciamento dos RSS, pois suas características indicam um risco de contaminação em termos de saúde e do meio ambiente.

Figura 3 - Tipo de destinação final dos resíduos de serviços de saúde na região sudeste (2017).



Fonte: Pesquisa ABRELPE/IBGE
(*) "Outros" compreende a destinação, sem tratamento prévio, em aterros, valas sépticas, lixões etc.

Fonte: Panorama de resíduos da ABRELPE, 2017.

Porém, fica a realidade de aumento da geração destes resíduos, como demais tipos, incluindo não perigosos, mesmo que os dados apresentem decréscimo (o qual preocupa devido ao menor índice dos mesmos coletados). Este se justifica pelo crescimento da população, e, conseqüentemente, aumento do número de atendimentos de saúde. Sendo assim, este é uma vertente importante relacionada a todos os resíduos, em especial aos RSS.

A partir disso, o gerenciamento de resíduos é um conceito de extrema importância, que se encontra na PNRS com as seguintes palavras: “conjunto de ações exercidas, (...), nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010). Assim, podemos indicar a seguinte definição legal da Resolução RDC ANVISA nº 222/2018, como enfatizada pela Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ:

“Conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas, técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a geração de resíduos e proporcionar um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores e a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente”.

Ainda, conforme a diretriz estabelecida pela Organização Mundial de Saúde, “o gerenciamento dos resíduos de saúde envolve a remoção e disposição dos resíduos da maneira mais higiênica possível, através de métodos que, em todas as etapas, minimizem o risco à saúde e ao meio ambiente”.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA trouxe atualização na diretriz relacionada aos RSS, pois encontrava-se em

desacordo com a realidade devido ao desfasagem no tempo / caducidade. Com isso, a resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018, regulamenta as boas práticas deste gerenciamento adequado, isto é, a gestão ideal deles dentro de um estabelecimento de atendimento, como, principalmente, hospitais. Os RSS ou, mais comumente denominados “lixo hospitalar”, podem se tornar um problema de saúde pública, devido, principalmente, à falta de informações da população sobre suas particularidades, ocasionando riscos à saúde. Estes são definidos por aqueles gerados nos serviços de saúde, seja humano ou animal, como no setor de pesquisas; ainda, este enquadra na classificação de resíduo perigoso por apresentar patogenicidade (BRASIL, 2010).

Desta forma, estes, para as normas brasileiras de terminologia, classificação, manuseio e coleta de resíduos de serviços de saúde, são definidos como resíduos resultantes das atividades exercidas por estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, abrangendo os resíduos provenientes das mais diversas fontes potencialmente geradoras, como hospitais, clínicas médicas, veterinárias e odontológicas, farmácias, ambulatórios, postos de saúde, laboratório de análises clínicas, laboratórios de análises de alimento, laboratórios de pesquisa, consultórios médicos e

odontológicos, empresas de biotecnologia, casas de repouso e casas funerárias (RDC 306/2004 ANVISA). Ainda, de acordo com a nova resolução acima mencionada, direciona outros estabelecimentos, como salões de beleza, estúdios de tatuagem e piercing, inclusive enfatiza para geração de atendimentos domiciliares, vulgo “home care”.

Existe também riscos às pessoas que manuseiam os RSS dentro e fora dos estabelecimentos geradores. Há ainda os riscos que podem afetar a comunidade hospitalar, principalmente o grupo constituído por pacientes em tratamento que, devido ao estado de doença, se encontram com seu sistema imunológico comprometido. O manejo inadequado dos RSS pode causar um risco ambiental que ultrapasse os limites do estabelecimento, podendo gerar doenças e ainda, perda da qualidade de vida da população (ARMOND & AMARAL, 2001).

Contudo, a gestão dos RSS são elementos fundamentais ao funcionamento de um estabelecimento de atendimento à saúde humana e/ou animal, para que se possam garantir todos os procedimentos de forma eficiente e segura, considerando aqueles envolvidos direta e indiretamente com o mesmo.

Regulamentações associadas aos Resíduos de Serviços de Saúde

Considerando a existência das regulamentações impostas para quaisquer situações, os RSS possuem também algumas direcionadas pelos diversos órgãos, seja poder executivo nacional ou órgãos mais específicos. Ainda, existem as regulamentações estaduais e até mesmo municipais, para que possa atender às especificações de cada estabelecimento de atendimento de saúde, seja este público ou privado.

Inicialmente, a Legislação Nacional trouxeram dois importantes conteúdos, que foi o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, como também a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. O artigo 225 é mencionado na íntegra abaixo, o qual determina direito e deveres junto ao meio ambiente:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Sendo assim, pode-se afirmar que a sociedade cumpre muito pouco com os deveres ambientais, como também o poder público negligencia essa obrigação. Inclusive, a realidade mostra cada vez mais a piora neste aspecto, pois anteriormente ainda havia uma maior preocupação com a conservação do meio ambiente a partir

das mudanças negativas dos hábitos de produção e consumo da sociedade. Hoje alcança mais a visão da sustentabilidade, porém ainda de forma lenta, sendo necessário atingir a todos mais rápido possível em prol de melhor qualidade de vida e do meio ambiente. Neste sentido Roth & Garcias (2008), expressam “uma das principais causas deste problema é o padrão de produção e consumo adotado nas cidades do mundo que se apresenta como inadequado e despreocupado com a sustentabilidade”.

No ano de 1981, foi elaborada a Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA, que resultou na Lei nº 6.938, de 31 de agosto do respectivo ano, a qual trouxe entre seus preceptos que a “preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida” através do desenvolvimento socioeconômico e da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981). Dentre os princípios mencionados encontra-se o equilíbrio ecológico, como demais situações associadas à conservação do meio ambiente, se possível à preservação do mesmo, isto é, manutenção de uma área sem intervenção humana. Vale ressaltar que a diferença entre preservar e conservar está na inserção do homem onde reside.

Uma definição importante, do que é o meio ambiente, é apresentada nesta legislação antes mencionada, da seguinte maneira: “conjunto de condições, leis, influências e interações de

ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981). Sendo assim, pode-se concluir que o meio ambiente não é somente o espaço, mas todos os elementos que o compõem, incluindo o homem.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, traz direcionamentos gerais que nas obrigatoriedades sobre aqueles gerados em locais de atendimento de saúde humana e animal, como também pesquisas deste setor. Ainda, estabelece a obrigatoriedade da elaboração do PGRSS, sendo a ANVISA um órgão regulador que transmite resoluções dessa importância.

Apesar da existência de legislação pertinente quanto à classificação e o correto manejo, desde a geração até o descarte final dos RSS, destaca-se a Resolução RDC nº 222/2018 da ANVISA, que revoga a RDC nº 306/2004, e dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, como também a Resolução CONAMA nº 358/2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição final destes resíduos. Ainda, estas, como aquelas gerais, são desconhecidas por vários profissionais de saúde, que não fazem a segregação adequada dos resíduos gerados, influenciando negativamente em todo o processo do gerenciamento.

Dentre os resíduos gerados nestes estabelecimentos de saúde, existem também aqueles comuns, que seguem o mesmo fluxo dos domésticos, mediante a adequada segregação, isto é, evitando a contaminação cruzada. Verifica assim a ênfase destes resíduos através de definições, como destinação (reutilização e reciclagem, por exemplos) e disposição final ambiental (aterro sanitário), incluindo a compostagem. Porém, neste contexto, o mais importante direciona aos resíduos perigosos - infectantes, químicos e perfurocortantes, pois estes necessitam de tratamento e disposição final ambientalmente adequados (aterro sanitário e classe I), inclusive variado por classificação dos mesmos de acordo com informações apresentadas no quadro 1.

Em âmbito estadual, considerando o estado do Rio de Janeiro, existe uma norma operacional NOP-INEA-35, voltada ao sistema online de emissão de manifestos e certificados de destinação final dos resíduos sólidos, o qual é o responsável pelos assuntos ambientais no respectivo limite territorial, como age de forma descentralizada através do auxílio das secretarias municipais de meio ambiente, sendo estas devidamente capacitadas. Essa descentralização veio a favorecer o atendimento das particularidades locais em processos de licenciamento ambiental, o que garante maior eficiência do respectivo controle, juntamente

com o avanço tecnológico do sistema de documentos – manifestos de transporte e certificado de destinação final.

Uma recente atualização ocorreu tardiamente através da RDC nº 222/2018, o que demonstra ainda a necessidade de maiores complementações. Assim, este conhecimento é fundamental para compreender as etapas do gerenciamento dos RSS.

Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde

O PGRSS se define no artigo 3º da resolução RDC da ANVISA nº 222/2018:

“Documento que aponta e descreve todas as ações relativas ao gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, observadas suas características e riscos, contemplando os aspectos referente a geração, identificação, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, destinação e disposição final ambientalmente adequada, bem como as ações de proteção à saúde pública, do trabalhador e do meio ambiente” (BRASIL, 2018).

Assim, este documento pode se resumir à biografia do empreendimento por estrutura, recursos humanos e geração dos resíduos sólidos, o que ocorre com RSS em consultórios, farmácias, hospitais, entre outros estabelecimentos de atenção à saúde humana e animal. Cada local possui suas particularidades,

que são representadas no corpo textual deste, como também deve ser implantado, isto é, não ficar apenas no papel.

Segundo Souza *et al.* (2015), o sucesso do PGRSS, que indica alcance da implantação eficiente dele, considera três aspectos principais: organização total do manuseio dos respectivos resíduos, questões técnicas e operacionais e recursos humanos necessários ao atendimento dos dois mencionados anteriormente. Vale ressaltar que tudo deve enquadrar com a estrutura, como também acompanhamento dos números de atendimentos, garantindo o funcionamento do sistema operacional.

Quanto à obrigatoriedade deste plano, se reforçou com a PNRS através do artigo 20, que ainda o direciona por instrumento, alcançando desde o âmbito nacional ao local. No artigo número 21, se descreve o conteúdo mínimo, sendo que vale adicionar todas as informações pertinentes para eficiência das ações de controle ambiental, a responsabilidade direciona a um profissional preparado para esta função, além da mesma ocorrer compartilhada com demais parceiros terceirizados para efetuar completamente todas as etapas (responsabilidade compartilhada).

Outra ponderação essencial se trata das etapas de gerenciamento dos resíduos, que ocorre interna e externamente ao local de

geração. Estas se generalizam com o termo 'manejo dos RSS'. Este, inclusive, é definido na resolução da ANVISA atualizada da seguinte forma:

“Atividade de manuseio dos resíduos de serviço de saúde, cujas etapas são a segregação, acondicionamento, identificação, transporte interno, armazenamento temporário, armazenamento externo, coleta interna, transporte externo, destinação e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos de serviço de saúde” (BRASIL, 2018).

Inicialmente, ocorre a segregação com acondicionamento em recipiente adequado e devidamente identificado. Existe um transporte interno, como pode haver também um armazenamento temporário de acordo com o porte do estabelecimento; ainda, sempre necessita do armazenamento externo, o qual ocorre em local exclusivo com denominação de 'abrigo externo' e dividido por tipos dos RSS. Este, ainda, deve estar em local estratégico para menor fluxo de pessoas, como também mais fácil acesso da frota terceirizada, isto é, que encaminha os RSS aos respectivos destinadores. A parte externa se inicia com a coleta e transporte por uma empresa devidamente licenciada, que dispõe diretamente em aterro sanitário e classe I, ou encaminha anteriormente para destinador (autoclavagem e incineração, por exemplos mais comuns). Outro aspecto de elevada importância o

constitui a licença ambiental para cada atividade, sendo assim, o fluxograma na figura 4 descreve o manejo dos RSS de forma objetiva, como deve ser de maneira geral dentro da realidade observada em instituições hospitalares.

Vale ressaltar que essa informação é importante, assim como deve ser de conhecimento de todos os colaboradores atuantes no estabelecimento de saúde; inclusive, é interessante que seja exposto aos pacientes e acompanhantes, para que estes possam vir a ser fiscais destas ações e, conseqüentemente, cobrar alguma ação errônea executada por qualquer pessoa. Este conhecimento apresenta um diferencial financeiro, pois encaminha apenas os resíduos que necessitam de tratamento, evitando situações inadequadas, como o exemplo: uma simples garrafa destinada no recipiente de resíduos infectantes (nesta situação ela passa a ser um resíduo obrigatoriamente destinado para tratamento, devido ao processo de contaminação cruzada).

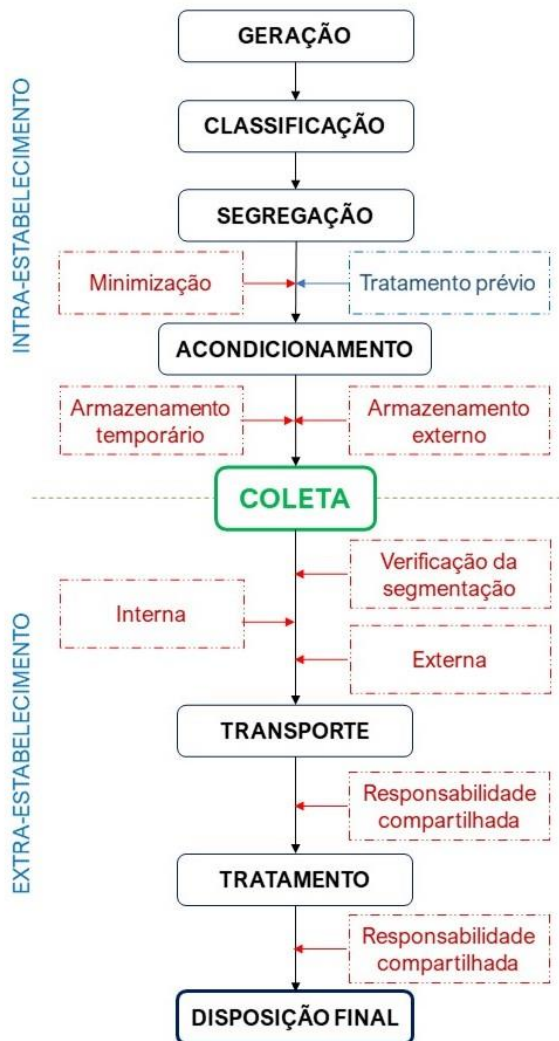
Existe uma importante informação contida no artigo 9º da PNRS, que apresenta a seguinte escala de prioridades de destinação e disposição final ambiental: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. No caso dos RSS ocorre, principalmente, tratamento e disposição final, mas apresenta

demais etapas a partir de uma segregação adequada dos tipos de resíduos.

Logo, o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS), quando feito inadequadamente, assim como o descarte inadequado de resíduos infectantes geram riscos ocupacionais e prejuízos ao meio ambiente. As instituições que geram esses resíduos devem, por meio das características, do volume e tipo do resíduo produzido, elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS), que é um regulamento técnico obrigatório a todos os geradores destes resíduos, com a finalidade de estabelecer, em cada etapa do sistema, procedimentos detalhados de ações para um manejo seguro (figura 4).

Figura 4 - Fluxograma do manejo dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) em instituições hospitalares.

Manejo dos Resíduos de Serviço de Saúde



Fonte: Autores.

Instituições Hospitalares: um local de acolhimento e atendimento dos pacientes

Quando precisamos de um atendimento emergencial, nos encaminhamos às instituições de saúde locais, independente do atendimento público ou privado, que buscam solucionar a dor de cada pessoa com o correto atendimento dentro dos sintomas observados pelos profissionais da saúde, tanto enfermeiros, quanto médicos. Estes locais são hospitais, UPAs, postos de saúde, por exemplos. Neste momento iremos enfatizar os hospitais, pois estes são os maiores geradores dos RSS; ainda, este é o foco de estudo a partir da orientação ao curso de Medicina da Universidade de Vassouras, localizada na cidade de Vassouras, interior do estado do Rio de Janeiro-RJ, mais especificamente a região do vale do café.

Para Dellamora (2012), o termo hospitalar se define da seguinte forma:

“Um conjunto muito heterogêneo de estabelecimentos de saúde, unidades de diferentes portes, que podem oferecer uma variada gama de serviços e atividades e desempenham funções muito distintas no âmbito da rede de atendimento à saúde”.

Dellamora (2012) relata que os hospitais ocupam uma posição de relevância da atenção à saúde, que alcança a parte técnica e assistencial, como também conhecimentos e tecnologias mais

especializados, além da questão financeira. Assim, pode-se concordar que as instituições hospitalares são pilares fundamentais em questão de saúde, seja em âmbito global, nacional, estadual, regional ou até mesmo local.

Estes podem ser classificados por perfil de assistência, porte, nível de complexidade e papel do estabelecimento na rede de serviços, de acordo com Dellamora (2012). Desta forma, é possível observar o contexto de especializações com influência direta ao papel destas instituições por região, como seu papel sempre será de significativa importância associado à saúde pública.

Agora, considerando as opções de atendimentos público e privado, se vislumbra uma dificuldade presente desde o âmbito nacional ao local. Há uma evidente diferença da realidade dos hospitais públicos (direcionado apenas pelo atendimento do Sistema Único de Saúde - SUS) e privados, que se encontra desde a estrutura, disponibilidade de equipe técnica, atendimento propriamente dito, dentre outros aspectos. Existem hospitais públicos e privados de referências, mas, em sua maioria, aqueles administrados pelo poder público esbarram em déficits financeiros, o que ocasiona problemas diversos com corpo técnico, medicamentos, equipamentos de segurança individual (EPIs),

equipamentos de atendimento e até condições estruturais mais adequadas, além das tecnologias atualizadas de tratamento.

Sendo assim, atestada a constatação acima por Calvo (2002), “os hospitais são, em geral, bastantes diversificados quanto à capacidade de atendimento, ao tamanho, à área de atuação, e ao perfil de morbidade dos pacientes internados”. Inclusive, Calvo (2002) ainda indica que a diferenciação entre setor público e privado é a sua gestão e natureza da sua prioridade, especialização, a partir da observação financeira.

Conclui-se que os hospitais são locais de atendimento de saúde procurados em situações emergenciais, ou mesmo cirurgias e consultas previamente agendadas. Estes devem atender a quaisquer situações, porém sempre apresenta especialização com mais atuação, por exemplo, oncologia ou maternidade. Ainda, eles são locais de muitas fragilidades de saúde e sentimentos, que envolvem tanto pacientes, quanto profissionais da saúde. Hoje o Brasil e o mundo todo atravessa por uma situação crítica em termos globais até locais, pandemia da COVID-19, causada pelo coronavírus (SARS-COV-2), o qual atinge e afeta a todos a partir da necessidade de um novo normal, uma mudança de comportamento da sociedade para sobrevivência.

Segundo a reportagem do “El País por Joana Oliveira de 19 de março de 2020”, a atual situação da pandemia evidencia a diferente realidade de um hospital privado em relação aqueles geridos pelo poder público, sendo a referência o estado de São Paulo; porém, este é o cenário de todo o Brasil. A falta de cuidado com a saúde dos profissionais da rede pública fica nítida com ausência de EPIs fundamentais em muitos hospitais e postos de saúde, como máscaras (até adquiridas pelo profissional do próprio bolso), além de racionamento ou falta do álcool em gel; enquanto, os hospitais privados possuem toda a situação regularizada, o que inclui também uma estrutura adequada para devidos isolamentos relacionados à necessidade da pandemia.

Lixo Hospitalar: descarte e coronavírus

A partir do atual cenário de pandemia, pode-se constatar a realidade de um aumento da geração dos RSS devido à maior demanda de atendimentos, como um maior cuidado em todos os procedimentos, como é a troca mais frequente dos EPIs.

Caroline Beutler (2020) relata (Revista Servioeste Saúde e Meio Ambiente) que há uma variação de geração dos RSS a depender das ações de cada localidade dentro do atual cenário. Mesmo com a diminuição dos procedimentos eletivos, é necessária uma maior

frequência de troca dos equipamentos, como também o aumento da taxa de ocupação hospitalar.

A ocupação dos leitos de enfermarias e UTIs (Unidades de Tratamento Intensivo) indica uma referência significativa ao cenário das instituições hospitalares; porém, estes ainda modificam a cada instante com altas e óbitos. Inclusive, neste contexto existem outras necessidades de atendimento, que não pararam, como pneumonia, câncer, cirurgias eletivas e emergenciais, entre outras enfermidades; mas alcança uma menor procura destas destinações em detrimento da atual situação, isto é, a pandemia de COVID-19. Isso se justifica pelo medo da população, que busca menos assistência médica para evitar contágio. Sendo que a cada dia observam-se ainda mais aglomerações e ausência de cuidados por parte da mesma a partir da percepção individual de cada um, o que seria essencial manter a postura inicial para controle da pandemia, como aguardar a vacinação.

Além do lixo hospitalar, existe também o lixo residencial, pois teve a indicação de uso das máscaras de pano e seus devidos cuidados de lavagem e manuseio, além de resíduos provenientes de doentes em isolamento domiciliar. Sobre a dimensão desse lixo, sequer há estimativas e quantidade aproximada, pois afinal, não se sabe

quantas pessoas contaminadas pelo coronavírus estão em suas casas.

Contudo, os RSS constituem um maior problema em tempos de pandemia de COVID-19, uma vez que o agente etiológico dessa doença pode ser transmitido pelo contato de pessoa a pessoa ou pelo contato com superfícies contaminadas, cujos materiais influenciam na viabilidade do vírus no ambiente. Da mesma forma, ainda são inconclusivas as pesquisas sobre o tempo de viabilidade do vírus no ar.

Segundo a ABRELPE, no início da pandemia estimava-se o crescimento de 10 a 20 vezes da geração dos RSS, isto é, resíduos hospitalares; porém, o balanço da mesma instituição apontou uma redução média de 17% na primeira quinzena de abril de 2020. Desta forma, pode-se concluir que o Brasil apresenta uma direção oposta, o qual indica deficiência na segregação dos materiais infectantes, destinação e disposição final inadequada.

O descarte correto do lixo hospitalar nunca foi tão importante quanto nestes tempos de pandemia do novo coronavírus. A COVID-19 é uma doença altamente contagiosa e causada por um vírus que pode sobreviver até 72 horas em determinadas

superfícies. Por isso, o cuidado com o lixo hospitalar é fundamental para evitar a disseminação da patologia.

De acordo com uma reportagem da CNN Brasil, um levantamento feito pela ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) estimou que a quantidade de lixo hospitalar gerado durante a pandemia deverá ter alta de até 20 vezes, comparado ao estudo do ano anterior. A causa para esta elevação nos índices é a maior quantidade de pacientes nas unidades de saúde e a quantidade de EPIs necessário para que os profissionais não contraiam a doença, como luvas e máscaras.

A COVID-19 é uma doença que ainda não é totalmente conhecida por médicos, cientistas e pesquisadores. Sendo assim, ainda não é possível prever todos os impactos ambientais que podem ser causados em função do descarte incorreto do lixo hospitalar e o contato deste resíduo contaminado com o solo e a água.

O lixo hospitalar contaminado deve ser manejado de acordo com as determinações feitas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e passar por algumas etapas básicas como identificação, coleta, separação, armazenamento, transporte, tratamento e descarte correto. Além disso, é primordial ter atenção quanto aos cuidados dos profissionais que trabalham no setor de

coleta de lixo hospitalar. Eles devem utilizar equipamentos de proteção e ter cuidado redobrado com a higiene.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que o lixo hospitalar seja incinerado. Segundo a instituição, este é o método de tratamento mais seguro e ainda pode contribuir para a geração de energia.

A Anvisa em sua Nota Técnica GVIMS/GGTES/ANVISA nº 04/2020 - informa que todos os resíduos provenientes da assistência a pacientes suspeitos ou confirmados de infecção pelo novo coronavírus (COVID-19) devem ser enquadrados na categoria A1, conforme Resolução RDC/Anvisa nº 222, de 28 de março de 2018. De acordo com o que se sabe até o momento, o novo coronavírus pode ser enquadrado como agente biológico classe de risco 3, seguindo a Classificação de Risco dos Agentes Biológicos, publicada em 2017, pelo Ministério da Saúde, sendo sua transmissão de alto risco individual e moderado risco para a comunidade.

Ainda, sobre a norma técnica, quanto ao acondicionamento, os resíduos devem ser direcionados aos sacos vermelhos, que devem ser substituídos quando atingirem 2/3 de sua capacidade ou pelo menos uma vez a cada 48 horas, independentemente do volume e

identificados pelo símbolo de substância infectante. Os sacos devem estar contidos em recipientes de material lavável, resistente à punctura, ruptura, vazamento e tombamento, com tampa provida de sistema de abertura sem contato manual, com cantos arredondados. Estes resíduos devem ser tratados antes da disposição final ambientalmente adequada.

Vale ressaltar que, apesar da RDC 222/2018 definir que os resíduos provenientes da assistência a pacientes com coronavírus tem que ser acondicionados em saco vermelho, excepcionalmente, durante essa fase de atendimento aos pacientes suspeitos ou confirmados de infecção pelo SARS-CoV-2, caso o serviço de saúde não possua sacos vermelhos para atender a demanda, poderá utilizar os sacos brancos leitosos com o símbolo de infectante para acondicionar esses resíduos. Reforça-se que esses resíduos devem ser tratados antes da disposição final ambientalmente adequada.

Medicina e Educação Ambiental: simultaneidade

O artigo 196 da Constituição Federal de 1988 preconiza o acesso à saúde como direito de todos e dever do estado. Este direito deve ser garantido de forma igualitária através de políticas sociais e econômicas, que garantam a redução de riscos de doenças e outros

agravos associados ao meio ambiente. Assim, os serviços de saúde são ações fundamentais para garantir a qualidade de vida da população, desde âmbito local a nacional (vejamos a realidade vivida com a pandemia, inclusive em alcance global).

Considerando a Constituição Federal de 1988, em seus artigos 196, 200 e 225:

“Art. 196: A saúde é um direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visam à redução de risco de doenças e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário as ações e serviços para a sua promoção e recuperação (BRASIL, 2006).

Art. 200. Ao sistema único de saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei:

VIII - colaborar na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho (BRASIL, 2006).

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2006).

Art. 225. VI - Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2006);”

Já, de acordo com Resolução nº 3, de 20 de junho de 2014- Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina:

“Art. 5º -V - preservação da biodiversidade com sustentabilidade, de modo que, no desenvolvimento

da prática médica, sejam respeitadas as relações entre ser humano, ambiente, sociedade e tecnologias, e contribua para a incorporação de novos cuidados, hábitos e práticas de saúde.”

Dentro das prerrogativas do Ministério da Educação, se apresentam diretrizes curriculares nacionais dos cursos da área da saúde, como medicina, a qual é o foco de estudo. Estas indicam uma formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, como dentre suas competências se encontram atenção à saúde, tomada de decisões, comunicação, liderança, administração e gerenciamento e educação permanente. Enquanto, os conhecimentos e habilidades específicas destinam aos procedimentos médicos gerais e mais específicos, como também comunicação adequada com todos os públicos (profissionais da saúde, pacientes e familiares dos mesmos), além da percepção crítica e interesse de contínua atualização técnico-científica. Nos meses seguintes, mais especificamente em novembro do mesmo ano, ocorreu a efetivação do parecer através da Resolução CNE/CES nº 4, de 7 de novembro de 2001.

A partir do posicionamento do principal órgão responsável da educação, pode-se concluir que o curso de medicina deve conter um conteúdo voltado aos conceitos mais importantes de procedimentos médicos, como também trabalho em equipe, forma

de lidar com pacientes e seus familiares e conhecimentos técnico-científicos, incluindo às questões ambientais. Ainda, o mais importante é o atual cenário, que evidencia a necessidade de associação deste às ações de educação ambiental, isto é, relação com os RSS.

Considerando os aspectos ambientais, a Política Nacional de Educação Ambiental, correspondente a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, transmite informações sobre aplicação da educação ambiental, a qual se define por “processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”. Inclusive, ela direciona por componente essencial e permanente da educação nacional, que garante sua disseminação, seja em caráter formal ou não-formal.

Considerando as responsabilidades, o artigo 3º da mesma regulamentação afirma o direito de todos à educação ambiental, como incube as partes suas respectivas obrigações, conforme consta nos tópicos abaixo:

- **Poder Público:** “definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em

todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente”;

- **Instituições educativas:** “promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem”;
- **Órgãos ingressantes do SISNAMA:** “promover ações de educação ambiental integradas aos programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente”;
- **Meios de comunicação:** “colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação”;
- **Empresas, entidades de classes, instituições públicas e privadas:** “promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente”;
- **Sociedade:** “manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a preservação, a identificação e a solução de problemas ambientais”.

Desta forma, o cenário de estudo, isto é, universidade, enquadra em instituições educacionais, como também instituições privadas devido ao contexto de sua atribuição, além da sociedade agir através de colaboradores e alunos. Sendo assim, existe a obrigatoriedade da instituição, como também individual por aluno, colaborador ou mesmo servidores terceirizados. Vale

ressaltar que hoje observa-se uma maior informação das ações sustentáveis disseminadas pelos canais abertos ou fechados, como gradativamente o poder público passa a cumprir também sua obrigação neste aspecto.

Considerando, ainda, que a maioria dos acadêmicos de medicina desconhece o regulamento técnico da Anvisa sobre gerenciamento de RSS e, conseqüentemente, dificulta o cumprimento do PGRSS, possibilitando danos ambientais, levantou a curiosidade se os alunos de medicina recebem informações referentes ao descarte de material dos serviços de saúde prestados.

Diante do fato exposto, compete ao gestor de qualquer instituição de saúde se preocupar e desenvolver um planejamento eficiente e eficaz do destino adequado dos resíduos de saúde, para que estes resíduos não tenham um destino comum a outros resíduos de menor potencial de risco.

Contudo, as informações referentes ao gerenciamento de RSS devem ser ministradas desde os primeiros períodos da graduação de medicina, bem como outros cursos da área de saúde para que seja possível garantir o adequado processo de cada tipo de resíduo em prol da conservação do meio ambiente, e, conseqüentemente, melhor qualidade de vida, além de garantir a saúde ocupacional

individual e coletiva de um estabelecimento de atenção à saúde, seja humano, animal ou mesmo em pesquisa.

Este capítulo tem como objetivo descrever o processo de atualização do conteúdo programático da Disciplina Saúde da Família II, do curso de Medicina da Universidade de Vassouras, inserindo o conteúdo de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde para garantir que os estudantes e futuros médicos tenham conhecimento e conscientização da importância do gerenciamento e descarte adequado dos Resíduos de Serviços de Saúde (em especial no cenário de COVID-19) no meio ambiente.

E os objetivos específicos foram realizar uma pesquisa junto aos alunos do internato do curso de Medicina da Universidade de Vassouras para saber o que estes acadêmicos conhecem sobre a importância da gestão e destino adequado dos Resíduos de Serviço de Saúde em instituições de saúde da rede pública e privada; Informar à coordenação do curso de Medicina através de um Relatório técnico a importância da inserção do conteúdo de Gestão de RSS como conteúdo programático das Disciplina Saúde da Família II do curso de Medicina da Universidade de Vassouras; Capacitar os acadêmicos de Medicina em relação ao descarte e gestão dos resíduos de serviços de saúde (em especial no cenário de COVID-19) a partir da inclusão do conteúdo programático das

Disciplina Saúde da Família II do curso de Medicina da Universidade de Vassouras.

A metodologia utilizada baseou-se na revisão da literatura, da legislação e normas relacionadas ao tema. A prática da pesquisa foi utilizada o cenário de estudo e trabalho, a Universidade de Vassouras. Sendo, a primeira etapa considerada qualitativa e foi realizada com acadêmicos do internato (9º, 10º, 11º e 12º período) de Medicina da Universidade de Vassouras, através de um questionário com cinco perguntas objetivas (questionário 1) relacionadas ao conhecimento referente ao PGRSS e regulamentação, com o objetivo de demonstrar resultados reais da pesquisa. A segunda etapa foi fazer a análise quantitativa da resposta dos acadêmicos.

Questionário I- Pesquisa com alunos do internato do Curso de Medicina da Universidade de Vassouras, Regulamentos Técnicos dos Resíduos de Serviços de Saúde em outubro de 2020:

“1- Tem conhecimento dos regulamentos técnicos relacionados aos Resíduos de Serviços de Saúde?

() ALGUM

() NÃO

SIM

2-Conhece como deve ser realizado o descarte adequado dos
Resíduos de Serviços de Saúde?

ALGUM

SIM

NÃO

3- Tem conhecimento da obrigatoriedade da existência de um
Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
nas instituições de Saúde Públicas ou Privadas?

SIM

NÃO

4- Tem conhecimento de como é a destinação final adequada
destes resíduos?

NÃO

ALGUM

SIM

5- Se você possui algum conhecimento referente aos regulamentos técnicos referente ao resíduo hospitalar, foi através deste curso de Medicina da Universidade de Vassouras?

() NÃO

() SIM”.

Escolha do Cenário de Estudo

A escolha do cenário de estudo advém da vivência docente com atuação direta através de informações dos alunos do curso de Medicina da Universidade de Vassouras, como também no Hospital Universitário, que é referência regional inclusive para pacientes com COVID-19, como local de trabalho na Gestão.

A cidade de Vassouras é “detentora do riquíssimo legado histórico-cultural, herança dos tempos áureos do café no Vale do Paraíba fluminense, [...] berço da diversidade cultural e tem se consolidado como importante destino turístico no estado do Rio de Janeiro”, de acordo com a Prefeitura Municipal de Vassouras. Este legado fica materializado no centro histórico (figura 5), como também nas lindas fazendas do café, que são tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

Figura 5 - Antiga Estação da cidade de Vassouras-RJ.



Fonte: SICRED, 2018.

Além de cidade histórica e turística, pode-se afirmar que esta também é conhecida por cidade universitária, pois a Universidade de Vassouras apresenta uma importância significativa na estrutura desta localidade há 50 anos, isto é, gira a economia local; inclusive, esta instituição educacional possui significativo reconhecimento regional. A própria instituição afirma na sua identificação que a cidade possui um clima agradável, como apresenta em torno de 35 mil habitantes, além da tranquilidade para dedicar aos estudos. Ainda, esta indica as principais rotas de

chegadas e quilometragens, as quais são fáceis e apresentam boas estradas rodoviárias, como BR 393, BR 040, Dutra e outras estaduais.

Assim, a “Fundação Educacional Severino Sombra há mais de 50 anos forma e especializa profissionais nas mais diversas áreas do conhecimento, baseada na tríade de ensino, pesquisa e extensão”, segundo a própria instituição educacional. Como, ainda, esta afirma a Medicina de Vassouras como referência em escolas médicas do país desde a sua fundação. Atualmente, existe a seguinte composição estrutural, que ocorre em diferentes logradouros:

“Unidades educacionais: Universidade de Vassouras, Faculdade de Miguel Pereira, Faculdade de Maricá e CAP – Cursos Técnicos da Universidade de Vassouras.

Unidades de saúde: Hospital Universitário de Vassouras e serviço adicional de Oncologia Clínica em Três Rios, Centro de Estudos Professor Severino Sombra, Laboratório de Análises Clínicas e Centro Integrado de Saúde - Unidade Materno Infantil, além de uma fazenda por campo experimental da veterinária, incluindo clínica veterinária para animais de pequeno e grande porte”.

A partir da estrutura acima mencionada, é possível observar uma estrutura adequada às propostas de ensino da área da saúde, como demais cursos – administração, enfermagem, engenharias (civil,

elétrica, produção, química, software), medicina veterinária, odontologia, pedagogia, psicologia, entre outros. Sendo assim, uma das informações mais relevantes é o Hospital Universitário de Vassouras, o qual é considerado “o mais importante hospital de todo o Centro-Sul Fluminense”, garantindo a vivência profissional aos estudantes. Vale ressaltar que este hospital possui um intenso fluxo de movimento, como também é essencial ao controle da saúde pública da região. As Figuras 6 e 7, ilustram imagens correspondentes ao campus Universidade de Vassouras e ao Hospital Universitário de Vassouras, respectivamente.

O Relatório Técnico de Inserção do Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde na Grade Curricular do curso de Medicina da Universidade de Vassouras- RJ visa apresentar à coordenação do curso de Medicina da Universidade de Vassouras a importância das questões ambientais, mais especificamente dos RSS e sua gestão aos estudantes e futuros profissionais da saúde, que podem atuar em quaisquer instituições de saúde, como exemplo principal os hospitais. Este é um conhecimento complementar, mas afeta diretamente à saúde pública e dos colaboradores diretamente envolvidos, como também os próprios.

Figura 6 - Entrada da Universidade de Vassouras.



Fonte: Ana Paula Amaral Ribeiro.

Este documento será composto com noções gerais do tema, como suas respectivas regulamentações de órgãos competentes, como ANVISA, a qual corresponde ao órgão nacional superior de saúde, pois esta possui uma regulamentação atualizada destinada às boas práticas de gerenciamento dos RSS, através da RDC 222/2018 e eventuais Notas Técnicas destinadas às situações do momento, visto que em caso como o da atual pandemia de COVID-19, as pesquisas ainda encontram-se em andamento.

Estes conhecimentos buscam demonstrar a importância desta visão de conservação ambiental, para que garanta um meio ambiente mais saudável e, conseqüentemente, uma melhor condição vital, incluindo melhoria da saúde pública.

Figura 7 - Fachada Hospital Universitário de Vassouras.



Fonte: Ana Paula Amaral Ribeiro.

Sendo assim, este será submetido à coordenação do curso de Medicina da Universidade de Vassouras, que deverá avaliar a pertinência da importância relatada neste, bem como o considerar e dar atenção às informações direcionadas, garantindo um diferencial da universidade em abordar este conteúdo a partir da verificação de desconhecimento do gerenciamento dos RSS

através dos profissionais de saúde. Logo, este é um dos produtos propostos neste estudo.

A atualização do plano de estudo da disciplina Saúde da Família II do curso de Medicina de Universidade de Vassouras busca inserir o conhecimento geral, de forma completa e objetiva, do gerenciamento dos RSS, para que garanta a mudança da observação de desconhecimento por parte dos profissionais em formação. Esta ação, inclusive, garante que possa ser modificada a composição de atuação dos profissionais em longo prazo, pois estes atuantes há algum tempo também desconhecem, ou negligenciam o mesmo.

O plano de estudo compõe dos seguintes tópicos: ementa, objetivos (geral e específico), competências e habilidades, conteúdo programático, metodologia, avaliação e bibliografia. Cada uma possui sua importância na compreensão deste documento e algumas palavras bastam para atualizar o mesmo com a introdução do conteúdo dos RSS, mais especificamente do PGRSS do Hospital Universitário de Vassouras, pois este direciona a abordagem mais específica da realidade vivenciada pelos estudantes ao longo de sua graduação, e, talvez, posteriormente com atuação profissional, além de ser possível

depois adequar as informações obtidas em outras instituições hospitalares.

As alterações não devem ser apenas palavras descritas, mas colocadas em prática. Ao considerar a carga horária e às demais disciplinas, como atividades externas nos hospitais, estas devem ser inseridas de forma a não atingir a transmissão dos demais conteúdos, porém são complementos fundamentais para obter profissionais mais adequados com as normas ambientais, inclusive influenciando os mesmos em suas ações cotidianas voltadas para sustentabilidade.

Com isso, o plano de estudo atualizado da disciplina Saúde da Família II se apresenta também como um dos produtos propostos neste estudo, como um incentivo às demais disciplinas e à coordenação para adequar seus respectivos conteúdos programáticos com as demandas ambientais dentro de suas especificações.

Proposta de Curso de Extensão sobre Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde

A extensão deste assunto é indicada através da relevância no atual contexto global, pois nos encontramos em uma situação de pandemia de COVID-19. A partir disso, pode-se garantir que o atendimento da adequação do gerenciamento dos RSS é ainda mais necessário em prol dos colaboradores, que diretamente atuam com os mesmos, sejam estes internos ou externos às instituições de saúde, mais especificamente hospitalares.

Considerando o cenário de estudos de forma remota devido à pandemia, o curso de extensão é uma proposta a ser executada de forma mais completa. Em formato totalmente online, com as devidas orientações ministradas por professores e fórum de discussões, sendo disponibilizada uma apostila (em PDF) e uma apresentação de acompanhamento do conteúdo. A finalização ocorrerá através de duas avaliações, sendo uma objetiva e outra discursiva.

Os resultados e discussões apresentam a aplicação da metodologia em busca de alcançar tanto objetivo geral, quanto objetivos específicos. Além deste ainda detalhar mais os produtos propostos nesse estudo, que são os seguintes: relatório da inserção do gerenciamento dos RSS no conteúdo programático do curso de medicina em geral, plano de estudo atualizado da disciplina Saúde da Família II do curso de Medicina da Universidade de

Vassouras e proposta de um curso de extensão voltado ao gerenciamento dos RSS (sendo complementar e optativo aos alunos da área da saúde, como graduação de medicina).

A pesquisa com os alunos do internato do Curso de Medicina da Universidade de Vassouras, sobre os Regulamentos Técnicos dos Resíduos de Serviços de Saúde foi realizada com a turma do internato possui 303 alunos, sendo 66 alunos do 9º, 92 do 10º, 71 do 11º e 74 do 12º período, totalizando 303 alunos. Entretanto, somente 93 alunos responderam, o que representa aproximadamente 30% da turma do internato.

Destes 93 alunos, 41% responderam que tinham algum conhecimento dos regulamentos técnicos relacionados aos Resíduos de Serviços de Saúde; 38% que não tinham nenhum conhecimento; somente 17% relataram que apresentam conhecimento e 1% não responderam (figura 8).

A figura 9 mostra que 46% dos alunos apresentam algum conhecimento de como deve ser realizado o descarte adequado dos Resíduos de Serviços de Saúde; 33% que conhecem como deve ser feito, 21% responderam que não conhecem e 2% não responderam.

Figura 8 – Conhecimento dos alunos da turma do internato da Universidade de Vassouras sobre os regulamentos técnicos de Resíduos de Serviços de Saúde, ano 2020 (Total de participantes: 93).

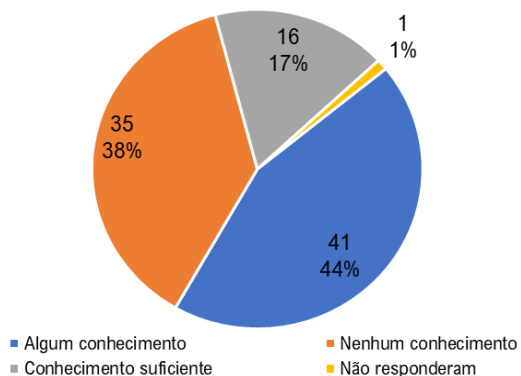
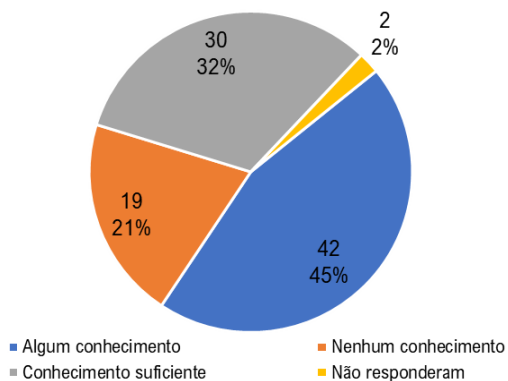
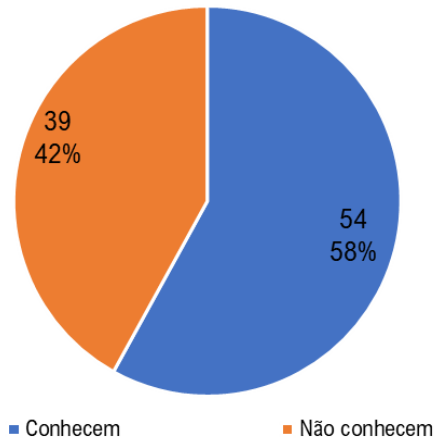


Figura 9 – Conhecimento dos alunos da turma do internato da Universidade de Vassouras sobre como deve ser realizado o descarte adequado dos Resíduos de Serviços de Saúde, ano 2020 (Total de participantes: 93).



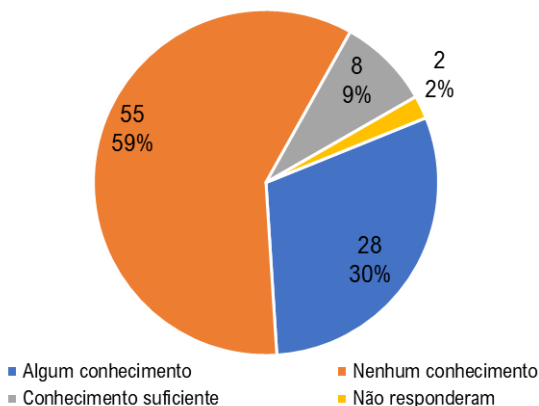
Na figura 10 pode-se observar que 58% dos alunos responderam ter conhecimento da obrigatoriedade da existência de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde nas instituições de Saúde Públicas ou Privadas e 42% responderam que desconhecem esta obrigatoriedade.

Figura 10 – Conhecimento dos alunos da turma do internato da Universidade de Vassouras sobre a obrigatoriedade da existência de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde nas instituições de Saúde Públicas ou Privadas, ano 2020 (Total de participantes: 93).



Dos alunos que responderam sobre ter conhecimento de como é realizada a destinação final adequada dos resíduos de serviços de saúde, 60% relataram que desconhecem como é feito este descarte, 31% relataram ter algum conhecimento e somente 9% disseram conhecer como se faz este descarte adequadamente (figura 11).

Figura 11 – Conhecimento dos alunos da turma do internato da Universidade de Vassouras sobre como deve ser a destinação final adequada dos Resíduos de Serviços de Saúde nas instituições de Saúde Públicas ou Privadas, ano 2020 (Total de participantes: 93).

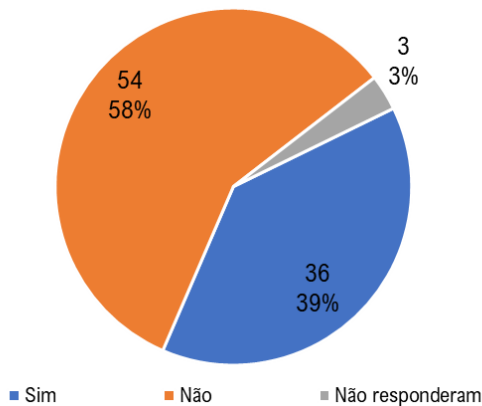


60% dos alunos relataram não possuir algum conhecimento referente aos regulamentos técnicos referentes aos resíduos hospitalares e 40% relataram conhecer e que foi através do curso de Medicina da Universidade de Vassouras que adquiriam este conhecimento (figura 12).

A pesquisa foi realizada com a turma do internato, ou seja, os que estão mais tempo dentro da Unidade hospitalar, com previsão de resposta de mais de 50% dos alunos, porém apenas 30% dos alunos dos últimos 4 períodos responderam. Alguns professores e a coordenação do curso já haviam informado a dificuldade de os

alunos responderem estes questionários de pesquisa pelo *Google Forms*, pois não é possível cobrar os alunos para responderem o formulário. Acredita-se que mesmo que a pesquisa tivesse sido realizada em apenas um período, provavelmente não teríamos mais de 50% de respostas.

Figura 12 – Identificação, por parte dos alunos da turma do internato, se a aquisição dos conhecimentos referentes aos regulamentos técnicos relacionados ao descarte correto dos resíduos hospitalares foi por meio do curso de Medicina da Universidade de Vassouras, ano 2020 (Total de participantes: 93).



Em resumo das 5 questões elaboradas e aplicadas para os alunos responderem, apenas 17% dos alunos que responderam à pesquisa possuem conhecimento dos regulamentos técnicos relacionados aos Resíduos de Serviços de Saúde - RSS, acredita-se que se na pergunta informasse quais são estes regulamentos talvez

seria menos que 17%. Apenas 33% conhecem como deve ser realizado o descarte adequado dos RSS, podendo ter adquirido este conhecimento nas aulas dentro da unidade hospitalar onde os professores devem mostrar a diferença de lixo comum e lixo infectante-contaminante.

Em relação a obrigatoriedade do PGRSS 58% responderam que sim e 42% que não, onde mostra que quase a metade dos alunos não conhecem esta obrigatoriedade dentro das unidades de saúde.

O que mais chamou a atenção é que 60% dos alunos desconhecem como é a destinação final deste tipo de resíduo (RSS). Este desconhecimento talvez pode mostrar a falta de preocupação com o meio ambiente ou a falta de integração medicina x meio ambiente.

Finalizando a pesquisa, 60% dos alunos informaram que o conhecimento que possuem foi recebido de fora do curso do Medicina de Vassouras, e os que responderam que foi na Universidade de Vassouras provavelmente são os que responderam que possuem algum conhecimento e que este pode ter sido dentro da instituição hospitalar em aulas práticas.

A Universidade de Vassouras e sua Atuação na Área da Saúde, local de estudo deste trabalho, é considerada uma instituição

educacional de renome em âmbito regional, além da grande área da saúde associada às suas atuações, incluindo hospital próprio. Essas justificativas já foram apresentadas anteriormente durante a metodologia, o que leva a uma abordagem mais específica, isto é, observações pertinentes a importância do alcance do conhecimento dos RSS aos profissionais da saúde em formação, garantindo alterar a composição de médio em longo prazo com os mesmos mais conscientes ambientalmente. Vale ressaltar que essa mudança pode ser interessante, para que acelere o processo de conservação ambiental através dos cidadãos em sua individualidade, como coletivamente.

Após levantamento prévio de informações na coordenação do curso de Medicina da Universidade de Vassouras foi constatado que os acadêmicos do respectivo curso não conhecem todas as exigências do regulamento técnico para construção de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS), como também agir adequadamente no disposto neste documento ambiental e de importância administrativa. Sendo assim, fica impossibilitado que, futuramente, os médicos tenham amplo conhecimento da importância do descarte adequado de RSS, como também tenham conhecimento para cumprimento das exigências nas instituições que prestam serviços de saúde.

Vale ressaltar que todos os profissionais da área da saúde são importantes em sua função e garantindo a preservação da saúde pública, com o manejo adequado dos RSS e sua geração. Constatando a observação anterior, os percentuais de geração são apresentados abaixo, de acordo com Sanches *et al.* (2017):

“Os RSS correspondem a cerca de 1 a 2% do total dos RSU (2005); porém, apesar desse pequeno percentual de geração, os RSS são considerados um desafio para os gestores, uma vez que necessitam de um gerenciamento adequado devido à possibilidade de contaminação ambiental por agentes biológicos, químicos e radioativos e aos riscos que representam à saúde pública.”

O aumento da população associado ao conseqüente aumento da quantidade de resíduos de modo geral, incluindo os RSS a partir de maior necessidade de atendimentos de saúde. Além do mais, atualmente nos encontramos em uma situação ainda mais preocupante em âmbito global, que é a pandemia de COVID-19, isto é, uma nova mutação do vírus, denominada SARS-CoV-2, que assola todo o mundo com uma transmissão pessoa-pessoa e um relativo índice de letalidade (o qual oscila de acordo com o descompromisso da população com a respectiva prevenção – cuidados básicos e isolamento social).

Assim, pode-se acrescentar a observação das instituições de saúde, em uma visão geral, principalmente em porte estrutural maior, como hospitais (cenário do estudo), pois esta indica a ausência do cumprimento desta adequação por uma maioria a partir de um desconhecimento, incluindo todos os colaboradores desta área, de médicos e enfermeiros até higienização, além dos pacientes e acompanhantes.

Complementando, considerando o âmbito dos pacientes e acompanhantes, segundo Souza *et al.* (2015), o local de estudo apresentou uma deficiência na sensibilização destes, em especial dos acompanhantes e visitas, que muitas vezes descartam inadequadamente seus 'lixos'. Esta atitude onera de forma ambiental, como às instituições hospitalares de forma financeira devido à terceirização deste serviço, pois a segregação inadequada leva ao encaminhamento de resíduos, que não necessitariam de tratamento sem a ocorrência de contaminação cruzada.

Desta forma, é possível alcançar ao objetivo da verificação da importância do conhecimento completo do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde por todas as partes envolvidas na geração de resíduos, alcançando até aos pacientes, acompanhantes e visitantes. Estes últimos mencionados chegam à simultaneidade da educação ambiental, que indica ações de consciência ambiental

visível a todos, além do efetivo funcionamento do plano de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde (o qual é de conhecimentos apenas dos colaboradores da respectiva instituição).

O Relatório Técnico de Inserção do Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde na Grade Curricular do curso de Medicina da Universidade de Vassouras-RJ referenciado neste tópico é um dos produtos idealizados a partir da pesquisa detalhada no tópico acima, o qual será destinado à coordenação do curso de Medicina da Universidade de Vassouras. Assim, este direciona a importância deste conteúdo para aqueles, que cuidam da nossa saúde, mesmo que o mais importante relacione com procedimentos médicos da sua área de especialização, como pediatria, geriatria, ginecologia e obstetrícia, urologista, oftalmologista, dermatologia, cirurgião até clínico geral. Vale adicionar que cada especialidade tem os resíduos característicos e estes devem ser encaminhados adequadamente para tratamento e disposição final.

O conteúdo deste documento irá constar com uma introdução, justificativa, metodologia, resultados e discussões (causas e consequências detalhadas da atual situação), finalizando com as considerações finais, que inclui ponderações de como agir na

inserção deste assunto dentro da correspondente realidade. O corpo do texto descrito de forma objetiva, como uma linguagem voltada ao respectivo público, pois existem alguns termos mais técnicos direcionados a compreensão da área correspondente, isto é, ambiental. Mesmo que essa situação tenha relação direta associada à saúde pública, pois o meio ambiente se define pela interação do homem e demais integrantes com o meio que vive.

A formatação segue a normativa ABNT NBR 10.179/2011, a qual direciona sobre ela destinada aos relatórios técnicos e/ou científicos. Esta permite a organização dos conteúdos dispostos, para que demonstre ao destinatário a importância do tema proposto ao público alvo, neste caso gerenciamento dos RSS aos profissionais da saúde, mais especificamente da graduação de medicina.

A atualização do plano de estudo da disciplina Saúde da Família II do curso de Medicina de Universidade de Vassouras tornou-se um dos produtos, que resume a introdução de forma simples do conteúdo do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde dentro da carga horária programada. Além do mais, este não tem menos importância do que os demais assuntos, o que leva a observação da sua aplicação a despertar o interesse dos médicos em formação desde então, garantindo a mudança de

comportamento desta categoria em médio e longo prazo em instituições de saúde, que venham a atuar posteriormente.

O plano de estudo atualizado não alterou a formatação anterior, isto é, apenas adicionou-se as formas de atuação da disciplina com o respectivo assunto. Este seria um modelo às demais disciplinas, para que incentive aos respectivos professores.

O conteúdo se resume por carga horária, ementa, objetivo geral, objetivos específicos, competências e habilidades, conteúdo programático, metodologia, avaliação e bibliografia principal e complementar. Inclusive, é importante colocar que não basta deixar no papel, e sim pôr em prática a aplicação destes conhecimentos aos alunos do respectivo período, neste caso alunos do 2º período do curso de Medicina da Universidade de Vassouras.

Ainda, é interessante neste contexto contar com auxílio de terceiros, como o responsável técnico desta área no Hospital Universitário de Vassouras, que indica atuação em aulas teóricas, como práticas. Algumas sugestões de aplicação e avaliação são seminários de discussão, visita técnica, palestra com convidado, entre outros. Considerando o cenário de estudo, a proposta é de uma visita técnica com seminário para discussão das informações

obtidas na mesma, além de uma palestra sobre o PGRSS; talvez, o interessante seja agendar a palestra e depois a visita técnica, para que posteriormente trabalhe um seminário de discussão com avaliação a ser idealizada dentro da observação da turma.

Complementando, a relação entre os professores deverá direcionar os conteúdos aplicados deste assunto, para que o mesmo não torne repetitivo e cansativo; afinal, este é um conhecimento paralelo de importância, porém negligenciado por muitos, que não observa a influência da inadequação na saúde pública e nas condições trabalhistas das instituições de saúde, como, principalmente, hospitais.

A proposta de Curso de Extensão sobre Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde veio complementar a proposta inicial deste estudo, pois este atuaria indiretamente ao curso de medicina, como demais cursos da área da saúde, além de alcançar também às competências ambientais e administrativas.

Neste momento, adicionou-se a ideia de obrigatoriedade aos conteúdos programáticos abordar esse tema, incluindo demais cursos da área da saúde, que teria informações mais detalhadas neste respectivo curso, sendo optativo e totalmente “online”. Este formato busca facilidade para os estudantes de medicina devido à

ampla carga horária desta graduação, como ocorre também aos estudantes de enfermagem, odontologia, nutrição e veterinária, incluindo aos farmacêuticos.

Ainda, este curso seria extensivo àqueles interessados na área ambiental, como os profissionais que atuem em administração de instituições de saúde. A partir dessa observação, que traz a diversidade de áreas de atuação e especializações, a linguagem do curso deve contemplar a todos, como sua forma de aplicação também.

A proposta do curso de extensão de gerenciamento dos RSS, contempla um conteúdo mínimo para compreensão, conforme descritivo nos tópicos abaixo:

“Introdução; Objetivo principal; Objetivos específicos; Carga horária; Público alvo; Conteúdo programático; Metodologia de ensino; Atividades complementares (fórum de discussão); Avaliação; Bibliografia”.

Dentro da metodologia de ensino, existe uma apostila (em PDF) disponível ao aluno inscrito, que pode acompanhar seus estudos a qualquer momento em uma apresentação padrão, que pode incluir vídeos gravados por professor, além de possuir a disponibilidade de acesso aos mesmos para retirar dúvidas. Ainda, quanto às atividades complementares, esta direciona para

mais pesquisa através de um fórum de discussão, o qual apresenta uma interação entre diversas áreas de atuação e, consequentemente, enriquece a expansão de conhecimentos.

As avaliações ocorrem em dois momentos, assim o curso se divide em duas partes. Nesta observa-se as mesmas discursivas, que direciona de acordo com a área de atuação de cada aluno; enquanto, a primeira transmite as informações gerais deste tema, como introduz aspectos mais específicos, sendo em formato objetivo, isto é, questões de múltipla escolha. Sendo assim, as correções acontecem automaticamente no sistema na primeira parte, como a segunda necessita de 15 dias para correção do professor. A aprovação ocorre mediante o acerto de 70% de cada avaliação, sendo possível uma reposição através de um trabalho complementar, por exemplo, elaboração de um artigo simplificado sobre qualquer assunto relacionado ao tema e de interesse individual.

Considerações Finais

Ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, observou-se a problemática do gerenciamento inadequado dos resíduos de serviço de saúde por desconhecimento ou negligência dos

profissionais da saúde, mais especificamente médicos. Porém, vale a ressalva que todas as atuações desta área apresentam a mesma característica, pois possuem funções fundamentais ao controle da saúde pública e, de forma controversa, age erroneamente nas questões dos resíduos gerados em seus atendimentos.

As ações humanas são associadas aos padrões de produção e consumo capitalistas, isto é, atende à necessidade sem questionar a destinação das embalagens pós-consumo, como a real necessidade da aquisição deste produto. Assim, as mudanças de comportamento e pensamento são importantíssimas em um contexto ambiental, isto é, sustentável. Aparentemente, estes conceitos gerais podem não implicar nos RSS, mas sim, pois este repassa uma parcela inadequada dos resíduos comuns, como também gera a contaminação cruzada, isto é, direciona resíduos contaminantes ao contato direto e indireto da população local (nesta situação tem por medida coloca todos os resíduos, sejam quais classificação se encaixe, para o tratamento específico).

Considerando as justificativas acima mencionadas, pode-se indicar a importância deste estudo aplicado aos médicos em formação, como demais cursos da área da saúde (odontologia, enfermagem e veterinária, por exemplos), que levam a mudança

do comportamento destes colaboradores posteriormente devido a observação desta inadequação, inclusive entre médico de renome em suas especializações e enfermeiros.

Contudo, os produtos obtidos demonstram a iniciativa, a qual foi idealizada de forma objetiva e eficiente, a ser encaminhada a coordenação do curso de Medicina da Universidade de Vassouras, como para área de extensão, garantindo o alcance dos estudantes de medicina; porém, a observação possibilitou alcançar demais profissionais da saúde a partir da constatação das atuações inadequados de todos, incluindo aos pacientes e acompanhantes (neste caso existe uma maior complexidade de atingir a desejada consciência ambiental destes). Inclusive, a proposta adicional de um curso de extensão permite que atuantes da área ambiental e administrativa possam ter interesse, como este será adequado ao conteúdo voltado também para todas as áreas profissionais mencionadas anteriormente.

Sendo assim, espera-se o alcance da aceitação destes setores da Universidade de Vassouras, para que a instituição educacional garanta ainda mais seu reconhecimento em âmbito regional, especialmente neste tempo de pandemia com representativas situações inadequadas relacionadas aos RSS gerados pela própria população.

Vale ressaltar que a Instituição segue os protocolos de segurança, sendo obrigatório o uso de máscaras cirúrgicas por todos os colaboradores em proteção ao agente etiológico da COVID-19, seguindo as instruções do Ministério da Saúde.

Logo, podemos afirmar que a proposta do estudo tem grande interesse local, como chega ao âmbito nacional, devido à percepção de uma situação inaceitável por considerar médicos e demais profissionais da saúde capacitados para agirem adequadamente na identificação, segregação e acondicionamento dos RSS, e, conseqüentemente, garantir a ocorrência desejada do armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final ambiental. Além da possibilidade da destinação final ambientalmente adequada destinada aos resíduos do grupo D, isto é, comuns.

Vale ressaltar, que os demais colaboradores de instituições hospitalares, como higienização, e os serviços terceirizados (devidamente licenciado) possuem o treinamento adequado através do plano de gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde (PGRSS), o qual deveria ser aplicado também aos médicos e enfermeiros que atendam nas respectivas instituições.

Referências

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017, 2018.**

ARMOND, G. A.; AMARAL, A. F. H. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (Lixo Hospitalar).** In: MARTINS, M. A. (Coordenação). **Manual de Infecção Hospitalar – Epidemiologia, Prevenção e Controle.** 2a Ed, MEDSI Editora Médica e Científica Ltda, Rio de Janeiro, Cap.54, p.734, 2001.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução ANVISA RDC n° 306/2004.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução ANVISA RDC n° 222/2018.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (revogando a ANVISA RDC n° 306/2004).

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Norma Técnica GVIMS/GGTSE ANVISA n° 04/2020 (08/05/2020).** Dispões sobre medidas de prevenção e controle que devem ser adotadas durante a assistência aos casos suspeitos ou confirmados de infecção pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2).

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 358/2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde. Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 05, de 5 de agosto de 1993.** Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 5p.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.**

BRASIL, Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES n° 1.133/2001.**

BRASIL, Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES n° 04/2001.**

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **“Manual de gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde”**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 182 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. Política Nacional de Meio Ambiente. **Lei nº 6.939/1981**.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental. **Lei nº 9.795/1999**.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei nº 12.305/2010**.

CALVO, M. C. M. **Hospitais públicos e privados no sistema único de saúde no Brasil: o mito da eficiência privada no estado de Mato Grosso em 1998**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2002.

CAMARGO, M. E.; MOTTA, M. E. V.; LUNELLI, M. O.; SEVERO, E. A. Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde: um estudo sobre o gerenciamento. **Rev. Scientia Plena**. Vol. 5, NUM.7. 2009.

CAMPONOGARA, M. S.; RAMOS, F. R. S.; KIRCHHOF. Um olhar sobre a interface trabalho hospitalar e problemas ambientais. **Rev. Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre (RS) 2009 dez. 30(4): 724-31.

COVID-19, Ministério da Saúde. Disponível em: <<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#o-que-e-covid>>.

DELLAMORA, E. C. L. **Incorporação de medicamentos novos em hospitais universitários do estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2012.

FERREIRA, J. A. **Lixo hospitalar e domiciliar: semelhanças e diferenças, estudo de caso no município do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 1997.

Geração de lixo hospitalar no Brasil aumenta 20% em junho, Agência Brasil, 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-07/geracao-de-lixo-hospitalar-no-brasil-aumenta-20-em-junho>>.

Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde, Fiocruz. Disponível:

<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/gerenciamento-residuos-servico-saude.htm>>.

História de Vassouras, Prefeitura de Vassouras. Disponível em: <<https://www.vassouras.rj.gov.br/historia>>.

Lixo hospitalar: descarte e coronavírus, AmbScience Engenharia. Disponível em: <<https://ambscience.com/lixo-hospitalar-descarte-e-coronavirus/>>.

MATOS FILHO, Silvio Arcanjo; MORAES, Roberta Laíse Gomes Leite; OLIVEIRA, Juliana da Silva. Concepção dos trabalhadores de saúde de uma unidade hospitalar acerca do plano de gerenciamento de resíduos sólidos em saúde – PGRSS. **61º Congresso de Enfermagem**, 2009.

Profissionais relatam precariedade contra coronavírus no SUS, El País - Joana Oliveira, 2020. Disponível em: <<https://brasil.elpais.com/sociedade/2020-03-20/profissionais-relatam-precariedade-contra-coronavirus-no-sus-paciente-fica-exposto-e-nos-tambem.html>>.

Resíduos de Serviços de Saúde em meio a Pandemia, Revista Servioeste Saúde e Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <<http://www.revistaservioeste.com.br/noticias/residuos-de-servicos-de-saude-em-meio-a-pandemia>>.

Resolução nº 3, de 20 de junho de 2014- Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&vie>

w=download&alias=15874-rces003-14&category_slug=junho-2014-pdf&Itemid=30192v>.

RIO DE JANEIRO, Norma Operacional, Instituto Estadual do Ambiente - INEA, NOP-INEA-35, 2018.

ROTH, Caroline das Graças; GARCIAS, Carlos Mello. A influência dos padrões de consumo na geração de resíduos sólidos dentro do sistema urbano. *Redes - Revista de Desenvolvimento Regional*, vol. 13, num. 3, p. 5-13. Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul. 2008.

SANCHES, A. P. M.; MEKARO, K. S.; FIGUEIREDO, R. S.; ANDRÉ, S. C. S. Health-Care Waste: Knowledge of Primary Care nurses. *Rev Brasil Enferm [Internet]*. 2018; 71(5): 2367-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0244>.

Sobre a Universidade de Vassouras, Universidade de Vassouras. Disponível em: <<https://www.universidadedevassouras.edu.br/instituicao/sobre>>.

SOUZA, A. C. S. *et al.* Descarte de resíduos infectantes: informações demonstradas e ações praticadas por estudantes de enfermagem e medicina. *Rev. Eletr. Enf. [Internet]*. jan./mar.; V. 17; p. 124-130. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/ree.v17i1.25181>.

SOUZA, R. C. A.; FRASSATTI, J. C.; NETO, J. G. T.; RODRIGUES, D. R. M.; REZENDE, J. F. D. Gestão de resíduos de serviços de saúde: estudo de caso em um hospital do Rio Grande do Norte. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. 2 Fortaleza - CE. 2015.

Ana Paula Amaral Ribeiro

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Severino Sombra; Especialista em Gestão de Atenção Básica; em Gestão de Saúde Pública; e em Gestão de Redes de Atenção à Saúde; Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Atualmente é consultora de saúde da FUSVE e Professora Assistente da Universidade de Vassouras. Tem experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Saúde Pública, em âmbito municipal, regional e estadual.

Ana Carolina Roma do Carmo

Graduada em Engenharia Ambiental (UniFOA); Especialista em Gestão Ambiental (UCDB - Portal Educação); Mestre em Ciências Ambientais (Universidade de Vassouras); Consultoria Ambiental ACROMA com atuação em resíduos, acompanhamento técnico e licenciamento ambiental municipal na cidade de Vassouras-RJ, com ampliação de conhecimentos e atuação constante.

Carlos Manuel Dutok-Sánchez

Doutor em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz - Fundação Oswaldo Cruz - IOC/FIOCRUZ/RJ. Mestre em Fisiologia Animal pela Universidad de La Habana, Cuba. Graduado em Bioquímica (Bacharelado) na Universidad de La Habana, Cuba, com diploma revalidado pela Universidade Federal de Viçosa de Minas Gerais UFV/MG. Professor de Magistério Superior concursado na Universidade Federal do Amapá - Campus Binacional de Oiapoque.

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras. Professora

Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Antonio Neres Norberg

Graduado em Medicina pela Fundação Educacional Serra dos Órgãos. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Mestre em Patologia Clínica pela UFRRJ, doutorado em Parasitologia pela UFRRJ. É professor titular no curso de Medicina da FAMESC. Professor titular no Centro Universitário UNIABEU. Coordenador do curso de Medicina da Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC. Membro titular da Academia Brasileira de Medicina Militar.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 28 - Recuperação de nascente para a Fazenda das Palmeiras, Ipiabas - Barra do Piraí/RJ: estabelecimento de mata ciliar para a recuperação de nascente

Autores: Juliana Bosi Gonçalves, David Vilas Boas de Campos e Vinicius Marins Carraro

Resumo: A água é um recurso natural indispensável para a existência e manutenção da vida, em todas as suas formas. No entanto, sua exploração inadequada compromete a qualidade desse recurso essencial, bem como sua disponibilidade para atender às necessidades atuais e futuras. A recuperação de ambientes antropizados e a preservação dos remanescentes florestais em locais estratégicos das bacias hidrográficas protegem os solos, a biodiversidade e os processos ecológicos, influenciando a produção de água. O distrito de Ipiabas, no município de Barra do Piraí - RJ, onde está localizada a Fazenda das Palmeiras, sofre um processo de fragmentação florestal e, a propriedade em questão, apresenta uma paisagem alterada, que compromete a manutenção de uma de suas nascentes. Assim, o trabalho teve por objetivo produzir um Manual de Recuperação de Nascente para a Fazenda das Palmeiras, que poderá ser utilizado, também, por outras propriedades rurais da região, sendo feitas as devidas

adaptações. A área de estudo abrange o entorno de uma nascente na referida propriedade, compreendida entre as coordenadas 22°21'11.42"S e 43°53'25.79"O, localizada no distrito de Ipiabas, município de Barra do Piraí, na região centro-sul do Estado do Rio de Janeiro. Após reconhecimento do local e utilização do software *Google Earth* versão 7.1.2.2041, foram determinados, o perímetro da unidade rural e suas respectivas categorias de uso. Foi constatado que a nascente não apresenta mata ciliar, que é estabelecida como Área de Preservação Permanente num raio mínimo de 50 metros a partir da mesma. Esta situação indica a necessidade de recuperação e conservação dessa nascente, que se encontra com alto grau de degradação, devido, inicialmente, a uma queimada criminoso. Sem a vegetação e sem o isolamento da área para uma possível regeneração natural, animais pastam no espaço, compactando o solo, e assim comprometendo a vazão e a qualidade da água. Após análise de solo, verificou-se que os níveis de Al estão baixos, Ca e Mg estão médios, mas a solução do solo encontra-se ácida e, para corrigir esses parâmetros é necessário a aplicação do fertilizante Superfosfato simples. Os níveis de P e K verificados também estão baixos e, portanto, será utilizado o nitrato de potássio, pois, nesta forma a lixiviação é menor e o fornecimento dos dois nutrientes é concomitante. Conclui-se que

o modelo indicado para a recuperação da nascente em questão é a regeneração artificial, com plantio de mudas baseado na sucessão ecológica, em quincênio. Para que o projeto de recuperação alcance sucesso, devem ser levadas em consideração a qualidade das mudas, a diversidade das espécies florestais e a utilização de espécies nativas, além disso, deve-se utilizar métodos já implementados em locais com características e condições semelhantes que foram eficientes para a regeneração florestal. Assim, se dará início ao procedimento para a recuperação da mata ciliar da nascente, tendo como orientação o Manual de Recuperação de Nascente para a Fazenda das Palmeiras, seguindo critérios técnicos, para que um resultado satisfatório seja alcançado.

Palavras-chave: Água; Degradação; Espécies Florestais; Mata Ciliar; Regeneração.

Introdução

A água é um recurso natural indispensável para a existência e manutenção da vida, em todas as suas formas. No entanto, sua exploração inadequada, juntamente com as atividades degradantes do meio ambiente, compromete a qualidade desse

recurso essencial, bem como sua disponibilidade para atender às necessidades atuais e futuras. Diversos fatores podem afetar a adequada disponibilidade de água, tanto em qualidade como em quantidade, ressaltando-se, a declividade, o tipo de solo, o uso da terra, principalmente nas áreas de recarga (PINTO *et al.*, 2004).

A redução da vegetação ciliar das nascentes tem como consequência o aumento significativo dos processos de erosão dos solos, com prejuízos para a hidrologia regional, diminuição da biodiversidade e degradação de grandes áreas (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

A grave crise hídrica as quais diversas regiões do planeta vivenciam atualmente devido à má gestão dos recursos, assim como à desenfreada devastação das florestas assola, inclusive, o Brasil. Diversas áreas brasileiras estão, em consequência dos impactos antrópicos devastadores, reduzidas a fragmentos esparsos atualmente, a maioria intensamente perturbada (CARVALHO *et al.*, 1999).

Regiões que não sofriam com esse problema, como o sudeste brasileiro, já enfrentam o transtorno da indisponibilidade de água em razão do crescente processo de fragmentação florestal, gerando consequências como a erosão dos solos, assoreamento

dos cursos d'água e degradação de nascentes (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Área de Preservação Permanente (APP) é a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei nº 12.651/2012).

A área imediatamente circundante à nascente, em um raio de 50 metros, é só e exclusivamente, uma APP. A proibição de se fazer qualquer tipo de uso dessa área, é para evitar que a nascente fique sujeita à erosão e que as atividades agrícolas de preparo do solo, adubação, plantio, cultivos, colheita e transporte dos produtos levem trabalhadores, máquinas e animais de tração para o local, contaminando física, biológica e quimicamente a água (CALHEIROS *et al.*, 2004).

A fim de proporcionar água em quantidade e qualidade adequada, é fundamental a recomposição da mata ciliar degradada, bem como da mata de topo de morro. O pasto e os animais devem ser afastados da nascente, pois, mesmo que os animais não tenham livre acesso à água, seus dejetos contaminam

o terreno e, nos períodos de chuvas, acabam por contaminar a água. Independentemente do tipo e do estado de conservação da nascente a ser recuperada, o primeiro passo a ser tomado é o isolamento da área para impedir a invasão por animais domésticos, evitando, principalmente, a compactação do solo pelo pisoteio e o comprometimento do estrato regenerativo. Pode-se optar pela regeneração natural ou artificial, por plantio de mudas ou por semeadura direta, após realizar o diagnóstico da área (SIMÕES, 2001; CALHEIROS *et al.*, 2004; PINTO *et al.*, 2005; VILELA, 2006).

Várias experiências, a partir do plantio de mudas, já apresentaram resultados positivos no Brasil (FARIA, 1999). A recuperação da mata será mais eficiente se utilizadas espécies nativas da região do plantio, pois são as mais adequadas para o ambiente e terão maiores chances de crescer e se reproduzir (BOTELHO & DAVIDE, 2007).

Assim, faz-se necessário o planejamento de técnicas apropriadas a cada ambiente onde exista um corpo hídrico impactado, a fim de recompor as áreas devastadas e proporcionar a adequada disponibilidade de água.

Uma forma didática de auxiliar a população seria produzindo um

manual de recuperação de nascente para orientação dos proprietários a realizarem a recuperação de uma nascente degradada na Fazenda das Palmeiras, Distrito de Ipiabas, Barra do Pirai/RJ.

O que é uma nascente?

Nascente é uma abertura natural na superfície do terreno, de onde escoam as águas subterrâneas. Uma nascente ideal é a que fornece água de boa qualidade, contínua e abundante, situada nas proximidades do local de uso e de cota topográfica elevada, o que possibilita sua distribuição por gravidade, sem gasto de energia (CASTRO, 1999; CALHEIROS *et al.*, 2004).

Importância da mata ciliar

A mata ciliar, também chamada de vegetação ripária ou mata de galeria, é a formação vegetal localizada às margens de qualquer corpo d'água. Ela desempenha importante papel na manutenção da quantidade e qualidade das águas. No entanto, apenas a recomposição da mata ciliar não é suficiente para recuperar a capacidade de produção de água de uma bacia hidrográfica. Para a recarga do lençol freático, é essencial que se proteja as zonas de recarga acima das nascentes, por meio do uso da terra de acordo

com sua capacidade e existência da mata de topo de morro. A conservação e a recuperação das matas ciliares são estratégias prioritárias para a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade (AB'SABER, 2004; PASSOS, 1998; KAGEYAMA *et al.*, 2001; BOTELHO & DAVIDE, 2002).

A área imediatamente circundante à nascente, em um raio de 50 m, é uma Área de Preservação Permanente, como determinado pela Lei nº 12.651/2012, sendo proibido se fazer qualquer tipo de uso da área para evitar que a nascente fique sujeita à erosão e à contaminação, pois, a mata ciliar atua como estabilizadora de sedimentos e filtro natural para substâncias provenientes de fertilizantes e agrotóxicos.

Passos para recuperar a nascente

1º) Cercamento

O cercamento deve ser implementado num raio de 50 m a partir da nascente, confeccionado com arame farpado, disposto em 3 linhas redirecionado por paus de escora fincados. Desse modo, será impedido o acesso de animais à nascente, evitando o comprometimento do estrato regenerativo da área e a compactação do solo pelo pisoteio (CALHEIROS *et al.*, 2004; PINTO *et al.*, 2005).

2º) Limpeza da área

Deve ser realizada uma roçada, bem como um coroamento no local onde será plantada a muda pois, assim, evita-se a competição com a braquiária, que é uma espécie invasora (ZANZARINI & ROSOLEN, 2008).

3º) Combate às formigas cortadeiras

O método mais seguro na aplicação e menos tóxico ao ambiente é a aplicação de iscas granuladas. A isca deve ser aplicada em dia seco, ao lado da trilha, próxima aos olheiros, com o auxílio de uma colher e, deve ser colocada sobre cascas secas de árvores e coberta para evitar a contaminação de animais (MARTINS, 2007; SILVA 2008).

4º) Coveamento

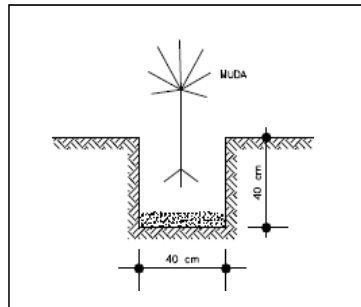
As covas devem ter 40x40x40 cm, para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular da planta (MARTINS, 2007) e, podem ser feitas com o auxílio de um enxadão ou de uma cavadeira (Figura 1).

5º) Adubação

A adubação deve ser efetuada após a obtenção dos resultados da

análise de solo. Para esta área da Fazenda das Palmeiras é indicado para cada cova a utilização de 10L de esterco de boi curtido, 60g de Superfosfato simples e 20g de nitrato de potássio.

Figura 1- Modelo de coveamento.



Fonte: Martins, 2007.

6º) Plantio das mudas

O plantio deve ser realizado no início do período chuvoso para que as mudas tenham umidade suficiente para seu estabelecimento (Tabela 1). As mudas serão retiradas dos recipientes de modo a não desfazer o torrão de terra e, então, colocadas nas covas e cobertas com terra misturada com adubo, sendo pressionadas para evitar sua inclinação. Deve-se utilizar varetas de bambu com altura de 1 metro para auxiliar no crescimento das mudas e facilitar sua localização no campo. Por fim, as mudas devem ser irrigadas imediatamente após o plantio para o pegamento, não sendo

necessário mais irrigações devido à realização do plantio na época da chuva (MARTINS, 2007).

Tabela 1- Lista de espécies com potencial para recuperação de mata ciliar, com recomendação de grupo ecológico, para serem utilizadas na Fazenda das Palmeiras, Ipiabas – Barra do Piraí - RJ.

Nome Científico	Família	Nome Vulgar
Pioneiras		
<i>Acrocomia aculeata</i>	Arecaceae	Macaúba
<i>Aegiphia sellowiana</i>	Lamiaceae	Tamanqueira
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Mimosoideae	Angico vermelho
<i>Attalea dubia</i>	Arecaceae	Indaiá
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Caesalpinoideae	Araribá
<i>Chorisia speciosa</i>	Bombacaceae	Paineira
<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	Pau d' alho
<i>Mimosa bimucronata</i>	Mimosoideae	Maricá
<i>Mimosa scrabella</i>	Mimosoideae	Bracotinga
<i>Maclura tinctoria</i>	Moraceae	Amoreirinha
<i>Ocotea porosa</i>	Laureaceae	Imbuia
<i>Parapipta deniarigida</i>	Mimosoideae	Monjolo
<i>Peltophorum dubium</i>	Caesalpinoideae	Canafístula
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Mimosoideae	Pau-jacaré

<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Goiabeira
<i>Schinusterebin thifolius</i>	Anacardiaceae	Aroeira-
<i>Pimenta dioica</i>	Mirtaceae	Pimenteira
<i>Vernonia diffusa</i>	Asteraceae	Pau-de-fumo

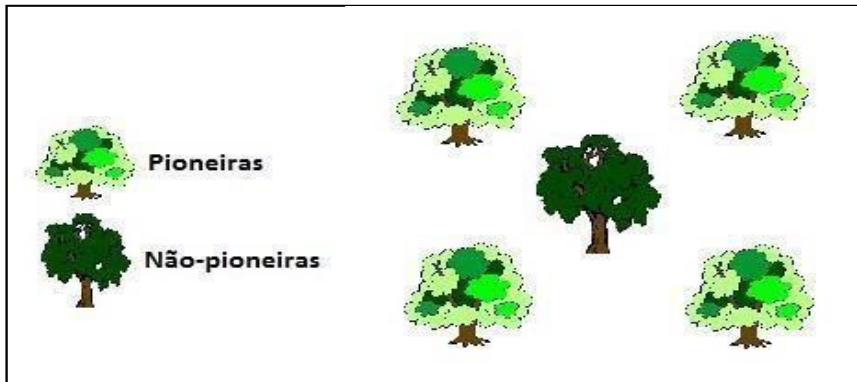
Secundárias

<i>Acacia polyphylla</i> (Si)	Mimosoideae	Monjoleiro
<i>Annona cacans</i> (Si)	Annonaceae	Araticum-cagão
<i>Apuelaleio carpa</i> (St)	Caesalpinoideae	Garapa
<i>Bauhimia forficata</i> (Si)	Caesalpinoideae	Pata-de-vaca
<i>Caesalpinia ferrea</i> (St)	Caesalpinoideae	Pau-ferro
<i>Cassia ferruginea</i> (Si)	Caesalpinoideae	Eanafistula
<i>Copaifera lansdorffii</i> (St)	Caesalpinoideae	Copaíba
<i>Erythrina verna</i> (Si)	Papilionoideae	Mulungu
<i>Eugenia uniflora</i> (St)	Myrtaceae	Pitangueira
<i>Hymenae caubaril</i> (St)	Caesalpinoideae	Jatobá
<i>Inga edulis</i> (Si)	Mimosoideae	Ingá
<i>Inga raurina</i> (Si)	Mimosoideae	Ingá
<i>Inga sessilis</i> (Si)	Mimosoideae	Ingá-macaco
<i>Myrocarpus frondosos</i> (St)	Papilionoideae	Óleo-pardo
<i>Platymenia foliolosa</i> (St)	Mimosoideae	Vinhático
<i>Schyzolobium parahyba</i> (Si)	Caesalpinoideae	Guapuruvu

Modelo de Regeneração Artificial para recuperação da nascente

Para a recuperação da nascente na Fazenda das Palmeiras foi escolhido o método da regeneração artificial, por meio da restauração por modelo sucessional de plantio em quincôncio com espécies pioneiras e não-pioneiras, em curvas de nível, por se tratar de uma área em declive. Neste modelo, as mudas são dispostas de modo que seja plantada uma espécie não-pioneira no centro entre quatro pioneiras (figura 2).

Figura 2- Esquema do plantio em quincôncio.



Fonte: Davide *et al.*, 2000.

Ao utilizar o modelo em quincôncio, em poucos meses as espécies não pioneiras irão receber o sombreamento necessário para seu

desenvolvimento (DAVIDE *et al.*, 2000), devido ao rápido crescimento das pioneiras. Além disso, estas espécies promovem a cobertura do solo nos primeiros anos após o plantio e, a densidade das pioneiras tende a diminuir pela mortalidade natural conforme a floresta se desenvolve, visto que apresentam tempo de vida menor, e as não- pioneiras encontram condições ecológicas cada vez melhores para a sua regeneração no sub- bosque (MARTINS, 2007).

A sucessão secundária promove a colonização da área aberta e conduz a vegetação por meio de estágios sucessionais caracterizados por grupos ecológicos que vão se substituindo ao longo do tempo, modificando as condições ambientais do local, até que se forme uma comunidade mais estável e bem estruturada.

É fundamental executar o plantio com espécies nativas da região da nascente a ser recuperada, pois as chances de crescimento e reprodução são maiores, proporcionando a recuperação do ambiente. As espécies arbóreas utilizadas no modelo de regeneração artificial devem ter a capacidade de atrair a fauna dispersora de sementes e desencadear a sucessão secundária, levando para a área em recuperação grande diversidade de espécies que não foram introduzidas no plantio (BOTELHO & DAVIDE, 2007; FERREIRA *et al.*, 2009).

O plantio deve ser executado a aproximadamente 5 metros de distância do corpo hídrico e deve-se evitar o adensamento entre as plantas, pois na fase inicial do crescimento a absorção de água é maior. Então, o espaçamento entre as espécies pioneiras e as não pioneiras poderá ser executado na distância de 3 x 3 m, no qual o primeiro valor refere-se à distância entre as linhas de plantio e o segundo à distância entre as mudas nos sulcos, que é a distância média entre árvores adultas em condições naturais. Não é recomendado um espaçamento muito rigoroso, pois produzirá uma mata mais semelhante a natural.

Para as espécies a serem implantadas será utilizada a proporção de 75% de espécies pioneiras e 25% de espécies não pioneiras, estas compostas por espécies secundárias iniciais e secundárias tardias. A área da nascente a ser recuperada equivale a aproximadamente 1 hectare e, sabendo que a cada quatro espécies pioneiras será plantada uma espécie secundária, as mudas plantadas totalizam 1.110 espécies, das quais 888 são pioneiras e 222 não pioneiras. O plantio de mudas irá restaurar o ambiente a medida que as árvores cresçam, servindo de ligação entre áreas que conservam vegetação nativa, favorecendo assim a dispersão de sementes e a travessia de animais, auxiliando na recuperação da área. A lista de espécies com potencial para recuperação de

mata ciliar, com recomendação de grupo ecológico, para serem utilizadas na Fazenda das Palmeiras, pode ser vista na tabela 1.

Manutenção do reflorestamento

É de grande importância a manutenção do reflorestamento para o sucesso da recuperação da mata ciliar. A adoção de práticas de manutenção se faz necessária, como o controle de trepadeiras, o combate às formigas cortadeiras e o coroamento das mudas, roçando cerca de 50 cm ao redor da mesma, evitando assim o sufocamento pelo mato e, igualmente, as entrelinhas também devem ser roçadas quando o mato atingir a altura de 50 cm do solo. Deve ser feito um aceiro, com dez metros de largura ao redor da cerca, para evitar que o fogo, em caso de incêndio, atinja a área plantada, o que prejudicaria a regeneração.

Outra prática importante a ser adotada é o replantio das mudas que morreram, 60 dias após o plantio, utilizando as mesmas espécies da implantação, mas se não for possível, deve-se utilizar espécies do mesmo grupo ecológico. Conforme a estrutura florestal vai se estabelecendo, as práticas de manutenção diminuem, até que o objetivo de recuperação da mata ciliar seja alcançado.

Referências

AB'SABER, A. N. **O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares)**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, p.15-25, 2004.

BOTELHO, A. S.; e DAVIDE, A. C. **Como Conservar e Recuperar Matas Ciliares**. CEMIG, 2ª edição, 2007.

BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Métodos Silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de mata ciliar. In: **Simpósio Nacional sobre recuperação de área degradada: água e biodiversidade**. S., 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, P. 122-145, 2002.

BRASIL, LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa.

CALHEIROS, R. de O. *et al.* **Preservação e Recuperação de Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba-Capivarí-Jundiá – Câmara Técnica de Conservação e Proteção aos Recursos Naturais, 40p. 2004.

CARVALHO, D. A. *et al.* **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de Florestas Ripárias do Alto São Francisco e Bacia do Rio Doce – MG**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/ CEMIG, 39 p., 1999.

CASTRO, P. S. Bacias de cabeceira: verdadeiras caixas d'água da natureza. **Ação Ambiental, Viçosa**, v.1, n. 3, p. 9-11, dez-jan. 1999.

DAVIDE, A. C. *et al.* Restauração de matas ciliares. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 21, n.207, p.65-74, 2000.

FARIA, J. M. R. Propagação de espécies florestais para recomposição de matas ciliares. In: **SIMPÓSIO MATA CILIAR CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Belo Horizonte**. Anais... Lavras:

UFLA/FAEPE/CEMIG, p. 69-79. 1999.

FERREIRA, W. C. *et al.* Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 19, n.1, p.69- 81, jan.-mar., 2009.

KAGEYAMA, P. Y. *et al.* **Restauração da mata ciliar: manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias**. Rio de Janeiro: SEMADS, 104p. 2001.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: CPT, 255p. 2007.

OLIVEIRA, D. G. *et al.* Análise da vegetação em nascentes da bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Salgado, SE. **Revista Árvore, Viçosa**, vol. 36, nº1, p. 127-141, 2012.

PASSOS, M. J. **Estrutura de vegetação arbórea e regeneração natural em remanescentes de mata ciliar no Rio Mogi/Guaçu, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), ESALQ Piracicaba, 1998.

PINTO, L. V. A. *et al.* **Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG**. 2005.

PINTO, L. V. A. *et al.* Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 197-206, 2004.

SILVA, M. P. S. da *et al.* **Preservação de nascentes**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zona tampão riparia**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001.

VILELA, D. F. **Estratégias para a recuperação da vegetação no**

entorno de nascentes. Lavras: UFLA, 71p. Dissertação (mestrado). 2006.

ZANZARINI, R. M.; ROSOLEN, V. Mata ciliar e nascente no Cerrado brasileiro análise e recuperação ambiental. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, v. 12, p. 701-712, 2008.

Sobre os autores

Juliana Bosi Gonçalves

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Severino Sombra; graduada em Relações Internacionais pela Universidade Estácio de Sá e especialização pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Assistente Técnico Administrativo do Departamento Nacional de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro. Mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (2017).

David Vilas Boas de Campos

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), mestre e doutor em Agronomia (Ciências do Solo) pela UFRRJ. Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, no Centro Nacional de Pesquisa em Solos (Embrapa Solos). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fertilidade do Solo e Adubação, atuando principalmente nos seguintes temas: matéria orgânica do solo, fertilizantes e química do solo.

Vinicius Marins Carraro

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Santa Úrsula, mestrado em Medicina Veterinária (Parasitologia Veterinária) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1995) e doutorado em Medicina Veterinária (Parasitologia Veterinária) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Professor titular da Universidade de Vassouras, nos cursos de Medicina e Medicina Veterinária, Enfermagem e do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

Capítulo 29 - Implantação do programa municipal de educação ambiental e de sustentabilidade, no município de Três Rios, RJ

Autores: Luiz Alberto Barbosa; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, do Ministério do Meio Ambiente, implantar a coleta seletiva é obrigação dos municípios e as metas alusivas à coleta seletiva dos resíduos têm que fazer parte do conteúdo mínimo que deverá ser incluída nos planos de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios. O objetivo desse capítulo é demonstrar a implantação do Programa Municipal de Educação Ambiental e Sustentabilidade no município de Três Rios. A coleta seletiva do resíduo sólido urbano possibilita a economia de recursos naturais, energia e água, visto que ao retornar o material reciclável, para a indústria, diminui-se a quantidade de matéria prima que é retirada do planeta, bem como diminui a poluição do meio ambiente (baterias, pilhas etc.), sem contar que gera renda para os catadores, dentre outros benefícios. Os municípios deveriam promover atividades de educação ambiental voltados à coleta seletiva dos resíduos, envolvendo a população em geral. Existem várias metodologias na área de educação ambiental para

sensibilizar a população a fim de que ela realize tarefas que ajudem na preservação do meio ambiente. O Projeto Educacional pretende dar destinação ao lixo reciclável, o envolvimento e a participação dos alunos das redes de ensino do Município de Três Rios, da comunidade do entorno, da sociedade trirriense e de empresas locais em projetos de Educação, Preservação e Conscientização Ambiental e uso de práticas sustentáveis, além de oferecer uma infraestrutura escolar voltada para o conceito de sustentabilidade ambiental e saúde. A ação educadora neste processo é de fundamental importância, devendo os profissionais que irão conduzir este Polo Educacional, não apenas serem transmissores de conteúdos relacionados ao meio ambiente, mas acreditar e praticar, motivar e se envolver nos projetos e ações sustentáveis.

Palavras-chave: Coleta Seletiva; Sustentabilidade; Educação Ambiental e Saúde.

Introdução

Três Rios é um município situado na Região Centro Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro. A cidade possui, de acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística, 2019), 81.804 habitantes, sendo, basicamente, um dos fundamentais centros econômicos da região.

A questão ambiental vem sendo bastante discutida no município, principalmente porque as modificações ocorridas no meio ambiente, pelas ações dos habitantes, contabilizam uma série de repercussões no âmbito socioeconômico, ambiental e no da saúde, provocando graves problemas.

Os poderes Legislativo e Executivo, este último representado pelas Secretarias de Meio Ambiente e Secretaria de Saúde do município vêm trabalhando exaustivamente, desde 2010, para que o cidadão trirriense tenha maior qualidade de vida. Leis foram sancionadas e colocadas em prática. Mas o cidadão precisa colaborar. Por isso, a massificação e a sensibilização são de suma importância.

Em Três Rios, as escolas municipais situam-se em bairros e comunidades, portanto, a preocupação é muito maior devido às doenças que podem vir a acometer os habitantes locais. Vem daí o processo de massificação da Coleta Seletiva, a Educação Ambiental e a Atenção à Saúde.

É sabido que a atividade humana, como modificadora do meio ambiente, é consumidora dos estoques naturais em bases

insustentáveis, o que tem como consequência a degradação dos sistemas biológico, físico e social, tornando propícias as condições necessárias para a ocorrência de doença e do baixo nível de qualidade de vida.

De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente do município de Três Rios, RJ, as principais causas dos problemas ambientais no município de Três Rios são:

- “- Crescimento desordenado da população;
- Desperdício de recursos;
- Pobreza;
- Falta de responsabilidade ambiental, humana e animal;
- Ignorância ecológica”.

Cada uma dessas causas representa um perigo e uma ameaça. A falta de responsabilidade e de conhecimento está diretamente ligada ao desequilíbrio ambiental e a uma vida não tão saudável da população.

É possível observar que, ao longo dos anos, a preocupação da população acerca dos possíveis efeitos danosos causados ao meio ambiente e à saúde humana e animal encontra-se cada vez mais presente, na tentativa de preservar o bem-estar e o desenvolvimento socioambiental.

O desenvolvimento de ações que buscam garantir uma boa qualidade de vida da população e proporcionar a preservação do meio ambiente conduz à necessidade da participação da sociedade como um todo e de profissionais de diferentes formações.

A educação ambiental deve, portanto, ser considerada como ferramenta para permitir que sejam superados os obstáculos à utilização sustentável do meio, além de tornar a sociedade consciente com relação à percepção ambiental e como esta interfere na saúde pública, fazendo com que medidas preventivas e de investigação sejam superiores às corretivas. Portanto, esse capítulo busca evidenciar a importância da coleta seletiva e da educação ambiental mediante a atenção primária em saúde, ampliando o conhecimento da temática em questão.

Nesse contexto, a educação ambiental nas escolas municipais, a sensibilização das comunidades que as abrigam, a vigilância e o controle dos espaços urbanos como ruas, habitações, locais de coleta e armazenamento do lixo, assim como de grupos populacionais passam a ser considerados como estratégias quando relacionadas à saúde ambiental, uma vez que esta é importante no campo do conhecimento e prática da saúde pública e coletiva (BASSANI *et al.*, 2011).

Ao entender o ser humano como um ser em relação, um todo constituído de corpo, sentimento e espírito, dotado de uma dimensão social, que necessita educar-se ao longo da vida, desenvolver-se, não apenas fisicamente, mas, sobretudo, em direção a um crescimento interior, qualitativo, essa concepção propõe uma articulação entre desenvolvimento econômico e desenvolvimento humano, em que novas formas de transformação do meio natural devam ser construídas (MMA, 2017).

A questão ambiental está intrinsecamente ligada à Educação em Saúde, neste início de século, pois uma vez que o meio ambiente está em desequilíbrio, imediatamente começa o aparecimento de inúmeras doenças (MMA, 2017).

Na verdade, os dilemas socioambientais atuais sacudiram as verdades absolutas e fizeram surgir novos paradigmas nas relações humanas e também na relação natureza e cultura. Isso significa dizer que os atores sociais que buscam constituir uma nova sociedade, precisam articular ações no campo político e cultural em torno do princípio da sustentabilidade (HESS *et al.*, 2002). O que nos levou a uma série de reflexões, que convergiram para a elaboração de um projeto que resultou no presente capítulo.

O município de Três Rios sofreu uma ação judicial através do Ministério Público Federal que resultou em um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) em 2010 para o fechamento do Lixão e a criação do Aterro Sanitário.

A Coleta Seletiva de resíduos sólidos aliada à Educação Ambiental e a inclusão da participação ativa dos profissionais da Saúde Municipal possibilitam economia de recursos naturais, energia e água, e ainda diminui a proliferação de doenças, trazendo mais tranquilidade à população em geral.

O recolhimento do material reciclável e do não reciclável (rejeitos) dentro das escolas municipais, com o envolvimento da comunidade do entorno, e a sensibilização da população em geral cria consciência coletiva, aumenta a vida útil do aterro sanitário e contribui ainda para a geração de renda, e para a valorização da profissão de catador, que é reconhecida pelo Ministério do Trabalho, devendo ser valorizada por toda a sociedade, visto que estes profissionais prestam um serviço ambiental de grande importância para cada um de nós.

A implantação do programa vai assegurar a continuidade da coleta seletiva em todo o município além de englobar ações de

educação ambiental em toda a rede municipal de ensino (pública e privada).

Em síntese, o produto a ser apresentado por esse capítulo resume-se na criação do projeto de lei com propostas de promoção da saúde ambiental do município que deverá ocorrer através da coleta seletiva dos resíduos. Ademais, o produto também resultará em um impacto social significativo pela sustentabilidade resultante da cooperativa de catadores de resíduos sólidos, aumentando a renda familiar dos catadores.

Este capítulo é produto da dissertação do primeiro autor e teve por objetivo elaborar um projeto de Lei para consolidar a implementação do Programa de coleta seletiva de resíduos e de educação ambiental, a ser apresentado à Câmara Municipal do município de Três Rios, RJ e posteriormente sancionado pelo prefeito do município. E desta forma sensibilizar a sociedade quanto à importância da coleta seletiva para a saúde e prevenção de doenças; Promover, com a educação ambiental, aliada a conscientização da importância da coleta seletiva para a saúde e prevenção de doenças; Implantar de um Programa de Educação Ambiental no município, assegurado pelo Projeto de Lei que já está sendo elaborado para ser apresentado à Câmara Municipal

do município de Três Rios, RJ, onde o primeiro autor atuou como vereador nos anos de 2017 a 2020.

Metodologia

A metodologia usada para a confecção do presente trabalho, baseou-se em uma pesquisa bibliográfica e em observação junto à população, no sentido de avaliar as carências mostradas, levando em conta a prática diária como vereador da Câmara Municipal do Município de Três Rios, RJ.

Então foi realizada a pesquisa bibliográfica, com a finalidade de obter maiores informações sobre a temática abordada neste trabalho, visando adquirir maior embasamento para discutir o tema para a estruturação e implementação de um projeto de Lei para ser apresentado à Câmara Municipal do município de Três Rios, RJ.

Foram levantados dados inerentes em artigos científicos, artigos científicos e documentos de acesso exclusivo em meio eletrônico, também com observação “in loco” através da prática diária como vereador que sou no município de Três Rios.

Fundamentação

Agenda 21: Global e Local

Com o passar dos anos e os avanços das indústrias fabricantes de alimentos, de eletrônicos, dentre outros, a problemática do lixo e o que fazer com ele passaram a ser questões de interesse mundial. O bem-estar do planeta e dos que nele vivem é uma preocupação do mundial, tanto assim, que no final do século passado aconteceu uma reunião com líderes mundiais para que se fizesse um acordo para nortear todos os países. A Agenda 21 é uma prova disso e foi a primeira ação de fato tomada pelos governantes mundiais naquela época. Este documento foi concebido em uma reunião de governantes, denominada ECO92, realizada no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, em 1992. Pretendia fazer valer um plano de ações com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável. Essa não foi uma ação inesperada, dois anos antes desta reunião de cúpula, diversos governos e entidades de vários países forneceram propostas para a concepção deste plano de ações para consolidar o ideal de desenvolvimento sem agredir o meio ambiente.

A importância dessa agenda foi colocar em pauta o que comumente ficava em último plano quando a matéria era desenvolvimento: o meio ambiente. Até esta reunião de cúpula acontecer, praticamente todas as políticas de desenvolvimento eram voltadas para o crescimento econômico, deixando sem

prioridade o futuro ambiental do planeta. Esta foi a primeira ação realmente relacionada ao futuro do planeta e aos seres que nele vivem, portanto, sua importância foi tal que obteve a adesão de 179 países.

A Agenda 21 possui quarenta capítulos e é uma ferramenta que visa planejamento/participação e implica explicitamente a responsabilidade dos governos em fornecer subsídios a fim de criar ou incentivar programas e projetos ambientais por meio de políticas que apontem para a justiça social e a preservação do meio ambiente. Contudo, esse documento não foi confeccionado apenas para os governos, ela também inclui a participação ativa da sociedade, concretizando, assim, o lema da ECO92: “pensar globalmente, agir localmente” (MMA, 2017).

A Agenda 21 Brasileira

De acordo com Fadini *et al.* (2001), a Agenda 21 local, citada no capítulo 28 da Agenda 21 global, se fundamenta no princípio de que as mudanças não podem ser impostas, elas devem partir da conscientização do cidadão, da educação ambiental e dos cuidados com a saúde. Até porque, o ser humano tem a tendência de se preocupar somente com o que deve ser mudado ao seu redor, que facilite seu dia-a-dia e que as medidas estejam ligadas

apenas às suas preocupações. Mas o cidadão conscientizado começa a cobrar de seus governantes, ações imediatas e, até mesmo de longo prazo, para a resolução dos problemas como um todo.

No site do Ministério do Meio Ambiente, a Agenda 21 Brasileira começou a ser criada em 1996, pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável.

Cerca de 40.000 pessoas contribuíram para a criação da Agenda 21 brasileira que começou a ser implantada em 2003. Como principais conquistas da Agenda 21 no Brasil estão:

- “A criação de Agenda 21 nos municípios;
- A ampliação da CPDS através do Decreto Presidencial de 03 de fevereiro de 2004;
- A formação de gestores municipais e nacionais, com a sua inclusão no Plano Plurianual do Governo Federal (PPA) objetivando assegurar a implementação das ações prioritárias da Agenda 21 brasileira;
- A instalação de Fóruns locais de desenvolvimento sustentável, além de estimular e acompanhar a elaboração e implementação de planos locais de desenvolvimento sustentável por meio das Agenda 21 locais e desenvolver um

método de avaliação e monitoramento do Programa Agenda 21 Locais”.

Porém, os entraves para o funcionamento destas resoluções são os mesmos em praticamente todo o planeta: a coleta seletiva, o meio ambiente e a saúde do ser humano e dos animais. O destino dos resíduos e sua disposição, muitas vezes, sem qualquer planejamento ou adequação têm causado graves problemas em todos os países. O ser humano produz resíduos em todas as suas atividades, as cotidianas, as profissionais e as pessoais. A composição e o volume são diferenciados apenas nas práticas de consumo e dos processos de produção utilizados. As maiores preocupações continuam sendo direcionadas para os malefícios que podem acarretar sobre a saúde humana e dos animais, e sobre o meio ambiente, no solo, na água, no ar, nas matas e florestas e, principalmente nas cidades (MMA, 2017).

De acordo com Fadini *et al.*, 2001:

“O lixo é uma grande diversidade de resíduos sólidos de diferentes procedências, dentre eles, o resíduo sólido urbano gerado em nossas residências. O lixo faz parte da história do homem, já que sua produção é inevitável” (FADINI *et al.*, 2001).

A Geração de Resíduos e o Desenvolvimento

Os resíduos representam, hoje, uma grande ameaça à vida no Planeta por duas razões fundamentais: a sua quantidade e seus perigos tóxicos. Em toda parte do mundo, a mídia incentiva as pessoas a adquirirem vários produtos e a substituírem os mais antigos por outros, mais modernos, provocando a insensatez do uso indiscriminado dos recursos naturais. Este fato tem levado ao grande volume de resíduos produzidos no mundo, cujo aumento foi três vezes maior que o populacional, nos últimos 30 anos (MENEZES *et al.*, 2005).

Os resíduos sólidos domésticos, comerciais, industriais e das operações agrícolas, apresentam cada vez mais papéis, plásticos, vidros e inúmeros tipos de embalagens. Todo este material cria crescentes problemas de coleta, despejo e tratamento. Seus depósitos constituem-se muitas vezes em focos de crescimento de moscas, mosquitos, roedores etc. Podem até reduzir o valor dos terrenos sobre os quais se acumulam. Todo esse material contribui enormemente para a deterioração do ambiente humano (TOMMASI, 1976).

O fato é que os resíduos passaram a ser encarados como um problema, o qual deveria ser combatido e escondido da população. A solução naquele momento não foi encarada como algo complexo, pois bastava simplesmente afastá-lo, descartando-

o em áreas mais distantes dos centros urbanos, denominados lixões (FADINI *et al.*, 2001).

Nos dias atuais, com a maioria das pessoas vivendo nas cidades e com o avanço mundial da indústria provocando mudanças nos hábitos de consumo da população, vem-se gerando resíduos diferentes em quantidade e diversidade. Até mesmo nas zonas rurais encontram-se frascos e sacos plásticos acumulando-se devido a formas inadequadas de eliminação.

Segundo Bidone (1999), em um passado não muito distante, a produção de resíduos era de algumas dezenas de quilos por habitante/ano; no entanto, hoje, países altamente industrializados como os Estados Unidos produzem mais de 700 kg/hab/ano. No Brasil, o valor médio verificado nas cidades mais populosas é da ordem de 470 kg/hab/ano (ABRELPE, 2017).

No caso do Brasil, a geração de resíduos ainda é, em sua maioria, de procedência orgânica; contudo, nos últimos anos vem se incorporando o modo de consumo de países ricos, o que tem levado a uma intensificação do uso de produtos descartáveis. A taxa de geração de resíduos sólidos urbanos está relacionada aos hábitos de consumo de cada cultura, onde se nota uma correlação

estreita entre a produção de lixo e o poder econômico de uma dada população.

Do material descartado no Brasil, 76% é abandonado a céu aberto em locais impróprios, permitindo a proliferação de vetores capazes de transmitir vários agentes etiológicos de doenças (TOMASSI *et al.*, 1976). A matéria orgânica disposta de forma desordenada entra em processo de putrefação, formando outra mistura complexa de gases de metano, dióxido de carbono, sulfídrico, amônia e outros ácidos orgânicos voláteis, os quais, quando em contato com o sistema respiratório de seres humanos, podem causar lesões irreversíveis e levar à morte.

O Lixo Urbano

Mais conhecido pelos cientistas por resíduos sólidos urbanos (RSU's), são resíduos que não têm mais uma função útil em residências ou indústrias e são descartados. Considerado um dos maiores problemas ecológicos, o lixo urbano contamina as águas e solos, além de produzir gás metano (CH₄) que contribui consideravelmente com o efeito estufa.

A partir da revolução industrial, a produção em massa impulsionou o consumismo, tornando sobra de resíduos; sendo impossível armazenar essas sobras dentro de residências e

indústrias por atraírem vetores agentes etiológicos de doenças, em vista disso foram criados lugares específicos para seu armazenamento: os famosos “lixões”, afetando a população e o ambiente a sua volta.

Três Rios e os Problemas Enfrentados com o Lixão

Um lixão nada mais é que um vazadouro a céu aberto, sem controle ambiental e nenhum tratamento ao resíduo, onde pessoas têm livre acesso para mexer nos resíduos e até montar moradias em cima deles. É, ambiental e socialmente, a pior situação encontrada na cidade quando se fala de lixo (SMA-TRÊS RIOS, RJ, 2017).

Também pode ser definido como um local onde o lixo é depositado sem nenhum tipo de cuidado. Isso significa que esses locais se tornam grandes depósitos a céu aberto com os mais variados produtos, desde os resíduos residenciais, como restos de comida, até o lixo hospitalar, contendo materiais perfurocortantes, como seringas, agulhas e outros produtos contaminantes. Vale destacar que o lixo hospitalar não deve ser descartado nos lixões. Entretanto, em muitos locais, essa não é a realidade, e esses produtos são lançados de maneira indiscriminada no ambiente.

Existem diferentes tipos de materiais no lixão, que são colocados em uma área aberta sem nenhuma análise prévia de seus riscos. Com isso, fica claro que esse material descartado pode conter substâncias que fazem mal para o meio ambiente e até mesmo para os seres humanos e para os animais.

Entre os principais danos ao meio ambiente, podemos citar (MMA, 2017):

- **Contaminação do solo:** A matéria orgânica em decomposição (como sobra de alimentos), os produtos com substâncias tóxicas e os organismos causadores de doença podem tornar o solo contaminado. Imagine, por exemplo, que as fezes de uma pessoa infectada por uma verminose foram lançadas diretamente no solo sem nenhum tipo de cuidado. Os vermes contidos nas fezes podem, então, ficar naquele local, contaminando-o.
- **Contaminação do lençol freático:** O lixo, ao se decompor, forma uma substância escura e de odor desagradável chamado chorume. Nos lixões, esse líquido é produzido naturalmente e pode contaminar a água subterrânea, tornando-a imprópria para o nosso uso. Se tiver a presença de um animal morto, este vai se decompor e sempre

apresenta microrganismos patogênicos e com sua decomposição forma uma substância escura e de odor desagradável chamado de necrochorume e este também pode contaminar a água subterrânea, tornando-a imprópria para o uso.

- **Produção de gases tóxicos e malcheirosos:** A decomposição do lixo produz gases que podem também causar danos à saúde. Esses gases provocam malefícios a saúde do homem e dos animais.
- **Atração de animais que transmitem doenças:** O lixo é um local ideal para a incidência de animais como baratas e ratos. Além disso, o material descartado nos lixões pode acumular água e, conseqüentemente, virar um criadouro para moscas, mosquitos, como o *Aedes aegypti*, este último é responsável pela transmissão de doenças como dengue, Chikungunya, febre amarela, Zika etc.

Os lixões são muito mais que um problema ambiental, eles também constituem um problema social, uma vez que várias pessoas vivem nessas áreas, fazendo do lixo uma forma de conseguir seu sustento, sua sobrevivência e de suas famílias. Como vimos, o lixo ameaça a vida dessas pessoas, pois elas ficam

expostas a agentes causadores de doenças, gases tóxicos e materiais que podem causar acidentes, como lascas de madeira, latas abertas e vidro quebrado (FADINI *et al.*, 2001).

O Aterro Sanitário da Cidade de Três Rios

Em 03 de agosto de 2010, foi publicada a Lei Federal nº 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dentre seus principais aspectos está a proibição dos lixões para descarte de resíduos. A regra passou a valer em 2014.

Um dos problemas ecológicos mais sérios no município de Três Rios é o depósito de resíduos sólidos, denominado lixão, responsável pela contaminação da Lagoa das Promessas, no Clube Campestre, ocasionada pelo lançamento do chorume produzido no processo de decomposição do lixo (figuras 1 e 2).

Figura 1: Lixão que destruiu a Lagoa das Promessas contamina meio ambiente em Três Rios há mais de 15 anos. Lado direito.



Fonte: Prefeitura Municipal de Três Rios, RJ.

O aterro sanitário do município de Três Rios (figura 3) está apto para receber os resíduos sólidos gerados por clientes do município de Três Rios e arredores, além de outros grandes geradores, totalizando uma estimativa diária que se planeja alcançar, de maneira progressiva, de aproximadamente 400 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos - RSU, ou seja, resíduos do tipo domiciliar, além de resíduos de poda, de varrição e outros resíduos de Classe II - "Não Perigosos", segundo classificação da Norma Técnica NBR 10004/2004 da ABNT.

Figura 2: Lixão que destruiu a Lagoa das Promessas contamina meio ambiente em Três Rios há mais de 15 anos. Lado esquerdo.



Fonte: Prefeitura Municipal de Três Rios, RJ.

Muitas vezes a implantação de uma indústria de qualquer produto, polo petroquímico, abertura de estrada, portos, aeroportos, empreendimentos imobiliários etc., embora seja forçosamente causadora de algum impacto no meio ambiente (negativos e positivos) é, de modo geral, bem recebida tanto pela população que poderá sofrer os impactos quanto pelas autoridades governamentais, em seus diferentes níveis. Que dizer então de empreendimentos que, mesmo sendo absolutamente necessários, são de pronto, rejeitados pela população ou vistos

com certa apreensão pelos órgãos licenciadores, tais como Cemitérios, Hospitais, Barragens para Hidroelétricas ou Aterros Sanitários.

O processo de avaliação das alternativas locais na etapa de planejamento do projeto é de extrema importância para evitar ou minimizar muitos dos impactos ambientais gerados com a implantação de um empreendimento. Assim sendo, foi realizado o estudo das alternativas locais, com critérios de avaliação primordiais para a escolha da área mais apta a receber um aterro sanitário no município de Três Rios.

Tais projetos são no geral benéficos para os habitantes da cidade/região como um todo, mas encontram grande resistência por parte dos habitantes que vivem próximos à área relacionada com o projeto, ou outros grupos menos locais, como ambientalistas, por causa dos problemas relacionados com tal projeto.

No passado, os aterros eram buracos no solo que tinham sido criados durante as atividades de extração mineral – especialmente fossas antigas de areia ou pedregulho. Em muitos casos, eles vazavam e contaminavam os aquíferos situados no subsolo; isso aconteceu, sobretudo, nos aterros que usaram fossas de areia,

dado que a água pode percolar facilmente através desta. Esses aterros não foram projetados, controlados ou supervisionados e acumularam muitos tipos de resíduos, incluindo alguns perigosos. Os aterros municipais modernos são mais bem projetados e gerenciados, frequentemente não aceitam resíduos perigosos e seus locais são selecionados para minimizar o impacto ambiental (BAIRD, 2001).

Nos aterros sanitários, como o que foi construído no município, o solo é preparado sendo coberto por uma manta para que não haja contaminação das áreas ao entorno, além de haver um controle da qualidade do solo e monitoramento das emissões de gases provenientes da decomposição dos resíduos do local. A cada camada de lixo depositada no aterro sanitário, outra camada de terra é colocada por cima e uma terceira de manta para impermeabilização da área (figura 3). Cabe tranquilizar a população quanto à destinação dos resíduos sólidos (lixo urbano) em nossa cidade (Entre Rios Jornal, 2018, p.04).

Deu-se a construção do aterro e será instaurada ainda a cooperativa de reciclagem do município, que dará mais segurança ao trabalho desses catadores.

Figura 3: O Aterro Sanitário do município de Três Rios, RJ, durante a obra.



Fonte: Prefeitura Municipal de Três Rios, RJ.

Eles receberão curso de associativismo e ainda terão uma renda fixa para ajudar suas famílias. O projeto da cooperativa será implantado ainda no segundo semestre deste ano pela Prefeitura de Três Rios e terá todo suporte do poder público, com a construção de galpão e disponibilização de caminhão, maquinário e balança. O processo para implantação do aterro e a formação de

um consórcio com as cidades da região foi iniciado em 2013. O município não podia mais continuar depositando o lixo em local inadequado e o envio dos resíduos sólidos para outra cidade geraria custos diários de aproximadamente R\$ 5.600,00, visto que a média de lixo produzido em Três Rios é de 80 toneladas/dia e o valor cobrado pelos municípios que recebem os detritos varia entre 70 e 120 reais por tonelada, sem contabilizar os custos de transporte" afirmou o subsecretário de meio ambiente, Vital Moreira. Além de impedir a poluição do solo, a construção do aterro sanitário e implantação da cooperativa de reciclagem irão proporcionar o recebimento de ICMS verde, que prevê uma receita de aproximadamente 2 milhões de reais para o município de Três Rios, os quais serão investidos em ações de proteção ambiental e reflorestamento.

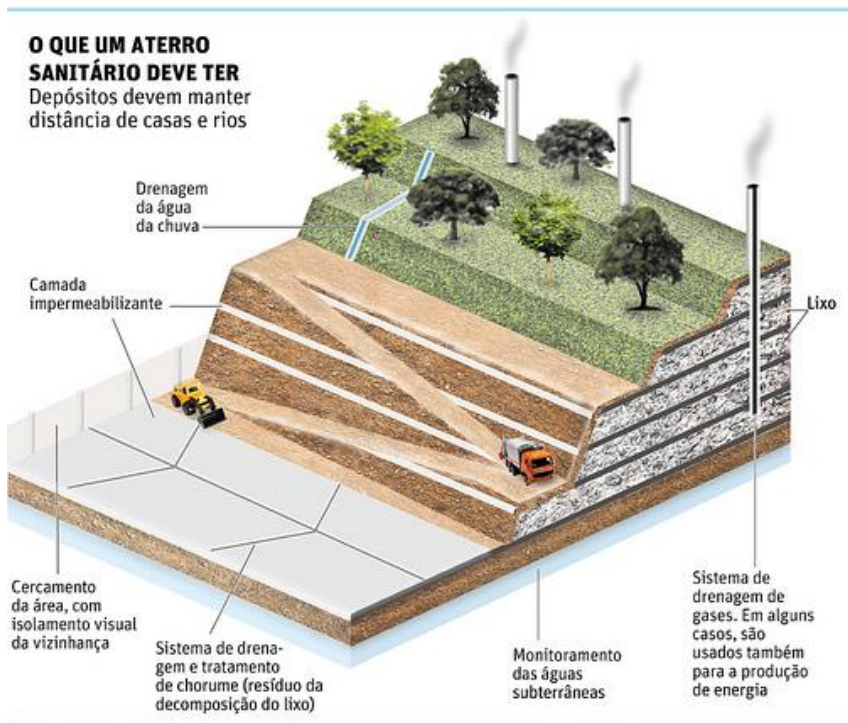
Construção do Aterro Sanitário em Três Rios

Definição de Aterro Sanitário

Segundo classificação da Norma Técnica NBR 10004/2004 da ABNT (figura 4), é um método de disposição do lixo no solo sem causar danos ao meio ambiente, à saúde pública ou à segurança. O método utiliza os princípios da engenharia para confinar o lixo à menor área e menor volume possíveis, sendo cobertos com uma

camada de material terroso ao término de cada operação diária. Os resíduos sólidos são aterrados no solo, em unidades (células) especialmente projetadas para conter o lixo no menor espaço possível, providas de dispositivos de contenção, captação e tratamento/ destino dos efluentes líquidos, entre outros sistemas de proteção e controle ambiental.

Figura 4: O que um Aterro Sanitário deve ter. Segundo classificação da Norma Técnica NBR 10004/2004 da ABNT.



Fonte: Prefeitura Municipal de Três Rios, RJ.

De todas as tecnologias, esta é a única em que se pode atribuir a função de destino, pois se torna indispensável em qualquer situação, uma vez que as demais tecnologias de tratamento geram rejeitos que não possuem outro destino final senão em um aterro sanitário.

Quanto aos Aterros Sanitários cabe ressaltar que foi criada inclusive na língua inglesa a expressão “NYMBY” (*not in my backyard*), ou seja, “não no meu quintal”, que bem expressa o sentimento de rejeição mencionado.

Consciência Ambiental

Educar Para Conscientizar

O acúmulo de lixo é um fenômeno também das sociedades humanas, assim como o de alguns animais, como as formigas. Em um sistema natural não há lixo: o que não serve mais para um ser vivo é absorvido por outros, de maneira contínua.

No entanto, nosso modo de vida produz, diariamente, uma quantidade e variedade de lixo muito grande, ocasionando a poluição do solo, das águas e do ar com resíduos tóxicos, além de propiciar a proliferação de vetores de doenças (HESS, 2002). No município de Três Rios existem nas Escolas Municipais, a

Educação e a Conscientização dos alunos para com o bem do planeta, de sua cidade e, principalmente, de seu bairro ou comunidade. Também existem as lixeiras ecológicas onde o aluno constrói consciência ambiental de separação do lixo para que, cada indivíduo possa levar seu conhecimento para dentro de sua casa e conscientizar os moradores e seus familiares.

A cidade sofre muito com a falta de consciência do cidadão comum. Tanto isso acontece, pois quando vêm as chuvas o mesmo povo que entupiu os ralos e as chamadas “bocas de lobo” começa a cobrar providências de seus governantes.

Alguns exemplos apenas do centro da cidade, onde o comércio atende a várias cidades vizinhas e é um forte gerador de renda para o município.

As lixeiras para que os cidadãos depositem seu lixo são constantemente depredadas (figuras 5 e 6), pelo próprio munícipe, aquele que tanto reclama e não faz sua parte. A educação ambiental é mesmo uma necessidade urgente na cidade de Três Rios.

Ainda tomando como base o centro da cidade, um dos mais absurdos acontece nas linhas ferroviárias, como por exemplo, o mato alto, abertura de um córrego com lixo e esgoto a céu aberto

pela concessionária que administra a ferrovia, a MRS Logística S.A., sem nenhuma explicação e sem nenhuma providência (figuras 7 e 8). Os moradores do Morro Áureo estão sofrendo com a proliferação de doenças e com a morte de animais. Ocorre ainda o despejo de lixo pelos moradores (figura 9), uma questão de grande descaso pela comunidade. Esta é uma área central da cidade. O Poder Público e a MRS Logística S.A. não se pronunciam e nem fazem qualquer tipo de obra ou limpeza.

Figura 5: Somente a tampa de uma lixeira depredada na Av. Condessa do Rio Novo.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa

Apesar disso, uma parte do povo trirriense já conseguiu uma importante mudança de atitude em relação aos resíduos. Segundo dados do Projeto Recicla Três Rios de 2015, crianças e idosos, dirigentes de escolas públicas e privadas, empresários e poder público começaram a demonstrar desde 2003 uma consciência diferente voltada à coleta seletiva e à reciclagem.

Figura 6: Lixeira depredada na Praça da Autonomia.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa

Figura 7: Valão aberto pela MRS Logística S. A. visto pelo lado direito.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa

Figura 8: Valão aberto pela MRS Logística S.A. visto pelo lado esquerdo.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa.

Figura 9: Despejo de lixo de alguns moradores do Morro Áureo.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa.

Coleta Seletiva, Educação Ambiental e Saúde

A coleta seletiva de resíduo, de acordo com Waldman & Schneider (2000), é a coleta em separado dos materiais que genericamente fazem parte do chamado lixo, composto por materiais de fração seca como vidro e papel, e de fração úmida, como restos de alimentos e por materiais inaproveitáveis que são denominados rejeitos, como etiquetas adesivas, fotografias. Estes materiais são separados no lugar em que foram gerados, mediante um acondicionamento distinto para cada componente.

Um dos principais problemas ambientais atualmente são os Resíduos Sólidos, sendo um sério desafio para a atualidade, com o crescimento populacional e o aumento do grau de urbanização não vem sendo acompanhado com a medida necessária para dar um destino adequado ao Resíduo Sólido Urbano (RSU) produzido (SANCHES *et al.*, 2006).

O novo Projeto de Coleta Seletiva de Três Rios tem como finalidade trazer benefícios diretos para o Município e sua população na medida em que pretende: reduzir o custo da coleta e da disposição final dos resíduos sólidos por parte do poder público; atenuar o custo ambiental ocasionado pelo lixão; preservar os recursos naturais pela utilização de reciclados; contribuir para minimizar o custo da produção industrial pela reutilização da matéria-prima no ciclo econômico; diminuir o número de atendimentos no Sistema Público de Saúde e, por fim, gerar emprego e renda oriundos de uma fonte atualmente pouco explorada e de desenvolvimento sustentável.

O projeto tem por objetivo reestruturar e ampliar toda a iniciativa até então empreendida no município de Três Rios no que diz respeito à coleta, ao beneficiamento e à comercialização do material reciclável, integrando os componentes social, ambiental, educacional e econômico, além expandir as possibilidades de

renda e empregabilidade, assim como buscar soluções viáveis sob o ponto de vista econômico ambiental para as questões de geração de resíduos da cidade.

De acordo com Azevedo (2004), um dos problemas ambientais das cidades contemporâneas é a geração excessiva de resíduos sólidos urbanos (RSU), as sobras da civilização, o lixo, os restos orgânicos das cozinhas, as embalagens que envolvem os produtos consumidos no dia-a-dia, o desperdício, as toneladas de resíduos gerados pelos milhares de pessoas que moram nas grandes cidades.

A Coleta Seletiva no Município de Três Rios

Os moradores da cidade de Três Rios começaram a contar com o serviço de Coleta Seletiva efetivamente partir do dia 15 de janeiro de 2018, nesta data o que ainda era um projeto piloto foi colocado em prática e iniciado pela Secretaria de Meio Ambiente, que também começou concomitantemente a coletar os trabalhos de conscientização da população e a divulgação do programa, que em primeiro momento está atendendo apenas a três bairros da cidade: Cantagalo, Centro e Triângulo.

A Secretária de Meio Ambiente Alice Pereira Hagge afirmou o seguinte:

“Estamos trabalhando com este projeto piloto, inicialmente nestes três bairros, para consolidar a Coleta Seletiva e depois estender o serviço à toda cidade. Todo trabalho é feito pela Cooperativa de Catadores Três Rios Coletiva, em parceria com a Prefeitura” (Entre Rios Jornal, 2018, p.05).

A orientação é para que a população separe o lixo seco (reciclável) do lixo úmido. Não é necessário separar o vidro do plástico, do papel ou do metal, por exemplo. Estes materiais, contudo, não devem ser misturados com restos de comida ou lixo do banheiro, ou seja, com os rejeitos orgânicos.

A coleta está sendo realizada em três bairros da cidade de Três Rios: Triângulo, Cantagalo e Centro, e através do projeto apresentado à Câmara Municipal de Vereadores de Três Rios haverá uma expansão dessa coleta contemplando cerca de 41.000 moradias.

Este é um projeto que vai além de somente recolher o resíduo separado, existe também o trabalho interno e intensificado para que a Coleta Seletiva seja realizada corretamente, como a capacitação dos funcionários direcionada à coleta, o trabalho feito porta-a-porta pelos educadores ambientais juntos aos munícipes são alguns deles (figura 10). Existe toda uma estrutura funcionando em prol do sucesso desta nova realidade.

A Coleta Seletiva em Três Rios está sendo um importante passo na direção a um futuro sustentável (figura 11). Além de preservar o meio ambiente, o lixo reciclável gera emprego, gera renda, gera novas oportunidades para nossa população.

O futuro destino do material advindo da Coleta Seletiva em Três Rios.

“A Educação Ambiental deve ser um processo contínuo e permanente, iniciando em nível pré-escolar e estendendo-se por todas as etapas de educação formal e informal” (M. Guimarães).

Num esforço de trabalho conjunto a Câmara Municipal, a Secretaria de Meio Ambiente, a Secretaria de Educação e a Secretaria de Saúde de Três Rios, em regime de comissão presidida pelo Vereador Luiz Alberto Barbosa, reunindo-se durante vários meses, chegaram a um consenso: a criação de um Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade.

Este Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade do Município de Três Rios visará à fomentação da consciência ecológica e a educação ambiental nas famílias, comunidade escolar e população.

Figura 10: Educadores Ambientais no trabalho porta-a-porta nas casas dos cidadãos.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa.

Ao longo de sua existência, o Programa pretende envolver a participação social; dos alunos das redes de ensino do Município de Três Rios e as empresas locais em projetos de Educação; Preservação e Conscientização Ambiental e uso de práticas

sustentáveis. Para isso, a estruturação desse Programa será desenvolvida dentro de uma escola da rede municipal de ensino.

Figura 11: Caminhão da Coleta Seletiva funcionários da Cooperativa dos Catadores de Três Rios.



Fonte: Luiz Alberto Barbosa.

Além disso, o PMEAS deverá primar na oferta de uma infraestrutura escolar voltada para o conceito de sustentabilidade ambiental e ao plantio de mudas como um dos instrumentos para a Educação Ambiental.

Quando o Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade iniciar suas atividades de reciclagem, dará continuação ao trabalho que já está sendo realizado pela Secretaria de Meio Ambiente na cidade: a destinação da Coleta Seletiva, o reaproveitamento através dos oficinasiros que vão ensinar a população abrangente a reaproveitar o material reciclável, criando assim a real sustentabilidade.

Seguindo os parâmetros de ações de sustentabilidade, que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações, sendo estas diretamente relacionadas ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, utilizando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro, o PMEAS irá proporcionar as seguintes atividades:

- ❖ Criação de sistemas de reciclagem;
- ❖ Desenvolvimento de projetos voltados para a reutilização de materiais recicláveis (enfeites, papel reciclável, utensílios domésticos como puffs recicláveis de espuma etc.);

- ❖ Oficinas de fabricação de sabão a partir de óleo de cozinha, com espaço apropriado para desenvolvimento das mesmas e arrecadação do material reciclável a ser utilizado;
- ❖ Criação, no espaço, de uma horta orgânica, mantida pelos próprios alunos. Os vegetais colhidos podem ser utilizados na elaboração de lanches e merendas para os alunos ou, até mesmo, doados para instituições sociais e famílias carentes;
- ❖ Desenvolvimento de programas voltados para o plantio de mudas nas escolas e/ou na comunidade;
- ❖ Ações voltadas para o uso racional (com economia) de água e energia elétrica, evitando ao máximo o desperdício;
- ❖ Criação em espaço apropriado, de recipientes destinados ao descarte de pilhas e baterias usadas que deverão ser entregues às empresas que fazem o descarte adequado;
- ❖ Projeção, para os alunos, de filmes e documentários que mostrem os impactos ambientais provocados por ações humanas. Esta ação destina-se a informação e tomada de consciência por parte dos alunos;
- ❖ Colocação de coletores coloridos para a seleção de material espalhados na cidade e em escolas centrais;

- ❖ Organização de coletores (“lixo orgânico” e “lixo reciclável”) para serem colocados nas ruas e bairros da cidade, além das escolas;
- ❖ Separação do lixo coletado, acondicionando-o em sacos plásticos que deverão ser guardados em local adequado;
- ❖ Encaminhamento do lixo reciclável para compradores ou entidades, que receberão o lixo selecionado;
- ❖ Publicação folhetos informativos acerca do projeto, dos locais de coleta, das cores dos coletores, do destino do material coletado, do volume do lixo gerado e aproveitado;
- ❖ Organização de palestras sobre a coleta seletiva e destinação de detritos domésticos nas unidades de ensino da rede municipal;
- ❖ Elaboração de atividades para divulgação do projeto junto à comunidade e nas escolas;
- ❖ Promoção de cursos de artesanato a partir de material reciclável para gerar renda para o projeto e famílias;
- ❖ Organização do recolhimento do material reciclado com empresa de coleta da cidade ou por firmas de reciclagem da mesma;

❖ Realização de oficinas sustentáveis.

Ilustrações dos utensílios desenvolvidos pelos projetos que participam do Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade – PMEAS (figura 12).

Figura 12: Utensílios desenvolvidos pelos projetos que participam do Polo Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade do município de Três, Rios, RJ.



Fonte: Secretaria do Meio Ambiente de Três Rios.

Nos dias de hoje, enfrentamos um grande problema quase tão antigo quanto à humanidade. O ser humano sempre foi e sempre será um fator gerador de lixo de qualquer natureza, importante

ressaltar que este *status quo* é do mais pobre ao mais rico residente em nossa cidade. Não existe quase nenhuma preocupação em relação à coleta seletiva e a destinação do lixo urbano.

Diariamente pode-se acompanhar as complicações impostas pela geração de resíduos em nossa cidade com o avanço cada vez mais massacrante do lixo produzido pelos moradores, indústrias, comércios, entre outros. Globalmente falando pode-se dizer que o aumento dos resíduos ficou muito maior após a revolução industrial, juntando-se aí também o aumento da população e os meios de produção e padrões de consumo. Acrescentando-se nesta realidade os problemas sociais, surge um novo e muito perigoso agravante: a falta de atenção, a marginalização e a exploração da categoria de trabalhadores denominados catadores de materiais recicláveis que através dos tempos vem se tornando cada vez mais expressiva em nossa sociedade.

Levando em conta a falta de atenção, marginalização e exploração desta categoria de trabalhadores, o Município de Três Rios avançou e continua avançando nesta temática através da implantação da Coleta Seletiva e do Projeto de Lei que Institui o Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade (PMEAS), incorporando assim um perfil de inclusão social e geração de renda para as esferas sociais mais

carentes e excluídos do ingresso nos mercados formais de trabalho. Dentre os benefícios da Coleta Seletiva para o meio ambiente, há de se destacar: a redução do uso de matéria prima e a economia dos recursos naturais e a redução do acúmulo de lixo nos aterros sanitários e dos impactos ambientais que dele decorrem. Apesar dos benefícios para a nossa cidade e para o nosso país, a verdade é que os indicadores de reciclagem no Brasil ainda são muito baixos (SMA-TRÊS RIOS, RJ, 2017).

Uma das questões mais discutidas na Coleta Seletiva é a de que não é imposto ao catador manusear o lixo, é precisamente o contrário, originando uma nova forma de tratar os resíduos por parte da sociedade trirriense, sensibilizando nossos municípios para que separem todos os produtos descartáveis de maneira adequada, garantindo assim uma melhor condição de trabalho para os trabalhadores da reciclagem.

Nas Escolas Municipais de Três Rios já existe a separação dos materiais através das latas para a Coleta Seletiva para que os alunos aprendam a separar o resíduo em sua origem. Em alguns pontos da cidade também estão instaladas tais latas para que a população possa colaborar também com essa nova perspectiva. A sociedade trirriense necessita da instituição do Programa Educacional de Educação Ambiental e de Sustentabilidade que

terá as ferramentas necessárias para a educação e a transformação dos resíduos, além de levar o trirriense a entender a importância dos resíduos gerados, também será feito um trabalho de sensibilização em relação a valorização do trabalho dos catadores, que são agentes ambientais imprescindíveis, levando os moradores da cidade de Três Rios a colaborar integralmente com a Coleta Seletiva, fazendo da cidade um exemplo para outros municípios da região.

Existem vertentes de especialistas no assunto que dizem que os custos da Coleta Seletiva são distintos dos custos da coleta já consagrada, sugerindo que para que esta se concretize, o município deve buscar parcerias com os grandes geradores de lixo, esta pode ser uma possibilidade. Em Três Rios, o aumento populacional advindo das várias empresas que aqui se instalaram atualmente existe uma gama muito grande de novas construções de condomínios residenciais considerados locais de grande concentração de pessoas, gerando uma quantidade relevante de resíduos sólidos e pode trazer benefícios como a redução da quantidade de resíduos gerados e a geração de renda ao trabalho dos catadores.

Considerações Finais

A implantação da Coleta Seletiva vem como oportunidades em um todo, gerando renda, empregos e facilitando o trabalho quanto à carga de resíduos sólidos em aterros sanitários, além de valorizar os imóveis em questão e ajudando o meio ambiente, quanto mais reciclamos mais energia é poupada, e por fim, uma política mais eficiente voltada para o ser humano e também aos animais, assim como para o ambiente em que vivemos.

Diante da realidade mundial e principalmente a realidade do município de Três Rios, foco de pesquisa para esta dissertação e defesa é a criação, através de Decreto, do Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade, pois é de suma importância sendo um clarificador da ação educativa em sua totalidade, e um espaço de construção de propostas inovadoras, criando e definindo políticas de uma educação transformadora. Traduz a vontade de mudar e pensar o que se tem de concreto, avaliando o que foi feito e projetando mudanças.

O seu processo de construção e execução visa planejar a ação presente com vistas à transformação da realidade, porque é em função da melhoria dos serviços educacionais que se considera importante estruturar princípios que norteiam as práticas

educativas. O Projeto Político Pedagógico apresenta tudo àquilo que se quer em torno da perspectiva educacional: a melhoria da qualidade de ensino através da qualificação profissional do educador e dos educandos; do compromisso em oportunizar um ensino voltado para o exercício da cidadania e a preparação para o trabalho.

O Projeto de Lei que *institui a Implantação do Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade (PMEAS) em todos os níveis de Ensino da Educação Básica de Três Rios e dá outras providências*, já foi encaminhado e aprovado em votação na Câmara Municipal de Três Rios para votação e implementação imediata (Anexo I).

Anexo I

MINUTA DE PROJETO DE LEI Nº 4483 DE 06 DE Abril DE 2018.

Institui a implantação do Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade (PMEAS) em todos os níveis de Ensino da Educação Básica de Três Rios e dá outras providências.

A CÂMARA MUNICIPAL DE TRÊS RIOS DECRETA E EU SANCIONO A SEGUINTE LEI:

Art. 1º - Fica instituído a implantação do Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade (PMEAS) em todos os níveis da Educação Básica que funcionará em uma escola da rede municipal de educação.

Art. 2º - O Programa Municipal de Educação Ambiental e Sustentabilidade (PMEAS) terá como objetivos principais:

I - A conscientização pública e fomento para preservação do meio ambiente sob a coordenação da Secretaria Municipal de Educação, Meio Ambiente e Saúde de Três Rios;

II - A conscientização sobre os problemas ambientais da cidade, em especial, os da região do entorno de cada unidade escolar;

III - O desenvolvimento, em toda a comunidade escolar, do conceito de sustentabilidade, como princípio de sobrevivência para a sociedade.

Art. 3º - O PMEAS poderá firmar parcerias com as empresas e órgãos públicos e privados, a fim de garantir recursos financeiros e humanos para a efetivação de suas ações.

Art. 4º - O conjunto de atividades a serem desenvolvidas no PMEAS referem-se as seguintes iniciativas:

I - Fomentar ações relacionadas à reciclagem dos resíduos;

II - Desenvolver ações de proteção do solo e das águas;

III - Discutir poluição do ar e a poluição sonora;

IV - Proteger a Fauna e a Flora;

V - Avaliar as ações ambientais propostas pelos movimentos em defesa do meio ambiente;

VI - Preservar o ambiente natural com práticas de sustentabilidade;

VII - Conscientizar a sociedade, sobre a importância do Meio Ambiente, proporcionando oportunidades de conhecimentos e vivências que possam permitir o engajamento social e ambiental;

VIII - Plantar mudas nativas para reflorestamento;

IX - Fomentar práticas ambientais, através de oficinas para alunos da Educação Básica;

X - Ações ambientais, em geral, que possam ser alvo de reflexão e aprendizado para os alunos e comunidade.

Art. 5º - Ficará a cargo da Secretaria Municipal de Educação:

I - Estabelecer as normas de funcionamento;

II - Receber e aplicar recursos do PMEAS, dando publicidade ao mesmo e articulando toda a sua implementação e gerenciamento;

III - Organizar a agenda de atendimento às escolas para desenvolvimento das atividades;

IV - Incentivar as unidades escolares da Rede Municipal de Ensino e demais Redes de Ensino a participação nas atividades desenvolvidas pelo programa;

V - Criar Política Pública de Educação Ambiental no Município.

Art. 6º - O funcionamento do PMEAS está relacionado ao atendimento a alunos da Educação Básica, portanto serão garantidos pelo Fundo Nacional de Educação Básica e demais recursos da Educação.

Art. 7º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 8º - Ficam revogadas todas as disposições em contrário.

Assinada por:

Josimar Sales Maia

Prefeito do Município de Três Rios, RJ

Apresentada por:

Luiz Alberto Barbosa

Vereador do Município de Três Rios, RJ e Mestrando em Ciências

Ambientais da Universidade de Vassouras

Orientado por: Profa. Dra. Margareth Maria de Carvalho Queiroz



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE
TRÊS RIOS - RJ

LEI Nº 4483 DE 06 DE ABRIL DE 2018.

Institui o Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade (PMEAS) em todos os níveis de Ensino da Educação Básica de Três Rios e dá outras providências.

A CÂMARA MUNICIPAL DE TRÊS RIOS DECRETA E EU SANÇÃO A SEGUINTE LEI:

Art. 1º - Fica instituído Programa Municipal de Educação Ambiental e de Sustentabilidade (PMEAS) em todos os níveis da Educação Básica que funcionará em um polo municipal.

Art. 2º - O Programa Municipal de Educação Ambiental e Sustentabilidade (PMEAS) terá como objetivos principais:

I - a conscientização pública e fomento para preservação do meio ambiente sob a coordenação da Secretaria Municipal de Educação de Três Rios;

II - a conscientização sobre os problemas ambientais da cidade, em especial, os da região do entorno de cada unidade escolar;

III - o desenvolvimento em toda a comunidade escolar do conceito de sustentabilidade, como princípio de sobrevivência para a sociedade.

Art. 3º - O PMEAS poderá firmar parcerias com as empresas e órgãos públicos e privados, a fim de garantir recursos financeiros e humanos para a efetivação de suas ações.

Art. 4º - O conjunto de atividades a serem desenvolvidas no PMEAS referem-se as seguintes iniciativas:

I - fomentar ações relacionadas à reciclagem do lixo;



**PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE
TRÊS RIOS - RJ**

- II - desenvolver ações de proteção do solo e das águas;
- III - discutir poluição do ar e a poluição sonora;
- IV - proteger a Fauna e a Flora;
- V - avaliar as ações ambientais propostas pelos movimentos em defesa do meio ambiente;
- VI - preservar o ambiente natural com práticas de sustentabilidade;
- VII - conscientizar sobre a importância do Meio Ambiente para sociedade, proporcionando oportunidades de conhecimentos e vivências que possam permitir o engajamento social e ambiental;
- VIII - plantar mudas nativas para reflorestamento;
- IX - fomentar práticas ambientais, através de oficinas para alunos da Educação Básica;
- X - ações ambientais, em geral, que possam ser alvo de reflexão e aprendizado para os alunos e comunidade.

Art. 5º - Ficará a cargo da Secretaria Municipal de Educação:

- I - estabelecer as normas de funcionamento;
- II - receber e aplicar recursos do PMEAS, dando publicidade ao mesmo e articulando toda a sua implementação e gerenciamento;
- III - organizar a agenda de atendimento às escolas para desenvolvimento das atividades;
- IV - incentivar as unidades escolares da Rede Municipal de Ensino e demais Redes de Ensino a participação nas atividades desenvolvidas pelo programa;
- V - criar Política Pública de Educação Ambiental no Município.



**PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE
TRÊS RIOS - RJ**

Art. 6º - O funcionamento do PMEAS está relacionado ao atendimento a alunos da Educação Básica, portanto serão garantidos pelo Fundo Nacional de Educação Básica e demais recursos da Educação.

Art. 7º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 8º - Ficam revogadas todas as disposições em contrário.


Josimar Sales Maia
Prefeito

Referências

AZEVEDO, G. O. D. **Por menos lixo: a minimização dos resíduos sólidos urbanos na cidade do Salvador/Bahia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana) - Faculdade de Engenharia Ambiental e Urbana da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 146 f. 2004.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, p. 535-574, 2002.

BASSANI, P. D. **Caracterização de resíduos sólidos de coleta seletiva em condomínios residenciais - Estudo de caso em Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2011.

BIDONE, F. R. A. **Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: PROSAB, 65p., 1999.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. Cadernos temáticos de Química Nova na Escola. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Química**. nº 1. p. 9-18, 2001.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.17, n. 06, 2012.

HESS, S. **Educação Ambiental: nós no mundo**, 2ª ed. Campo Grande: Ed. UFMS, 2002, 192.

MENEZES, M. G.; BARBOSA, R. M.; JÓFILI, Z. M. S.; MENEZES, A. P. A. B. Lixo, Cidadania e Ensino: Entrelaçando Caminhos. Química Nova na Escola. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Química**. nº 22, p. 38-41, 2005.

PEREIRA, M. A. O; BAMPI, A. C.; RODRIGUES, U. I. A gestão de resíduos sólidos urbanos em Colider - MT e as questões

socioambientais: Interconexões com a educação ambiental. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 1, Congestas. 2013.

RIBEIRO, L. A.; SILVA, M. M. S.; LEITE, V. D.; SILVA, H. Educação ambiental como instrumento de organização de catadores de materiais recicláveis na comunidade Nossa Senhora Aparecida, Campina Grande-PB. **Revista de Biologia e Farmácia**. v. 5, n. 2, 2011.

RIBEIRO, T. F.; LIMA, S. C. Coleta seletiva de lixo domiciliar - estudo de casos. **Revista Caminhos da Geografia**. Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 50-69, 2000.

RUBERG, C.; AGUIAR, A.; PHILIPPI J. R. A. **Promoção da Qualidade Ambiental através da Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares**. In: **II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental - Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental**. Porto Alegre, 26 a 28 de out., 1998. Anais: Porto Alegre. p.163-167, 1998.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; VESPA, I. C. G.; VIEIRA, E. M. A Importância da Compostagem para a Educação Ambiental nas Escolas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Química**. N 23. 2006.

SINGER, P. A recente ressurreição da economia solidária no Brasil. In Santos, B.S. (ORG.) *Produzir para viver. Os caminhos da produção não capitalista*. Rio de Janeiro: *Civilização Brasileira*. P. 81-126, 2002.

TOMMASI, L. R. **A degradação do meio ambiente**. São Paulo: Nobel, p.153-156, 1976.

WALDMAN, M.; SCHNEIDER, D. M. **Guia ecológico doméstico**. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 2000. BROLLO & SILVA, p.6-7, 2001.

SMA-TRÊS RIOS, RJ, 2017. **Secretaria de Meio Ambiente promove capacitação para a Cooperativa de Catadores Três Rios Coletiva.** Disponível

em:< <http://www.entreriosjornal.com.br/noticia-secretaria-de-meio-ambiente-promove-capacitacao-para-a-cooperativa-de-catadores-tres-rios-coletiva-67460>>. Acesso em: 03 de jul. 2018.

MMA, 2017. Agenda 21. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em: 28 de jun. 2018.

Sobre os autores

Luiz Alberto Barbosa

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Especialista em Gestão de Sistemas Locais de Saúde pela Fundação Educacional Serra dos Órgãos e Centro de Ciências Biomédicas. Especialista em Gestão em Saúde pela Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ. Graduado em Enfermagem pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora. Professor assistente no curso de Medicina pela Suprema, professor do curso de Farmácia e Enfermagem pela Faculdade Univertix.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMEF)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 30 - Contaminação de rios na cidade de Asunción, Paraguay, por oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp.

Autores: Paulo Roberto Blanco Moreira Norberg, Fernanda Castro Manhães, Bianca Magnelli Mangiavacchi, Paulo Cesar Ribeiro, Margareth Maria de Carvalho Queiroz, Antonio Neres Norberg

Resumo: As espécies dos gêneros *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. são organismos que apresentam estruturas resistentes ao tratamento convencional da água e podem causar sérias morbidades, especialmente em crianças, idosos e pessoas imunocomprometidas. O estudo tem como objetivo pesquisar oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. em amostras de água de rios que cruzam a cidade de Asunción, Paraguay. Foram coletadas quatro amostras de água, dos rios Riachuelo, Antequera, Peru e Mburicaó. Para a obtenção do sedimento, foi utilizada a técnica da sedimentação espontânea para todas as amostras de água. Para a pesquisa de cistos de *Giardia* spp. foi utilizada a preparação entre lâmina e lamínula. Para a pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium* spp. foi utilizada a coloração de Ziehl-Neelsen. Os resultados da pesquisa evidenciaram positividade para oocistos de *Cryptosporidium* spp.

e cistos de *Giardia* spp. nas amostras de água que foram coletadas nos rios Antequera, Peru e Mburicaó, e somente *Cryptosporidium* spp. nas águas do rio Riachuelo. A concentração de cistos e oocistos por campo de microscopia foi maior na amostra do rio Mburicaó, e, em ordem decrescente, nos rios Peru e Antequera. A concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. no rio Riachuelo foi inferior à das demais amostras. Este foi o primeiro registro da ocorrência de *Cryptosporidium* spp. em rios no Paraguay. Conclui-se que a água em rios urbanos da cidade de Asunción é contaminada com oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. através do despejo de esgoto sanitário. Recomenda-se que a população seja orientada a evitar o contato com a água dos rios contaminados e que medidas de saneamento que melhorem a qualidade das águas fluviais sejam adotadas pelas autoridades sanitárias.

Palavras-chaves: Rios; Parasitoses; Paraguai.

Introdução

Doenças relacionadas a condições inadequadas de saneamento afetam populações vulneráveis em todo o mundo. A Assembleia Geral da ONU em 2010 declarou que o direito à água potável e ao

saneamento é um direito humano essencial para a vida e o exercício de todos os direitos humanos (SARLET; FENSTERSEIFER, 2011). As deficiências de saneamento são especialmente notáveis nos países com menor desenvolvimento relativo, afetando diretamente a população e degradando a qualidade do meio ambiente e de saúde pública dos habitantes. Rios que cruzam zonas urbanas são de maneira especial afetados pela atividade antropogênica, sendo a descarga de lixo e rejeitos sanitários as fontes de degradação ambiental mais importantes (BERGLUND, 2015).

Os agentes etiológicos das enteroparasitoses estão amplamente disseminados no meio ambiente e em grande parte da população mundial. Essas parasitoses constituem um dos mais relevantes problemas de saúde pública mundial. A Organização Mundial da Saúde estima que aproximadamente 3,5 bilhões de pessoas sejam portadoras de elementos parasitários (WHO, 2008). As elevadas taxas de prevalência de enteroparasitoses em várias regiões do globo estão relacionadas com as condições ambientais, sociais, econômicas, culturais e educacionais das populações infectadas. As altas taxas de infecções parasitárias em geral estão diretamente relacionadas com a poluição da água, do solo e dos alimentos consumidos (VERONESI & FOCACCIA, 2015; REY, 2013;

COURA, 2013). A Organização Mundial da Saúde calculou que existem nos países do mundo $1,38 \times 10^9$ de pessoas parasitadas por *Ascaris lumbricoides*, e entre estes portadores, 250×10^6 estão doentes; $1,25 \times 10^9$ parasitados por espécies da família Ancylostomatidae, com 151×10^6 de doentes; $4,5 \times 10^6$ casos de tricurose; $1,7 \times 10^6$ de oncocercose, e ainda 1,8 milhões de pessoas de várias regiões do mundo morrem a cada ano em consequência das gastroenterites cujos agentes etiológicos propagam-se pela falta de água tratada. Entre esses agentes biológicos patogênicos contaminantes da água destacam-se helmintos, protozoários, vírus e bactérias (WHO, 2008).

As enteroparasitoses são mais frequentes em crianças e adultos jovens, e dependendo da ação do parasito no hospedeiro, podem interferir no estado nutricional e no desenvolvimento físico dos infectados, causando prejuízos quanto à intelectualidade, com reflexos no baixo índice de aproveitamento escolar (AGOSTINHO *et al.*, 2017). Episódios de diarreia causada por *Cryptosporidium* spp. em crianças com menos de cinco anos estão associados a problemas de crescimento (KHALLIL, 2018).

A contaminação fecal humana do ambiente aquático é originada das descargas do esgoto público ou doméstico e ocorre também pela liberação direta de material fecal da água de superfície por

animais domésticos ou silvestres. Os elementos parasitários contaminantes aderem-se às partículas do solo e são levados pela água principalmente por ocasião as chuvas e inundações, o que prejudica a qualidade da água dos mananciais (TYZZER, 1907; FERREIRA *et al.*, 2012).

A Organização Mundial da Saúde considera as espécies dos gêneros *Cryptosporidium* e *Giardia* como patógenos de referência na avaliação da potabilidade da água. Patógenos de referência são aqueles que servem de marco para o desenho e implementação de medidas sanitárias e metas para o tratamento da água de consumo humano com qualidade aceitável. Entre os protozoários, várias espécies podem ser transmitidas para humanos através da ingestão de água não-tratada satisfatoriamente, tais como *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., *Entamoeba histolytica*, *Toxoplasma gondii*, *Balantidium coli*, *Cyclospora cayetanensis*, *Isospora belli* entre outros (MEDEMA *et al.*, 2009).

O gênero *Cryptosporidium* foi descrito em 1907 como parasito de ratos (TYZZER, 1907) e na atualidade é reconhecido como um parasita intracelular do epitélio gastrointestinal, causador de diarreia autolimitada em pessoas imunocompetentes e grave em pacientes imunocomprometidos (COURA, 2013; VILLA-NOVA, 2018). Algumas espécies do gênero *Cryptosporidium* são apontadas

como causadoras de infecção intestinal, respiratória e hepatobiliar. Em relação à doença intestinal, podem causar quatro formas clínicas distintas: assintomática e autolimitada; aguda ou transitória, que são diagnosticadas em pessoas imunocompetentes, e as formas clínicas crônica e fulminante em indivíduos imunocomprometidos, como nos casos de AIDS (FERREIRA *et al.*, 2003; VERONESI & FOCACCIA, 2015).

O gênero *Cryptosporidium* spp. foi apontado como o quinto maior agente etiológico responsável por diarreias em crianças com menos de cinco anos mundialmente no ano de 2016, causando mais de 48000 mortes e afetando a aproximadamente 4,2 milhões de indivíduos (KHALLIL, 2018). Infecções antroponóticas por *Cryptosporidium parvum* predominam em países pobres com deficiências no saneamento (KING *et al.*, 2019).

A infecção por *Giardia lamblia* geralmente ocorre pela ingestão de cistos contidos na água contaminada com matéria fecal. A infecção assintomática ocorre tanto em adultos como em crianças. A fase aguda dessa parasitose caracteriza-se por um quadro diarreico com duração de duas a quatro semanas. Os sinais clínicos mais frequentes são a esteatorreia, desconforto abdominal, náuseas, vômitos e perda de peso. Na doença em indivíduos imunocomprometidos, os sintomas podem persistir por sete

semanas ou mais. Nesses casos, a perda de peso ocorre em função da mal absorção de nutrientes (RUBIN *et al.*, 2016; ADAM, 2020). A giardíase afeta aproximadamente 280 milhões de indivíduos ao ano no mundo, sendo considerada uma enfermidade subnotificada (RYAN, 2019).

Considerando a importância das infecções causadas por *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp., essa pesquisa teve como objetivo investigar a ocorrência de oocistos e cistos destes protozoários em amostras de água de quatro afluentes que desaguam no rio Paraguay na cidade de Asunción.

Campo de estudo

A pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. foi realizada no ano de 2019 em amostras de águas de rios da cidade de Asunción que confluem para o rio Paraguay. Asunción é a capital do país, possuindo segundo a Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos um total de 524190 habitantes no ano de 2017. O país registrou 92466 internações por diarreia em 2017 e 3946 casos de giardíase. A taxa de mortalidade infantil em 2017 foi estimada em 26,05 por mil.

Segundo Estigarribia *et al.* (2019), os bairros populares (aglomerados subnormais) da cidade de Asunción próximos ao rio

Paraguay são vulneráveis à contaminação por resíduos sólidos e efluentes urbanos. Estes autores descrevem que os bairros ribeirinhos não apresentam serviço de coleta e tratamento de esgoto, e que os bairros mais afastados despejam o esgoto sanitário em rios que convergem para o rio Paraguay, degradando ainda mais a qualidade das águas fluviais nessa região da cidade. Da mesma forma, o rio Mburicaó, que cruza sete bairros de Asunción e possui uma extensão de 16,25 km, encontra-se contaminado com rejeitos domésticos e industriais (GODOY, 2019).

Metodologia

A pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. foi realizada no mês de outubro de 2019 em amostras de águas coletadas dos rios Riachuelo, Antequera e Peru, que desaguam na baía de Asunción, e Mburicaó, que desagua diretamente no rio Paraguay (Figura 1).

As nascentes destes rios surgem na região da capital do Paraguay, e recebem rejeitos domésticos e industriais em seu curso. Amostras de dois litros de água de cada rio foram coletadas no mês de outubro de 2019, época de clima quente e índice pluviométrico médio. As amostras foram examinadas no Laboratório de Pesquisa em Doenças Parasitárias do Centro

Universitário UNIABEU, na cidade de Belford Roxo, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foi utilizado o método de sedimentação espontânea.

Figura 1 - Pontos de amostragem nos rios de Asunción. Ponto 1 – Rio Riachuelo; Ponto 2 – Rio Antequera; Ponto 3 – Rio Peru; Ponto 4 – Rio Mburicaó.



Fonte: Autores.

A pesquisa de cistos de *Giardia* spp. foi realizada pela observação do sedimento em preparação entre lâmina e lamínula, em que foi adicionada uma gota de Lugol, e observada em microscopia de campo claro com a objetiva de 40X. A pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium* spp. foi realizada pela fixação do sedimento em

lâminas e coradas pelo método de Ziehl-Neelsen. As preparações para a pesquisa de *Cryptosporidium* secaram em temperatura ambiente e foram examinadas em microscopia de luz com a objetiva de 100X.

Resultados

Os resultados da pesquisa evidenciaram positividade para oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. nas amostras de água que foram coletadas nos rios Antequera, Peru e Mburicaó, e somente *Cryptosporidium* spp. nas águas do rio Riachuelo. A concentração de cistos e oocistos por campo de microscopia foi maior na amostra do rio Mburicaó, e, em ordem decrescente, nos rios Peru e Antequera. A concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. no rio Riachuelo foi inferior à das demais amostras.

Discussão

De acordo com Razzolini *et al.* (2019), a presença de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. na água é preocupante mesmo em baixas concentrações devido à alta infectividade, associada à uma elevada taxa de prevalência na população global. Apesar dos atributos que conferem a essas protozooses uma grande

importância em saúde pública, consideradas como patógenos de referência no controle de qualidade da água de uso humano pela OMS (MEDEMA *et al.*, 2009), são escassas as pesquisas sobre a incidência destes agentes parasitários na América Latina e em especial no Paraguay.

Espécies do gênero *Cryptosporidium* são apontadas por Farias *et al.* (2002) como causadoras de surtos de gastroenterites em vários países do mundo, especialmente em crianças e pacientes imunocomprometidos. Na tentativa de compreender e monitorar o significado desse patógeno em amostras ambientais, vários métodos foram descritos para a identificação de oocistos deste protozoário. Os autores pesquisaram oocistos de *Cryptosporidium* spp. em águas de esgoto e de um córrego no município de São Paulo, Brasil. A análise revelou a ocorrência de oocistos deste protozoário em todas as amostras examinadas, demonstrando o alto potencial de risco de disseminação deste parasito através do ambiente aquático.

Exames parasitológicos de água de quatro rios do estado de Washington e dois rios da Califórnia foram realizados por Omgerth e Spibbs (1987). Os resultados revelaram positividade para oocistos de *Cryptosporidium* spp. em todas as 11 amostras examinadas. Os autores sugerem que estudos mais detalhados

sejam realizados para definir a distribuição temporal e geográfica da contaminação da água por oocistos de *Cryptosporidium* e avaliaram como importante a veiculação hídrica na transmissão destes protozoários.

A transmissão por via hídrica de protozoários é capaz de afetar uma ampla população que se utiliza deste meio para o abastecimento. Mac Kenzie *et al.* (1994) reportaram que no ano de 1993 nas cidades de Milwaukee e Wisconsin, Estados Unidos da América, aproximadamente 400000 pessoas foram contaminadas pelo consumo de água considerada potável, porém contaminada com oocistos de *Cryptosporidium* spp. Campos e Guerreiro (2002) e Alarcón *et al.* (2001) afirmaram que é frequente o uso dos rios como receptores de águas residuais sem tratamento, cujas águas contaminadas são utilizadas para captação para o consumo doméstico e para a irrigação agrícola. Alarcón *et al.* (2001) mencionaram que o rio Bogotá, que atravessa algumas regiões densamente povoadas da Colômbia, tem suas águas utilizadas para atividades pecuárias, agrícolas e como fonte de água para tratamento e consumo humano. A poluição do rio aumenta à medida que os municípios localizados na sua bacia hidrográfica vertem seus dejetos domésticos e industriais sem nenhum tratamento prévio. Este fato é considerado como uma importante

fonte de contaminação das águas. Os autores citaram a necessidade de recursos para avaliar a qualidade da água e a eficiência do tratamento, assim como o conseqüente risco sanitário para a população. Consideramos que as condições apontadas por Alarcón *et al.* (2001) na Colômbia sejam similares às aquelas encontradas em Asunción, Paraguai, e que a avaliação microbiológica da qualidade da água dos rios urbanos de Asunción deva ser verificada periodicamente a fim de traçar planos e metas de descontaminação, com reflexos para o meio ambiente e na qualidade de vida dos habitantes.

Ibrahim *et al.* (2020) investigaram a ocorrência e a concentração de *Giardia* spp. em amostras de esgoto e rios da região de Al-Jinberiyah, Síria, e as águas afluentes e efluentes de estações de tratamento de água. Os resultados demonstraram que 87,5% das amostras de águas recebidas pelas estações de tratamento foram positivas para *Giardia* spp. e 75% das águas efluentes dessas estações foram positivas. Dos rios contaminados com esgoto doméstico, 100% das amostras demonstraram positividade para *Giardia* spp. Os autores indicaram que os níveis deste protozoário nos rios estudados constituem potenciais riscos para os habitantes ribeirinhos, particularmente em atividades como irrigação, natação, banho e outros contatos com a água. Concordamos com

Ibrahim *et al.* (2020), apontando que a baía de Asunción, onde desaguam os cursos d'água Riachuelo, Antequera e Peru, é um local tradicional para atividades recreativas na água.

Os pesquisadores Ma *et al.* (2019) pesquisaram os protozoários dos gêneros *Cryptosporidium* e *Giardia* em águas de rios, esgotos e matadouros localizados na região de Kinghai, China. De um total de 456 amostras, 10 (2,2%) foram positivas para *Cryptosporidium* e 97 (21,3%) para *Giardia*. *Cryptosporidium* foi detectado apenas nas águas dos rios e do esgoto. Os resultados sugerem que *Cryptosporidium* e *Giardia* circulam através de um meio hídrico e em diferentes hospedeiros. Os autores recomendam que as autoridades locais e de saúde da China efetuem medidas de controle a fim de reduzir a contaminação das fontes de água por estes protozoários, protegendo assim a saúde de humanos e de animais. Concordamos com as recomendações de Ma *et al.* (2019), reforçando as mesmas sugestões para as autoridades sanitárias do Paraguay.

Utaaker *et al.* (2019) pesquisaram *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. em fontes de água potável na cidade de Chandigarh, Índia, no período da seca e durante a estação das monções. Entre o total de amostras examinadas, 22,5% foram positivas para oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. O

resultado da pesquisa mostrou que não houve uma associação entre a contaminação e a estação das chuvas, mas foi observada uma associação na persistência da positividade com os locais das fontes de água. Esses pesquisadores consideraram que mesmo em uma cidade com infraestrutura bem desenvolvida a contaminação da água potável por protozoários e outros parasitos ainda representa um risco para a saúde pública. A cidade de Asunción não dispõe de benfeitorias de tratamento de esgotamento sanitário, o que agrava ainda mais a situação de risco.

Mons *et al.* (2008) avaliaram a contaminação de águas de rios que abastecem a população de Paris e cidades circunvizinhas. O resultado da pesquisa revelou a presença de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp., respectivamente em 47,7% e 93,8% de um total de 172 amostras de água analisadas. Os autores consideraram como prováveis fontes de contaminação os resíduos de práticas agrícolas, além do tratamento inadequado do esgoto sanitário em períodos chuvosos. A situação parisiense diverge daquela encontrada em Asunción, em que o tratamento do esgoto sanitário é precário e os rios examinados em nossa pesquisa não atravessam áreas agrícolas, somente o ambiente urbano.

Moutinho *et al.* (2019) realizaram uma pesquisa de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia lamblia* em águas coletadas antes do tratamento de esgoto na bacia do rio Tejo, em Lisboa, Portugal. Todas as amostras examinadas foram positivas para oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia lamblia*. Os autores afirmaram que a presença desses agentes parasitários constitui um risco para a saúde de crianças, idosos e imunocomprometidos. Concordamos com Moutinho *et al.* (2019) quanto ao risco a populações vulneráveis e lembramos que as populações das comunidades próximas aos pontos de coleta de água no Paraguai habitam zonas com urbanização popular informal, ocupando territórios urbanos marginais e sujeitos a inundações, sem infraestrutura básica de saneamento e qualidade de saúde muitas vezes precária, o que as torna especialmente susceptíveis à contaminação.

A qualidade das águas da lagoa Ibirapuera, localizada no município de Imbituba, no estado de Santa Catarina, Brasil, foi estudada pela pesquisadora Abreu (2019). A pesquisa teve como objetivo principal avaliar a contaminação por protozoários dos gêneros *Giardia* e *Cryptosporidium* e avaliar as características do ambiente que favoreçam a presença destes agentes parasitários. A autora citou que no entorno da lagoa ocorreu um aumento de

edificações com deficiências na estrutura sanitária, e como consequência ocorre o despejo de esgoto sanitário na lagoa sem tratamento prévio. O resultado da análise da água revelou positividade para oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. em 59% dos pontos de coleta. A autora considerou que os fatores associados à distribuição dos protozoários na lagoa Ibirapuera estão relacionados ao vento, além de atividades recreativas e à resistência dos agentes infectantes no ambiente.

A ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. na represa Vargem das Flores, no estado de Minas Gerais, Brasil, foi estudada por Lopes e Pádua (2009). Avaliaram a associação destes protozoários com a presença de coliformes fecais na água da represa. Foram monitorados quatro locais com profundidades de 2,4 metros e 6 metros. O resultado revelou concentrações baixas de oocistos de *Cryptosporidium*, oscilando entre 0 e 4 oocistos por 100ml e 0 a 8 cistos de *Giardia* spp. por 10 litros de água. Os autores consideraram que a ocorrência destes protozoários oferece perigo à saúde da população humana caso a água seja consumida sem tratamento prévio, ou ainda nas atividades recreativas. Além da ocorrência de cistos e oocistos dos protozoários encontrados, somos de opinião que o uso inadequado daquela represa contaminada com coliformes fecais

também oferece perigo para a transmissão de outros patógenos de contaminação fecal-oral. A contaminação da baía de Asunción, com fluxo de água mais lento que o do rio Paraguay, talvez possua dinâmicas semelhantes às da represa estudada por Lopes e Pádua (2009) e da lagoa estudada por Abreu (2019), com o mesmo padrão de risco nas atividades de uso da água.

Os pesquisadores Mastropaulo e Razollini (2018) analisaram a qualidade da água de abastecimento fornecida a um bairro da cidade de São Paulo, Brasil. A pesquisa envolveu 13 amostras de água e utilizou as técnicas da filtração, separação e microscopia por imunofluorescência. A pesquisa relevou positividade para cistos de *Giardia* spp. em 46% das amostras de água e oocistos de *Cryptosporidium* spp. em 7% das amostras. As amostras de água utilizadas na pesquisa de Mastropaulo e Razollini (2018) eram de fontes subterrâneas utilizadas para consumo humano, porém demonstram a capacidade de infiltração de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. e a possibilidade de contaminação do lençol freático e águas de poços e fontes próximas à água contaminada por esses agentes parasitários. Apontamos para a possibilidade dos mesmos riscos às fontes de água subterrâneas próximas aos rios estudados na capital do Paraguay.

Razzolini *et al.* (2019) investigaram a presença de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em amostras de água de reuso de duas estações de tratamento na cidade de São Paulo, Brasil. O resultado revelou positividade para cistos de *Giardia* em 35,8% das amostras e *Cryptosporidium* spp. em 30,2%. Esses autores ressaltaram que a presença destes protozoários na água é importante, pois mesmo presentes em concentrações baixas a taxa de infectividade é elevada, especialmente para a população mais sensível, como crianças idosos e imunocomprometidos. Enfatizaram que o combate a estes protozoários é mais crítico em países em desenvolvimento, onde os sistemas de tratamento de água são menos sofisticados e o monitoramento da água de distribuição é deficiente, como no caso da capital do Paraguay.

Medeiros *et al.* (2019) examinaram amostras de água do rio Itabapoana na cidade de Bom Jesus do Itabapoana, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Os autores verificaram a presença de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. em todas as amostras da água de esgoto e em todas as amostras coletadas próximas à estação de tratamento. As amostras coletadas da água corrente foram negativas para cistos e oocistos de protozoários. Concluíram que a fonte de contaminação da água do rio Itabapoana com oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de

Giardia spp. foi o despejo de esgoto sanitário da cidade e que a população deve ser orientada para evitar o uso da água do rio para banho, natação e irrigação de vegetais destinados ao consumo sem cocção. Corroboramos as recomendações de Medeiros *et al.* (2019) e ressaltamos que as áreas próximas ao rio Paraguay e seus afluentes estão sujeitas a inundações frequentes, disseminando agentes patogênicos de veiculação hídrica sobre áreas das proximidades, aumentando o risco de contaminação.

Os pesquisadores Grott *et al.* (2016) pesquisaram cistos de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. na água bruta das estações de tratamento no município de Blumenau, estado de Santa Catarina, Brasil. Analisaram 67 amostras de água e utilizaram o método de filtração em membranas seguido pela reação de imunofluorescência. A positividade para cistos de *Giardia lamblia* foi de 23,19%, e 7,24% para oocistos de *Cryptosporidium* spp. A detecção de protozoários patogênicos na água bruta das estações de tratamento aponta para a importância da adoção de medidas preventivas, como a proteção de áreas dos mananciais e tratamento adequado do esgoto doméstico com a finalidade de reduzir os riscos de transmissão de protozoários e outros patógenos para a água de consumo humano. Ainda que os rios examinados em nossa pesquisa não sejam utilizados para a

captação de água para consumo, concordamos que a proteção de mananciais e o tratamento do esgoto doméstico é fundamental para o controle da contaminação hídrica por *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. e outros patógenos.

A pesquisadora Touchet (2019) realizou um levantamento epidemiológico sobre a incidência de enteroparasitoses em adolescentes de 10 a 19 anos de idade que residem em uma área próxima à Unidade de Saúde da Família do bairro Santa Maria, em Asunción, Paraguay. Entre os enteroparasitos encontrados, destacaram-se *Blastocystis hominis* (40%), *Giardia lamblia* (15%), *Endolimax nana* (5%) e *Entamoeba histolytica/dispar* (5%). A autora não se referiu ao parasitismo por coccídios. Na mesma linha de pesquisa, Canese *et al.* (1999) realizaram um estudo sobre enteroparasitoses que envolveu 3744 crianças e encontraram 64% de positividade para enteroparasitos. Entre os agentes parasitários diagnosticaram: *Blastocystis hominis* (28,1%), *Giardia lamblia* (24,1%) e *Entamoeba coli* (12,5%). O número de crianças examinadas foi significativo (3744), e esses autores também não se referiram ao parasitismo por coccídios. Outra pesquisa realizada por Araújo *et al.* (2011) em crianças de uma comunidade indígena do Paraguay revelou a presença de enteroparasitos com taxa de 44,6% das amostras examinadas. Diagnosticaram

Blastocystis hominis (31,8%), *Ascaris lumbricoides* (22,7%), *Entamoeba coli* (22,7%), *Ancylostomatidae* (15,9%), *Giardia duodenalis* (15,9%) e *Iodamoeba butchlii* (2,3%). Esses autores, assim como os anteriormente citados, também não se referiram ao diagnóstico de coccídios intestinais. Considerando o *Cryptosporidium* como parasito de ampla distribuição mundial, somos de opinião que os pesquisadores retrocitados não diagnosticaram a ocorrência de coccídios por não terem utilizado técnicas específicas para a detecção de oocistos na matéria fecal. Grande parte dos enteroparasitos encontrados por pesquisadores no território paraguaio são transmitidos por veiculação hídrica, destacando este meio como um dos principais meios de contaminação por elementos parasitários naquele país.

Valinotti *et al.* (1998) analisaram amostras de água de dez (10) rios que desaguam no rio Paraguay na cidade de Asunción. As amostras foram submetidas a filtração e os resíduos do filtro foram observados ao microscópio. O resultado evidenciou positividade para *Giardia* spp. na metade das amostras examinadas. A concentração dos cistos nos rios estudados oscilou entre 24 a 540 cistos por litro. Esses autores citaram que o rio Mburicaó foi o mais contaminado com cistos de *Giardia* spp. Os resultados da nossa pesquisa com amostras colhidas dos rios Riachuelo, Antequera,

Peru e Mburicaó em outubro de 2019 coincidem na maior contaminação por cistos no rio Mburicaó. O rio Mburicaó também foi o mais contaminado por oocistos de *Cryptosporidium* spp. entre as quatro amostras do nosso estudo, porém este protozoário não foi citado na pesquisa de Valinotti *et al.* (1998).

De acordo com as investigações de Norberg *et al.* (2019), a incidência de criptosporidiose entre indígenas da etnia Toba Qom da comunidade San Francisco de Asis, no distrito de Cerrito, município de Benjamín Aceval, Paraguay. Entre as 90 amostras fecais examinadas, em oito foram encontrados oocistos de *Cryptosporidium* spp., o que corresponde ao coeficiente de prevalência (CP) de 8,9%. O estudo revelou a necessidade de aprimorar os programas de assistência à saúde a fim de melhorar as condições de vida dos integrantes da comunidade Toba Qom. Essa é a única pesquisa sobre a prevalência de *Cryptosporidium* spp. em humanos no Paraguay encontrada na literatura científica. Entretanto, o uso de fontes de água distantes do rio Paraguay, condições de vida diferentes e a baixa prevalência provavelmente representam um padrão epidemiológico distinto daquele encontrado entre habitantes da cidade de Asunción, uma vez que as taxas de contaminação da

água de rios por oocistos de *Cryptosporidium* sugerem níveis mais altos de indivíduos infectados na população urbana.

Conclusões

Este foi o primeiro registro da ocorrência de *Cryptosporidium* spp. em rios no Paraguai. Da análise dos resultados conclui-se que a água em rios urbanos da cidade de Asunción é contaminada com oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. através do despejo de esgoto sanitário. A concentração de cistos e oocistos por campo de microscopia foi maior na amostra do rio Mburicaó, e as amostras de todos os rios estudados foram positivas para *Cryptosporidium* spp. Conclui-se que os desagues dos rios de Asunción são fontes de contaminação do rio Paraguai e da baía de Asunción. Os protozoários *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. são patógenos de referência na avaliação da potabilidade da água, indicando a contaminação por matéria fecal, e devem ser frequentemente monitorados a fim de resguardar a população dos riscos de contaminação por estes protozoários e outros enteropatógenos. A população deve ser orientada a evitar o contato com a água dos rios contaminados e medidas de saneamento que melhorem a qualidade das águas fluviais devem ser adotadas pelas autoridades sanitárias.

Referências

ABREU, E. S. **Presença de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. na lagoa Ibiraquera, Imbituba, Santa Catarina.** Tubarão: Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, 2019.

ADAM, R. D. Giardiasis. In: RYAN, E.T., HILL, D.R., SOLOMON, T., ARONSON, N.E., ENDY, T.P. **Hunter’s Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases** 10 ed. Oxford: Elsevier, 2020.

AGOSTINHO, E. L. C.; NORBERG, A. N.; NORBERG, P. R. B. M.; GUERRA-SANCHES, F.; MADEIRA-OLIVEIRA, J. T.; SERRA-FREIRE, N. M. Intestinal parasitic among children with less than fifteen years old in the rural neighbourhood of Saurimo, Province of Lunda-Sul, Angola. **OALIB**, v. 4, e3895, 2017.

ALARCÓN, M. A.; BELTRAN, M.; CÁRDENAS, M. L.; CAMPOS, M. C. Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en águas potables y residenciales de la cuenca del río Bogotá. **Biomédica**, v. 25, n. 3, p. 353-365, 2005.

ARAÚJO, P.; CHAMORRO, G.; TORALES, J.; AGUIAR, G.; WEILER, N.; BRITZ, E. Prevalencia de parasitoses intestinal en niños escolares de la comunidad de Isla Saka. **Revista del Instituto de Medicina Tropical**, v. 6, n. 1, p. 27, 2011.

BERGLUND, B. Environmental dissemination of antibiotic resistance genes and correlation to anthropogenic contamination with antibiotics. **Infection Ecology & Epidemiology**, v. 5, n. 1, e28564, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3402/iee.v5.28564>.

CAMPOS, C.; GUERREIRO, A. **Evaluating the usefulness of bacteriophages as model microorganisms for the assessment of water treatment processes and water quality final report.** INCO-DC. **International Cooperation with Developing Countries.** Bogotá: Universidad Javeriana, 2002.

CANESE, A.; BARRÍOS, E.; CASTRO, L.; CANESE, J. Prevalencia de parásitos intestinales encontrados en niños en Paraguay. **Revista Paraguaya de Microbiología**, v. 18, n. 1, p. 29-39, 1999.

COURA, J. R. **Dinâmica das Doenças Infecciosas e Parasitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA, ENCUESTAS Y CENSOS. **Paraguay Anuario Estadístico 2017**. Asunción: DGEEC, 2018.

ESTIGARRIBIA, M. I. C.; ESPÍNOLA, C. M. V.; SAGÜI, N.; DÍAS, G. A. I.; PIGNATA, R. M.; GAUTO, N. A. V. Urbanización popular em la ciudad de Asunción, Paraguay. **Revista INVI**, v. 34, n. 95, p. 9-42, 2019.

FARIAS, E. W. C.; GAMBA, R. C.; PELLIZARI, V. H. Detection of *Cryptosporidium* spp. oocysts in raw sewage and creek water in the city of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 33, p. 41-43, 2002.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P.; PEREIRA, C. R. A. Qualidade higiênico-sanitária da água de irrigação de estabelecimentos produtores de hortaliças no município de Teresópolis, RJ. **Revista UniAndrade**, v. 13, n. 1, p. 15-19, 2012.

FERREIRA, M. U.; FORONDA, A. S.; SCHUMACHER, T. T. S. **Fundamentos Biológicos da Parasitologia Humana**. São Paulo: Manole, 2003.

GODOY, K. Radiografía del Mburicaó: Años de desidia y apuestas para recuperarlo. **Última Hora**, Asunción, 05 mai. 2019. Disponível em: <<https://www.ultimahora.com/radiografia-del-mburicao-anos-desidia-y-apuestas-recuperarlo-n2817457.html>>. Acesso em: 25 out. 2020.

GROTT, S. C.; HARTMAN, B.; SILVA-FILHO, H. H.; FRANCO, M. R. B.; GOULART, J. A. G. Detecção de cistos de *Giardia* spp. e

oocistos de *Cryptosporidium* spp. na água bruta das estações de tratamento do município de Blumenau, SC, Brasil. **Revista Ambiental Água Taubaté**, v. 11, n. 3, p. 690-701, 2016.

IBRAHIM, S.; CHOUMANE, W.; DAYOUB, A. Occurrence and seasonal variations of *Giardia* in wastewater and river water from Al-Jinderiyah region in Latakia, Syria. *International Journal of Environmental Studies*, v. 77, n. 3, p. 370-381 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1619320>>.

KHALLIL, I. A.; TROEGER, C.; RAO, P. C.; BLACKER, B. F.; BROWN, A.; BREWER, T. G. Morbidity, mortality and long-term consequences associated with diarrhoea from *Cryptosporidium* infection in children younger than 5 years: a meta-analysis study. **The Lancet Global Health**, v. 6, n. 7; e758-768, 2018.

KING, P., TYLER, K. M., HUNTER, P. R. Anthroponotic transmission of *Cryptosporidium parvum* predominates in countries with poorer sanitation: a systematic review and meta-analysis. **Parasites & Vectors**, p. 12-15, 2019, Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3263-0>.

LOPES, M. M. B.; PÁDUA, V. L. Avaliação da ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e de *Giardia* spp. e sua associação com indicadores bacteriológicos e turbidez na represa de Vargens das Flores – MG. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2009.

MA, L.; ZHANG, X.; JIAN, Y.; LI, X.; WANG, G.; HU, Y. Detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in the slaughterhouse, sewage and river waters of the Qinghai Tibetan plateau area (QTPA), China. **Parasitology Research**, v. 118, p. 2041-2051, 2019.

MACKENZIE, W. R.; HOXIE, N. J.; PROCTOR, M. E.; GRADUS, M. S.; BLAIR, K. A.; PETERSON, D. E. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the

public water supply. **New England Journal of Medicine**, v. 331, p. 160-167, 1994.

MASTROPAULO, A. A.; RAZZOLINI, M. T. P. Qualidade da água de sistema alternativo coletivo de abastecimento para consumo humano: ocorrência de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. em poços de São Paulo – SP. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 22, n. 3, p. 237-246, 2018.

MEDEIROS, P. H. P.; CANTO, L. P.; MATOS, A. A. L.; MATOS, M. L. F. M.; MANHÃES, F. C.; MANGIAVACCHI, B. M.; NORBERG, A. N. Detection of *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardia* spp. cysts in the water of the Itabapoana river and in the supply water of the city of Bom Jesus do Itabapoana, Province of Rio de Janeiro, Brazil. **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 8, n. 10, p. 247-258, 2019.

MEDEMA, G.; TEUNIS, P.; BLOKKER, M.; BEERI, D.; DAVISON, A.; CHARLES, P. **WHO Guideline for Drinking Water Quality. *Cryptosporidium***. Geneva: WHO, 2006.

MONS, C.; DUMÈTRE, A.; GOSSELIN, S.; GALLIOT, C.; MOULIN, L. Monitoring of *Cryptosporidium* and *Giardia* river contamination in Paris area. **Water Research**, v. 43, p. 211-217, 2009.

MOUTINHO, M. G.; SANTOS, I.; MATOS, M.; AUXTERO, M. D. Research and identification of *Cryptosporidium* and *Giardia lamblia* in wastewater treatment plants. **Annals of Medicine**, v. 51, v. 1 (supl), p. 73, 2019.

NORBERG, P. R. B. M.; MEISTER-VILLALBA, M. L.; ORTELLADO, L. D.; CORONEL, M.; RIBEIRO, P. C.; NORBERG, A. N. Cryptosporidiosis among indigenous people of Toba Qom ethnic community of San Francisco de Asis, Benjamín Aceval city, Paraguay. **International Journal of Science Research Publications**, v. 8, n. 2, p. 22-25, 2018.

ONGERTH, J. E.; STIBBS, H. H. Identification of *Cryptosporidium* oocysts in river water. **Applied Environmental Microbiology**, v. 53, n. 4, p. 672-676, 1987.

RAZZOLINI, M. T. P.; BRETERNITZ, B. S.; KUCHKARIAN, B.; BASTOS, V. K. *Cryptosporidium* and *Giardia* in urban wastewater: A challenge to overcome. **Environmental Pollution**, v. 257, e113545, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113545>>.

REY, L. **Parasitologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

RUBIN, E.; GORSTEIN, F.; RUBIN, R.; SCHWARTING, R.; STRAYER, D. Patologia. **Bases Clínico-Patológicas da Medicina**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2016.

RYAN, U.; HIJJAWI, N.; FENG, Y.; XIAO, L. *Giardia*: an under-reported foodborne parasite. **International Journal of Parasitology**, v. 49, p. 1-11, 2018.

SARLET, I. W. **A eficácia dos direitos fundamentais: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010.

TOUCHET, N. M. Parasitosis intestinal en adolescentes de 10 a 19 años que habitan el area de influencia de la USF Santa Maria. Asunción, Paraguay. **Revista del Instituto de Medicina Tropical**, v. 14, n. 1, p. 29-39, 2019.

TYZZER, E. E. A. Sporozoan found in the peptic glands of the common mouse. **Proceedings of The Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 5, n. 12, 1907.

UTAAKER, K. S.; JOSHI, H.; KUMAR, A.; CHAUDHARY, S.; ROBERTSON, L. J. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in potable water sources in Chandgarh, Northern India. **Journal of Water Supply and Resources Technology Aqua**, v. 68, n. 6, p. 483-494, 2019.

VALINOTTI, E.; ROJAS, R.; SANCHEZ, R.; CANESE, A.; CANESE, J. Quistes de *Giardia* en aguas de arroyos de la ciudad de Asunción, Paraguay. **Revista Paraguaya de Microbiología**, v. 18, n. 1, p. 8-12, 1998.

VERONESI, R.; FOCACCIA, R. **Tratado de Infectologia**, São Paulo: Atheneu, 2015.

VILLA-NOVA, L. F.; LEITE, S. M. V.; QUEIROZ, A. A. P.; NORBERG, A. N.; GUERRA-SANCHES, F.; SERRA-FREIRE, N. M. Occurrence of *Cryptosporidium* in patients of hemodialysis in the city of Caruaru, Pernambuco, Brazil. **LinkScience Place**, v. 5, n. 2, p. 169-181, 2018.

WHO - **World Health Organization. The global burden of disease: 2004 update**. Geneve: WHO, 2008.

Sobre os autores

Paulo Roberto Blanco Moreira Norberg

Graduado em Relações Internacionais. Mestre em Direito Internacional. Doutor em Direito Internacional. Tem experiência em Direito Indígena, Direito Internacional e Direitos Humanos.

Fernanda Castro Manhães

Pós-doutora em Cognição e Linguagem na Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF; Doutorado em Ciências da Educação pela Universidade Autônoma de Assunção - UAA (Revalidação UFAL), Mestrado em Cognição e Linguagem pela Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF. Licenciatura em Pedagogia, Licenciatura em Educação Física. Diretora Acadêmica da Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC, unidade de Bom Jesus do Itabapoana. Avaliadora Institucional de Cursos de Graduação INEP/MEC.

Bianca Magnelli Mangiavacchi

Doutora (2016) e mestra (2009) em Biociências e Biotecnologia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Possui Graduação em Complementação pedagógica com habilitação em Biologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (2016). Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) (2006).

Paulo Cesar Ribeiro

Graduado em Odontologia pela Universidade Iguazu, Especialização em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial pela UNIGRANRIO, Especialização em Implantodontia pela Odontoclínica Militar do Exército em 2014, Habilitação em Analgesia Inalatória, sedação consciente pelo Óxido Nitroso. Mestre em Ciências Biológicas (Doenças Parasitárias) pela Universidade Iguazu. Coordenador e professor de Odontologia da Universidade Iguazu - UNIG.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Antonio Neres Norberg

Graduado em Medicina pela Fundação Educacional Serra dos Órgãos. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Mestre em Patologia Clínica pela UFRRJ, doutorado em Parasitologia pela UFRRJ. É professor titular no curso de Medicina da FAMESC. Professor titular no Centro Universitário UNIABEU. Coordenador do curso de Medicina da Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC. Membro titular da Academia Brasileira de Medicina Militar.

Capítulo 31 – Modelo MAC – Mercado de Trabalho x Academia: modelo estratégico para a aproximação do ensino acadêmico às necessidades do mercado de trabalho e as exigências ambientais

Autores: Marco Antonio Vaz Capute; Hamilton Moss de Souza; Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Resumo: A frequente mudança que vem ocorrendo no mercado de trabalho e a crescente necessidade de adaptações dos projetos à realidade das restrições ambientais tem levado a comunidade acadêmica a pensar em uma forma constante e metodológica de se fazer ajustes nas matrizes curriculares dos diversos cursos das Instituições de Ensino Superior. O presente capítulo tem como finalidade propor um modelo que englobe o Mercado de Trabalho x Academia que através da sua aplicação promova a aproximação do ensino acadêmico às necessidades do mercado de trabalho, reforçando ainda o comprometimento desse ensino com a elaboração de projetos ambientalmente sustentáveis. Para aplicação e teste deste modelo, escolheu-se uma área de interesse, a de energia, e os cursos de engenharia para inserção e aplicação da proposta. O estudo foi realizado de forma qualitativa através de pesquisas sobre o conteúdo abordado em diversas matrizes curriculares de Instituições de Ensino Superior (IES), além de

entrevistas e discussões com diversas empresas de geração, distribuição, comercialização e gestão de energia. Através destas pesquisas constatou-se uma lacuna dos conteúdos específicos nas grades curriculares dos cursos consultados em relação a estes tópicos, evidenciando-se o afastamento acadêmico das reais necessidades do mercado. Diante deste fato e visando expandir a possibilidade de empregabilidade dos egressos dos cursos de Engenharia da Universidade de Vassouras, a partir do modelo desenvolvido apresentou-se uma proposta de criação de duas novas disciplinas na atual matriz curricular das engenharias da Universidade de Vassouras, sendo uma disciplina relacionada a Introdução à Eficiência Energética, direcionada a todas as engenharias, e outra relacionada ao Mercado e Comercialização de Energia Elétrica, direcionada especificamente ao curso de Engenharia Elétrica. Em paralelo ou em concomitância ao desenvolvimento do tema de comercialização de energia elétrica e diante do surgimento de um mercado futuro de energia que ganhará cada vez mais importância ao longo do tempo, propõe-se a criação de um curso de especialização e/ou pós-graduação em operações no Mercado Futuro de Energia.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia; Eficiência Energética; Engenharia e Ambiente; Metodologia de Ensino Superior; Mercado de Energia.

Introdução

De acordo com o relatório publicado pela *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2020) – Agência Internacional de Energia Renovável publicado em Junho intitulado: “*The post-covid recovery: an agenda for resilience, development and equality*”, o setor global de energias renováveis poderá alcançar a marca de 29,5 milhões de empregos no mundo até 2030, com políticas públicas de recuperação econômica e transição energética no pós-pandemia. O estudo destaca ainda que o mundo poderá chegar a 100 milhões de novos trabalhadores no setor de energia até 2050, incluindo até 42 milhões de empregos no segmento de renováveis, que atualmente conta com 11 milhões de empregos totais. A energia solar lidera as pesquisas, sendo a que mais cresce na matriz mundial e no Brasil, tendência que deverá continuar pelo menos até 2050.

No momento atual, mesmo com as dificuldades da quarentena, a energia solar fotovoltaica, seja concentrada, seja distribuída, seja

em ambiente rural ou urbano, tem apresentado um crescimento importante, tanto em vendas como em postos de trabalho de diferentes níveis. Espera-se, em médio e longo prazos, um aumento de tarifas de Energia Elétrica (EE) convencional, o que torna a energia fotovoltaica cada vez mais atrativa. Apesar da queda de vendas no primeiro mês da quarentena (30 a 50%), já houve recuperação e lembramos que, mesmo durante a crise, entre 2015 e 2016 solar fotovoltaica cresceu 300%. É uma fonte de energia que tem um enorme potencial de geração de empregos, estimado entre 25 a 30 empregos por MW instalado. Fontes renováveis estão intrinsecamente ligadas à questão da Eficiência Energética. Fontes renováveis somam-se à eficiência energética para complementar a resposta da engenharia às crescentes demandas de compatibilização entre desenvolvimento e preservação do meio-ambiente.

Diante destes fatos, observa-se que o mercado contará com uma forte exigência na qualidade de capacitação profissionais, o que exige várias iniciativas, como, por exemplo, a proposta do presente trabalho.

Para os autores Santos & Das Neves Conti (2017), é importante ressaltar o importante papel das instituições tradicionais de formação profissional, sobre as quais recai a maior

responsabilidade das iniciativas. São elas as protagonistas nas ofertas e atendimentos destas novas demandas para o mercado. A introdução massiva de uma nova tecnologia ou adaptação importante de uma tecnologia já existente requer confiabilidade e sólida formação dos diversos profissionais responsáveis por sua implementação.

No caso apresentado neste capítulo, focado na área de interesse energia e os cursos de engenharia, observou-se a escassez, a partir de pesquisas realizadas em diferentes Instituições de Ensino Superior (IES), no âmbito das ementas relacionadas às questões ambientais, da abordagem do tema eficiência energética e mercado de energia na graduação. Entende-se com base em diversas avaliações de mercado e grades curriculares que esta abordagem deve ser desenvolvida em uma base ampla a ser aplicada em projetos como instalações prediais, comerciais e hospitalares.

Diante do exposto, neste capítulo o leitor encontrará um conjunto de questionamentos e análises sobre o perfil e os rumos dos egressos dos cursos de Engenharia no país, com destaque a área do setor energético e seus impactos sobre o sistema de graduação e pós-graduação, considerando as demandas, os gaps, com uma proposta de um modelo que promova a aproximação do ensino

acadêmico às necessidades do mercado de trabalho destacando-se o comprometimento desse ensino com a elaboração de projetos ambientalmente sustentáveis.

Referencial Teórico

Quintino & Gomes (2013) ressaltam em seu trabalho o questionamento: “O que as instituições de ensino, os educadores, empregadores e demais interessados têm realizado a respeito da renovação de uma nova força de trabalho da Engenharia?” Segundo os autores, a resposta para esta questão pode determinar não somente se os estudantes egressos terão ou não empregabilidade, mas também definir os rumos da educação em engenharia e das instituições de ensino.

Para os autores, as escolas de engenharia, em sua maioria, ou não se adaptaram ou estão se adaptando muito lentamente às novas exigências na legislação e continuam formando profissionais com base em currículos cuja organização dificulta a integração entre as diversas disciplinas.

De acordo com Silva & Cecílio (2007), essa velocidade de mudança leva-se a reflexão e ao pensamento se as Universidades deveriam reformular-se em toda a sua estrutura acadêmica para a formação em Engenharia, instituindo-se o Engenheiro Geral. Este

Engenheiro poderia exercer as funções básicas autorizadas por um Conselho de Engenharia Geral (Unificação dos Conselhos) atuando em diversos campos cobertos por essa formação geral, realizando a posteriori cursos de extensão para especialização nos diversos ramos da Engenharia, adaptando-se de forma rápida, às necessidades do mercado. A profundidade e as implicações desta proposta exigem uma reflexão em múltiplas dimensões que escapam do escopo deste texto. Vamos centrar nossa discussão na introdução de mudanças específicas na grade curricular no que diz respeito a eficiência energética e mercado de energia, temas, como já exposto, identificados como prioritários em nossa pesquisa de mercado e tendências tecnológicas.

Pinto *et al.* (2001) ressaltam em seu trabalho a necessidade de incorporar temas referentes à eficiência energética nos currículos dos cursos de graduação justificando-se isto pela sua importância no mercado de trabalho, com a criação de uma cultura de combate ao desperdício energético e a necessidade de formação de profissionais integrados no contexto socioeconômico com papel de multiplicadores.

Ressalta-se que as orientações do Ministério da Educação, com relação às questões ambientais, é que estas devem ser abordadas em transversalidade com todas as áreas de ensino e assim o

modelo proposto neste trabalho (Modelo MAC - Modelo Mercado de Trabalho x Modelo Academia) também se enquadra ao atendimento desta orientação. A aplicação desse modelo terá como produto final cursos superiores e de Pós-graduação com grades curriculares atualizadas e que atendam às necessidades do mercado de trabalho (BRASIL, 1997).

O Ministério da Educação (MEC) apresentou, em abril deste ano, frente à Pandemia da COVID-19, reflexões que já permeavam as demandas da formação de Engenheiros com a apresentação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do curso de Engenharia evidenciando percepções de que se deva modificar o papel das universidades nesse processo formativo. Segundo o parecer da comissão do Conselho Nacional de Educação (CNE), a revisão do texto busca “atender às demandas futuras por mais e melhores engenheiros”, conforme destacado no texto que coincide com a expectativa de parte da comunidade acadêmica, das empresas empregadoras de mão de obra qualificada e dos setores que representam a atuação profissional da área, com a necessidade de atualizar a formação em Engenharia no país. Conforme citado pelos autores desta DCN, o capital humano é um dos fatores críticos para o desenvolvimento econômico e social, sendo responsável em grande parte pelas diferenças de produtividade e

competitividade entre os países. E diante deste fato é fundamental buscar a melhoria constante da formação e qualificação dos recursos humanos disponíveis.

Com relação aos impactos sociais e tomando como base as análises do setor destacado nas DCNs, é possível observar diante do cenário nacional que o setor produtivo encontra dificuldades para recrutar trabalhadores qualificados para atuar na fronteira do conhecimento das engenharias, que, para além da técnica, exige que seus profissionais tenham domínio de habilidades como liderança, trabalho em grupo, planejamento, gestão estratégica e aprendizado de forma autônoma, competências conhecidas como *soft skills*. Em outras palavras, demanda-se crescentemente dos profissionais uma formação técnica sólida, combinada com uma formação mais humanística e empreendedora.

O desafio que atualmente se encontra o ensino de engenharia no Brasil é um cenário que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia exigindo profissionais altamente qualificados. O próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando, com a presença cada vez maior de componentes associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas, interpretar de maneira dinâmica a realidade.

Com vista aos desafios que se apresentam diante da proposta de reformulação dos cursos de Engenharia, é crucial a formação de um engenheiro com habilidade técnica em aliar interesses econômicos aos mecanismos socioambientais. Além de possibilitar aos profissionais já formados, através da pós-graduação, uma especialização em função das necessidades emergentes desse mercado (SILVA & CECÍLIO, 2007).

Desta forma, a melhor compreensão desses temas resultará em um aumento na empregabilidade para os egressos dos cursos de engenharia. Sendo possível, mediante a inserção de disciplinas e/ou adaptação das ementas curriculares, aproximar definitivamente os cursos de engenharia ao mercado de trabalho.

Metodologia

Universidade de Vassouras - Local de Estudo

A Universidade de Vassouras está localizada na cidade de Vassouras e tem como área de abrangência de suas atividades a região centro-sul do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2020). A cidade faz parte da região Centro-Sul Fluminense, que é formada pelos municípios de Areal, Comendador Levy Gasparian, Engenheiro Paulo de Frontin, Mendes, Miguel Pereira, Paracambi, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Sapucaia, Três Rios, além de

Vassouras, sendo esta última o principal polo educacional de Ensino Superior da Região, em função da Universidade de Vassouras. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) a cidade possui população estimada em 2020 de 37.083 pessoas.

Conforme o Plano de Desenvolvimento Institucional da Universidade de Vassouras (2016-2020), a Universidade surgiu na segunda metade da década de 1960, a partir da criação em 27 de julho de 1966 da Fundação Universitária Sul Fluminense (FUSF). Em 25 de março de 1975, cumprindo exigência do Conselho Federal de Educação, teve seu nome alterado para Fundação Educacional Severino Sombra (FUSVE). A partir de 03 de julho de 1997, as Faculdades Integradas Severino Sombra são transformadas na Universidade Severino Sombra (D.O. de 04/07/97). No final da década de 1970, visando ampliar seus Cursos, a Fundação Universitária Severino Sombra implantou a Escola de Engenharia Mecânica e Elétrica (Decreto n. 89.653, de 14 de maio de 1984, publicado no D.O. de 15 de abril de 1984).

Conforme destacado no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), o curso de Engenharia Elétrica é um dos mais antigos cursos da região formando mais de 50 turmas, distribuindo Engenheiros Eletricistas nos mais variados segmentos da economia,

contribuindo com as questões sociais, econômicas e ambientais da região Centro-Sul Fluminense desde 1984 (UNIVERSIDADE DE VASSOURAS, 2020).

A Universidade possui importância histórica no desenvolvimento econômico, social e cultural do município de Vassouras e de seu entorno, que constitui a divisão administrativa do Estado do Rio de Janeiro denominada de Centro Sul Fluminense. Além da missão de promover a formação integral do ser humano e sua capacitação ao exercício profissional, a Universidade compromete-se com o desenvolvimento científico do país, com uma educação superior que valoriza e incorpora as inovações tecnológicas, educacionais, em uma perspectiva multicultural e globalizante.

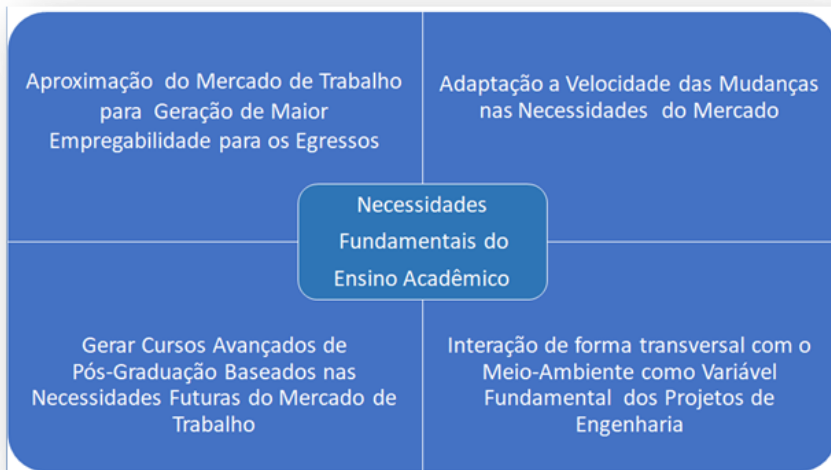
Destaca-se que a região Sul Fluminense possui uma diversidade de indústrias, baseadas nos setores da: metalurgia, siderurgia, química, automobilístico, hidroelétrica, fábricas de bebidas, entre outros (UNIVERSIDADE DE VASSOURAS, 2020).

Desenvolvimento do Modelo

Para o exercício da prática profissional avançada nos diferentes segmentos do setor energético e ambiental, o desenvolvimento e aplicação do modelo proposto neste capítulo consistiram em

desenvolver um método que apresentasse praticidade a ser adotado na Instituição para a solução de quatro problemas fundamentais no ensino acadêmico, destacados na Figura 1.

Figura 1: Resumo das necessidades fundamentais do ensino acadêmico para aplicação do modelo.



Fonte: Marco Antonio Vaz Capute.

Diante deste contexto, avaliou-se que a melhor forma de encarar tais requisitos, seria por meio de (1) análise das grades curriculares dos cursos de engenharia sob a ótica do entendimento das necessidades atuais e futuras do mercado de trabalho; (2) interações com as Companhias do setor (“players” do mercado) e (3) avaliação do estado da arte das tecnologias disponíveis para o

desenvolvimento e/ou adaptações de disciplinas com novas ementas para compor uma moderna matriz curricular das engenharias bem próximas do mercado de trabalho atual e futuro.

Levando-se em conta o que foi exposto até aqui, foi elaborado um modelo de quatro etapas que pode ser aplicado em qualquer grade curricular, para, por meio de modificações nas ementas e introdução de novas disciplinas, atualizar grades curriculares, aproximando-as das necessidades do mercado de trabalho. Cabe observar que, ao longo do tempo, a energia elétrica no mercado brasileiro ganhará cada vez mais as características de uma “*commoditie*” e será negociada em bolsa de valores (BMF), como acontece nos mercados mais desenvolvidos do planeta (FERNANDES *et al.*, 2010). Entender como o produto de seu trabalho será comercializado faz parte da essência da formação de engenheiros, pois a comercialização influencia nos requisitos da produção do bem ou serviço.

Para execução do presente trabalho, desenvolveu-se a metodologia direcionada ao mercado de energia e a eficiência energética, através do sequenciamento de etapas e pelo seu detalhamento, apresentados na Figura 2 e Tabela 1.

Figura 2: Modelo Mercado x Academia. Sequenciamento das Etapas.



Fonte: Marco Antonio Vaz Capute.

Tabela 1- Descrição das etapas de criação de disciplina.

ETAPA	DESCRIÇÃO	DETALHAMENTO
I	<p>Pesquisa de atividades para definição dos temas de interesse.</p> <p>Pesquisa de Mercado a partir de entrevistas qualitativa/quantitativa com “players” da área do Mercado de interesse.</p>	<p>Foram realizados vídeo e áudio conferências com membros de cias atuantes na área de energia, para análise as atividades executadas pelos profissionais, principalmente júniores. Executou-se entrevistas com gerentes comerciais e de operações, identificando as necessidades de conhecimento exigidas para atuação mercado. Montou-se um resumo qualitativo/quantitativo para indicação de disciplinas e ementas para ensino e confirmaram-se as entrevistas.</p>
II	<p>Coleta e análise de disciplinas e ementas de diversas IES</p>	<p>Pesquisa nas grades curriculares para análise das disciplinas e suas respectivas</p>

		ementas das diversas IES das principais regiões do seu entorno, para se entender melhor o “ <i>state of art</i> ” de cada IES, relacionadas aos temas de interesse.
III	Coleta e análise da literatura sobre os temas, notas técnicas e editais e notas nos mercados de interesse bem como trabalhos acadêmicos sobre os temas escolhidos.	Coletas de informações de publicações de notas técnicas e editais sobre o tema, bem como, foi feita uma análise da literatura e publicações sobre os temas.
IV	Elaboração de disciplinas e suas ementas, baseadas nos dados das etapas anteriores. Validá-las de acordo com as diretrizes curriculares do Ministério da Educação (MEC).	Elaborar disciplinas e ementas baseadas nos levantamentos de dados, debater nos Conselhos internos as modificações e eliminações de conteúdos ultrapassados. Disciplinas devem ser validadas considerando das diretrizes do MEC

Fonte: Marco Antonio Vaz Capute.

Após revisão das disciplinas e respectivas ementas dos cursos de Engenharia, em especial, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Vassouras, verificou-se a ausência dos temas mencionados (eficiência energética e comercialização de energia)

nas grades curriculares dos cursos, tanto nas ementas quanto no Projeto Pedagógico dos Cursos (PPC). Foram realizadas também pesquisas em sites das principais Universidades do Rio de Janeiro e observou-se que algumas IES deram início à incorporação de temas relacionados com a conservação de energia e o uso eficiente de energia em suas grades curriculares, mas tais conteúdos visaram criar uma cultura de uso racional dos recursos energéticos com ações educativas, no sentido de mudar a cultura do desperdício e não uma abordagem técnica aprofundada do tema.

Pinto (2008) relata que algumas Instituições de Ensino Superior deram início à incorporação de temas relacionados com a conservação de energia e o uso eficiente de energia em suas grades curriculares, através de cursos de extensão ou de pós-graduação. Tal informação pode ser corroborada com as pesquisas mais aprofundadas realizadas no presente trabalho, verificando-se que algumas IES, apresentam de fato o conteúdo sobre a eficiência energética em cursos de Pós-graduação ou Extensão, aplicada ainda quase que exclusivamente a instalações industriais. Dentre estas instituições citam-se os seguintes cursos:

- Programa de Planejamento Energético (COPPE - UFRJ) pioneiro no Brasil, e na América Latina, em temas como Eficiência Energética.

- *Master in Business Administration* (MBA) em Gestão de Energia e Eficiência Energética do Laboratório de Engenharia, Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC) da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense.
- MBA em Energia - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).
- Curso de Extensão: Gestão de Energia e Eficiência Energética da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

A mesma problemática foi citada por Gomes (2008) sobre a ausência na graduação da introdução da eficiência energética, desenvolvido numa concepção ampla apoiada em seus conceitos básicos, como elemento dos mais importantes nos projetos das diversas áreas da engenharia (GOMES, 2008).

Essa ausência de conteúdo é encontrada também para a disciplina contendo informações básicas sobre Mercado e Comercialização de Energia Elétrica.

Considerando o conteúdo escolhido para aplicação do Modelo MAC, na área de Engenharia, avaliou-se o preparo dos alunos egressos de cursos de graduação de uma forma geral, e em particular os temas de eficiência energética e o mercado de energia e sua evolução. A pesquisa (entrevista) foi realizada no intuito de

coletar dados qualitativo-quantitativos com gestores das seguintes empresas: Amperia Energia, Monex Energia, América Energia, Minerva Energia, CPFL Energia, Brookfield Energia, ECOM Energia, Engie, Neo Energia, Celer Energia, Mega Donty.

Para Cortes (1998), entrevista é um modo de adquirir informação discursiva não documental e utiliza, como elemento auxiliar, o questionário, o qual pode ser aplicado pessoalmente ou por meio de formulários enviados pelo correio. Devido ao momento de isolamento por conta da pandemia, as entrevistas foram realizadas de forma virtual através de uma conversa com iniciativa dos autores deste trabalho, e teve como objetivo obter informações a respeito dos problemas apresentados.

As entrevistas podem ser classificadas em três tipos: sondagem de opinião, entrevista semiestruturada e entrevista focalizada ou aberta. Na sondagem de opinião utiliza-se o questionário estruturado, onde são apresentadas perguntas com respostas prefixadas, diretas ao entrevistado. Na entrevista semiestruturada existe um roteiro com questões não previamente codificadas, de forma que o entrevistado pode falar sobre um tema proposto ou pergunta formulada, de modo livre, embora possa apresentar algumas indagações com respostas previamente codificadas (CORTES, 1998).

Na entrevista focalizada ou aberta não há roteiro pré-estabelecido. O entrevistador centra a conversa no aprofundamento de certo(s) temas(s) e o respondente pode discorrer livremente sobre ele(s). O entrevistador pode mencionar o(s) tema(s) diretamente, conduzir sutilmente o entrevistado em direção a ele(s) ou pode evocá-lo(s) através de técnicas visuais, tais como quadros, pinturas ou fotos (CORTES, 1998). No presente trabalho a entrevista foi considerada semiestruturada.

Objetivando-se alcançar os dados com a fidelidade necessária, foram selecionados onze gestores com experiência no Mercado de Energia e que possuíam autonomia para a admissão de candidatos recém-formados. Todas as participações foram voluntárias e com consentimento.

A pesquisa efetuada, de caráter qualitativo, foi caracterizada do tipo sem risco, por ser um estudo em que não se realiza nenhuma intervenção ou modificação intencional nas variáveis fisiológicas ou psicológicas dos indivíduos. Considera-se que a produção desse conhecimento se dê a partir da descrição detalhada da experiência dos entrevistados, prevalecendo os benefícios e não apresentando riscos aos participantes, além de não haver custos financeiros pela participação (DA SILVA *et al.*, 2017).

A seguir são apresentadas as perguntas e um resumo com as principais respostas obtidas nas entrevistas via aplicativo *Zoom*. Optou-se por anotar os pontos mais relevantes com o objetivo do trabalho. O trabalho não teve a pretensão de julgar as respostas e as opiniões registradas serviram de embasamento para o desenvolvimento da proposta deste trabalho, sendo transcritas as ideias gerais reproduzidas pelos entrevistados.

1) *Tendo em vista as atuais exigências ambientais e ainda o uso correto e econômico da energia, como você classificaria o ensino do tema eficiência energética nas Instituições de Ensino superior?*

Para os entrevistados, o assunto é incipiente e na maioria das vezes desconhecido e qualquer projeto deve ser considerado eficiente do ponto de vista energético para sua implementação. “Sendo assim, seria fundamental que fosse abordado no ensino superior as bases da eficiência energética”.

2) *Como deveriam ser ensinados esses princípios de eficiência energética?*

Para a maioria dos entrevistados tais princípios deveriam ser ensinados em todos os cursos de graduação em engenharia, abordando temas como iluminação, refrigeração e economia do uso energia, sistemas simples envolvendo instalações de uso doméstico e comercial pelo menos.

3) *Como você avalia o conhecimento sobre o Mercado de Energia dos candidatos recém-formados a uma vaga em sua empresa?*

Para a maioria, acredita-se que o tema Mercado de Energia, até por conta de sua complexidade, é pouco estudado nas instituições de ensino. Quem não trabalha diretamente com energia, raramente tem um conhecimento sobre o funcionamento do mercado e até mesmo os profissionais que atuam em empresas de energia não adquirem profundamente o conhecimento teórico necessário sobre o assunto, inclusive o de comercialização, que ainda é mais complexo.

4) *Você optaria por candidatos recém-formados com conhecimento sobre o Mercado de Energia adquiridos na Universidade ou preferiria ensiná-los em sua própria empresa?*

Para todos, sem dúvidas optariam por candidatos com conhecimento prévio, pois uma capacitação nas empresas sobre este tema demandaria de 6 meses a 1 ano com uma estrutura educacional que muitas não possuem. Segundo o gestor da CCEE comumente é disponibilizado o conteúdo da CCEE para que possam aprender sozinhos.

5) Você acredita que esse candidato com conhecimento prévio tem mais chances de prosperar na sua empresa?

Os entrevistados entendem que sim e que com as bases do conhecimento sobre o Mercado de Energia fomentado fica mais fácil para o colaborador aprender as complexidades dos processos sendo menos susceptíveis a erros comuns. Tal ação implicaria em menores gastos em investimentos no preparo e treinamento destes funcionários.

6) Como você avalia o preparo Instituições de Ensino dos seus alunos para o Mercado de Trabalho?

Os entrevistados entendem que está longe do esperado. Egressos de instituições de ensino normalmente exigem um preparo para o Mercado de Trabalho mesmo para o uso dos

conceitos básicos apreendidos nas IES. Foi destacado que com a velocidade com que ocorrem as tecnologias e com o surgimento de novas e promissoras áreas de trabalho essa lacuna aumentou consideravelmente. Foi destacado um distanciamento entre o que é ensinado atualmente nas universidades e o que se precisa efetivamente para o desenvolvimento de novas funções. Para alguns o ensino superior no Brasil está em um descompasso grande com as necessidades do mercado e é de extrema importância buscar soluções para reduzir essa necessidade.

7) Em quais cursos de engenharias, vocês sugerem a inserção na grade curricular de graduação a disciplina de Eficiência Energética, para aumentar a chance de empregabilidade?

85% dos entrevistados responderam que a inserção da disciplina é válida em todas as engenharias, 10% responderam que a inserção é válida nos cursos de engenharia elétrica, engenharia química e engenharia civil e 5% dos entrevistados responderam que é válida a inserção apenas nos cursos de engenharia elétrica e engenharia civil.

8) *Quais seriam as disciplinas que deveriam compor a grade curricular para o ensino de Eficiência Energética na engenharia escolhida, para aumentar a chance de empregabilidade?*

Foram citados por mais de 50% dos entrevistados os seguintes temas: energia e o meio ambiente, energias alternativas, planejamento energético, programas de conservação de energia o papel do PROCEL e do CONPET, certificação de emissões evitadas, diagnóstico energético em instalações com fins residenciais, comerciais, hospitalares e industriais não intensivas, tarifação da energia elétrica, análise da demanda de pico no suprimento de energia, regras para fornecimento nos três níveis de tensão, iluminação artificial de ambientes, edifícios inteligentes, climatização de ambientes.

9) *Em quais tipos de engenharias, vocês sugerem a inserção na grade curricular da graduação a disciplina de Mercado e Comercialização de Energia Elétrica, para aumentar a chance de empregabilidade?*

90% dos entrevistados responderam que somente em Engenharia Elétrica, 10% dos entrevistados disseram pelo menos nas engenharias elétrica e civil.

10) Quais seriam as disciplinas que deveriam compor a grade curricular para o ensino de Mercado e Comercialização na Engenharia Elétrica na engenharia escolhida, para aumentar a chance de empregabilidade?

Foram citados por mais de 50% dos entrevistados os seguintes temas: Fundamentos do mercado livre e cativo de energia. Distribuidoras de energia. Introdução ao Mercado Cativo. Consumidores do Mercado Cativo. Conceitos básicos sobre um leilão de energia regulado pelo governo. Contratos resultantes de leilões. Entendimento de uma fatura de energia elétrica mensal do mercado cativo. Introdução ao mercado livre de energia. Condições comerciais do Mercado Livre de Energia. Tipos de energia do Mercado Livre. Competitividade dos preços no Mercado Livre de Energia. Fornecedores de energia no Mercado Livre. Introdução à comercialização de energia no mercado livre. Os agentes do mercado, *brokers* (profissional atuante na mesa de operações dentro da corretora), *traders*

(profissional cujo objetivo é obter lucro realizando operações de curto prazo) e geradores. Contratos no mercado livre de energia. Comparativo de custos e riscos entre Mercado Livre x Mercado Cativo. Regulamentações e condições para Adesão ao Mercado Livre de Energia. Entendimento sobre a CCEE- Câmara de Comercialização de Energia elétrica. Agentes da CCEE. A definição do PLD Máximo. Energia incentivada. Geração Distribuída (Termelétricas, Cogeração, Central Geradora Hidráulica (CGH), Pequena Central Hidrelétrica (PCH), Geração Solar e Eólica).

11) Para desenvolver um curso de pós-graduação qual seria o tema mais provável que deveria ser desenvolvido para atuação futura no mercado de energia, para aumentar a chance de empregabilidade?

95% dos entrevistados responderam que seria de técnicas de mercado futuro de energia elétrica, 5% disseram não ter certeza.

12) Quais seriam as disciplinas que deveriam compor a grade curricular do tema escolhido por você para desenvolver

esse curso de pós-graduação, para aumentar a chance de empregabilidade?

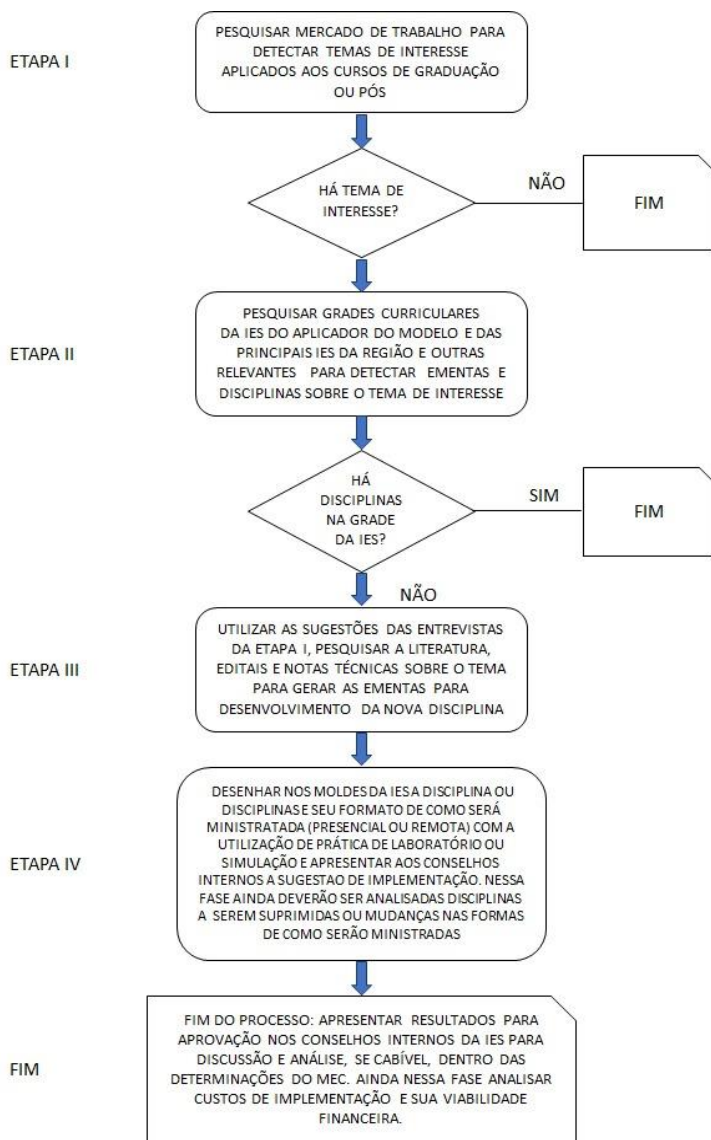
Foram citadas: Fundamentos do mercado livre e cativo de energia. Condições comerciais do Mercado Livre de Energia. Tipos de energia do Mercado Livre. Competitividade dos preços no Mercado Livre de Energia. Fornecedores de energia no Mercado Livre. Introdução à comercialização de energia no mercado livre. Os agentes do mercado, *brokers, traders* e geradores. Contratos no mercado livre de energia. Comparativo de custos e riscos entre Mercado Livre x Mercado Cativo. Regulamentações e condições para Adesão ao Mercado Livre de Energia. Entendimento sobre a Câmara de Comercialização de Energia elétrica (CCEE). Agentes da CCEE. A definição do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) máximo. Energia incentivada. Geração Distribuída (Termelétricas, Cogeração, CGHs, PCHs, Geração Solar e Eólica). Mercado Futuro de Energia elétrica. A energia como *commoditie*. A mecânica operacional dos mercados futuros. Estratégias de Hedge usando futuros. Determinação dos preços a termo e futuros. Mecânica operacional dos mercados de opções. Estratégia de Hedge (consiste em assumir uma posição comprada ou vendida em um

derivativo ou investimento, visando minimizar ou eliminar o risco de outros ativos como: *commodities*, moedas, ações etc.) usando opções (DE SOUZA *et al.*, 2012).

Após análises das entrevistas com os gestores de empresas do setor energético de geração, distribuição, comercialização e gestão de energia, foi possível identificar um distanciamento entre as necessidades do mercado de trabalho e as grades curriculares das engenharias em relação a esses tópicos. Como forma de preencher essa lacuna, são propostas duas ementas de disciplinas a serem propostas para inserção nas matrizes curriculares das engenharias: I - Introdução à Eficiência Energética (todas as engenharias) e II- Mercado e Comercialização de Energia Elétrica (Engenharia Elétrica).

A Figura 3 apresenta o diagrama de processo utilizado para aplicação do modelo.

Figura 3- Diagrama de processo para a aplicação do modelo MAC.



Fonte: Marco Antonio Vaz Capute.

Destaca-se que as disciplinas, e suas respectivas ementas, a serem apresentadas foram baseadas em literaturas existentes sobre os temas, sugestões dos *players* do mercado de energia, editais, notas técnicas, leilões de energia da ANEEL, experiências do autor no mercado de energia no Brasil e ainda análise do mercado de comercialização de energia em grandes centros como EUA e Europa.

Proposta de Disciplina para curso Graduação/Engenharia:

INTRODUÇÃO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

OBJETIVO:

Fornecer aos alunos conhecimentos sobre como identificar as possibilidades de tornar os projetos e sistemas mais eficientes energeticamente e como definir parâmetros de acompanhamento dos projetos tornados eficientes. Análise de projetos simples de eficiência energética para residências, hotéis, hospitais e estabelecimentos comerciais.

EMENTA:

Energia e meio ambiente, energias alternativas, planejamento energético, programas de conservação de energia o papel do PROCEL e do CONPET, certificação de emissões evitadas, diagnóstico energético em instalações com fins residenciais, comerciais, hospitalares e industriais não intensivas, tarifação da energia elétrica, análise da demanda de pico no suprimento de energia, regras para fornecimento nos três níveis de tensão, iluminação artificial de ambientes, edifícios inteligentes, climatização de ambientes.

Proposta de Disciplina para curso Graduação/Engenharia:

MERCADO E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA

OBJETIVO:

Fornecer aos alunos de conhecimentos sobre o funcionamento do mercado de energia elétrica no Brasil, familiarizando-o com as normas, valor da energia gerada, taxas, impostos e custos finais de energia elétrica para os diversos tipos de consumidores.

EMENTA:

Fundamentos do mercado livre e cativo de energia. Distribuidoras de energia. Introdução ao Mercado Cativo. Consumidores do Mercado Cativo. Conceitos básicos sobre um leilão de energia regulado pelo governo. Contratos resultantes de leilões. Entendimento de uma fatura de energia elétrica mensal do mercado cativo. Introdução ao mercado livre de energia. Condições comerciais do Mercado Livre de Energia. Tipos de energia do Mercado Livre. Competitividade dos preços no Mercado Livre de Energia. Fornecedores de energia no Mercado Livre. Introdução à comercialização de energia no mercado livre. Os agentes do mercado, brokers, traders e geradores. Contratos no mercado livre de energia. Comparativo de custos e riscos entre Mercado Livre x Mercado Cativo. Regulamentações e condições para Adesão ao Mercado Livre de Energia. Entendimento sobre a CCEE- Câmara de Comercialização de Energia elétrica. Agentes da CCEE. A definição do PLD Máximo. Energia incentivada. Geração Distribuída (Termoelétricas, Cogeração, CGHs, PCHs, Geração Solar e Eólica).

Proposta de Tema para curso de Pós-Graduação/Especialização:

OPERAÇÕES NO MERCADO FUTURO DE ENERGIA

OBJETIVO:

Fornecer os alunos conhecimentos sobre o funcionamento do mercado de energia elétrica no Brasil, familiarizando-o com as normas, valor da energia gerada, taxas, impostos e custos finais de energia elétrica para os diversos tipos de consumidores, bem como, capacitá-los a operar no mercado futuro de energia.

EMENTA:

Fundamentos do mercado livre e cativo de energia. Condições comerciais do Mercado Livre de Energia. Tipos de energia do Mercado Livre. Competitividade dos preços no Mercado Livre de Energia. Fornecedores de energia no Mercado Livre. Introdução à comercialização de energia no mercado livre. Os agentes do mercado, *brokers*, *traders* e geradores. Contratos no mercado livre de energia. Comparativo de custos e riscos entre Mercado Livre x Mercado Cativo. Regulamentações e condições para Adesão ao

Mercado Livre de Energia. Entendimento sobre a CCEE- Câmara de Comercialização de Energia elétrica. Agentes da CCEE. A definição do PLD Máximo. Energia incentivada. Geração Distribuída (Termelétricas, Cogeração, CGHs, PCHs, Geração Solar e Eólica). Mercado Futuro de Energia elétrica. A energia como *commoditie*. A mecânica operacional dos mercados futuros. Estratégias de Hedge usando futuros. Determinação dos preços a termo e futuros. Mecânica operacional dos mercados de opções. Estratégia de Hedge usando opções.

Conclusão

As frequentes mudanças que vem ocorrendo no mercado de trabalho, fruto principalmente da velocidade das transformações tecnológicas, das possibilidades que se abrem pela disseminação massiva do uso da internet com seus múltiplos meios de intercâmbio de informação, e a crescente necessidade de adaptações dos projetos à realidade das restrições ambientais, tem levado a comunidade acadêmica a pensar em uma metodologia contínua e organizada de se fazer ajustes na matriz curricular dos diversos cursos das Instituições de Ensino, de maneira a acompanhar estas transformações, evitando a obsolescência de seus cursos.

O estudo que foi aqui apresentado, tem por finalidade a proposição de um modelo que promova a aproximação do ensino acadêmico às necessidades do mercado de trabalho, reforçando ainda o comprometimento desse ensino com a elaboração de projetos ambientalmente sustentáveis. O modelo proposto, apresentado como uma metodologia de atualização de grades curriculares e ementas foram aplicadas para a introdução de disciplinas relacionadas à: (1) eficiência energética, incluindo questões relacionadas a impactos ambientais da produção de energia e novas fontes e (2) mercado de energia, cuja ementa contemplará, principalmente, a fundamentação teórica sobre mercado de energia, leilões de energia, comercialização da energia, precificação, tarifação, tributação, modelagem de sistemas energéticos e acessos à rede.

Para a escolha destas disciplinas fez-se necessário aplicar mecanismos de identificação das transformações e tendências de transformação do mercado (entrevistas, participação em eventos, promoção de mesas redondas com profissionais, pesquisas setoriais, acompanhamento de estudos, contratação de profissionais do mercado para atuar como professores, projetos de pesquisa em conjunto com empresas voltados para o atendimento de suas necessidades reais etc.) e adaptação dos currículos de

forma ágil para aplicar de forma eficiente as informações colhidas no acompanhamento dos mercados. A forma de apresentação e exercício dos conteúdos deve ser atrativa e motivadora, aplicada por professores selecionados e capacitados para garantir que os conteúdos sejam absorvidos de forma adequada e que os estudantes possam ver sua aplicação em situações reais.

Espera-se que esta metodologia possa ser aplicada, com as devidas adaptações, para outros cursos da IES além das engenharias.

Referências

CCE PUC RIO. **Gestão de Energia e Eficiência Energética**. Disponível em: <http://www.cce.puc-rio.br/sitecce/website/website.dll/folder?nCurso=gestao-de-energia-e-eficiencia-energetica&nInst=cce>. Acesso em: 18 out. 2020.

CCE PUC RIO. **MBE Energia**. Disponível em: <http://www.cce.puc-rio.br/sitecce/website/website.dll/folder?nCurso=mbe-energia&nInst=ccpg>. Acesso em: 25 out. 2020.

CORTES, Soraya M. Vargas. Pesquisa Social Empírica: Métodos e Técnicas. **Cadernos de Sociologia UFRGS/PPGS**, v. 9, p. 200, 1998.

DA SILVA, Anielson Barbosa *et al.* **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais**. Saraiva Educação SA, 2017.

DE SOUZA, Waldemar Antonio da Rocha; MARTINES-FILHO, João Gomes; MARQUES, Pedro Valentim. Análise de estratégias de hedge simultâneo para a produção de soja no Centro-Oeste. **Revista de Economia**, v. 38, n. 2, 2012.

GOMES, Francisco José; PINTO, Danilo Pereira. Laboratórios Integrados para Controle de Processos e Análise da Eficiência Energética de Sistemas Industriais. In: **Proceedings of the XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, 2008.

IBGE. **Cidades**, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/vassouras/panorama>. Acesso em: 13 out. 2020.

IRENA. The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality. **International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi**. ISBN 978-92-9260-245-1, 2020.

LATEC. **Pós-graduação Lato Sensu (MBA e Especialização) LATEC/UFF**. Disponível em: <http://www.latec.uff.br/mba/?q=course/mba-dga-%C3%AAnfase-gest%C3%A3o-de-energia-e-efici%C3%AAncia-energ%C3%A9tica>. Acesso em: 12 out. 2020.

PINTO, Danilo Pereira; OLIVEIRA, E. J.; BRAGA, Henrique Antônio Carvalho. A disciplina de eficiência energética do curso de Engenharia Elétrica da UFJF. In: **COBENGE-Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, XXIX. Anais**, 2001.

PINTO, Danilo Pereira; BRAGA, Henrique AC; DA SILVA JÚNIOR, Janízaro P. A Disciplina Eficiência Energética: Características e Metodologia de Ensino-Aprendizagem. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 26, n. 1, 2008.

SANTOS, Edson Pereira; DAS NEVES CONTI, Thadeu. Mercado profissional para a área de energia e eficiência energética no Brasil. **Revista Internacional de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 142-178, 2017.

SILVA, Leandro Palis; CECÍLIO, Sálua. A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia. **Educação em revista**, n. 45, p. 61-80, 2007.

UNIVERSIDADE DE VASSOURAS. **Plano de Desenvolvimento Institucional**, 2016-2020. Disponível em: [https://www.universidadedevassouras.edu.br/arquivos/instituic ao/PDI_USS_2016_a_2020.pdf](https://www.universidadedevassouras.edu.br/arquivos/instituic%20ao/PDI_USS_2016_a_2020.pdf). Acesso em: 27 out. 2020.

UNIVERSIDADE DE VASSOURAS. **Projeto Pedagógico de Curso (PPC)**, 2020. Disponível em: https://www.universidadedevassouras.edu.br/arquivos/graduacao/engenhariaeletrica/2018/PPC_Eng_Eletrica_2018_Vassouras.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

Sobre os autores

Marco Antonio Vaz Capute

Graduado em Engenharia Elétrica pela UERJ. MBA executivo - COPPEAD- UFRJ, POST - MBA SAÚDE COPPEAD UFRJ. Possui Marketing Estratégico pela Harvard Business School - Boston EUA. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Presidente da Fundação Educacional Severino Sombra até e presente data investindo no mercado de energia, na área de gestão e comércio de energia e geração distribuída de fontes alternativas. Universidade de Vassouras. Hospital Universitário de Vassouras.

Hamilton Moss

Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1982) e Mestrado em Engenharia de Produção pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da UFRJ - COPPE (1988). Foi pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Coordenador do CRESESB - Centro de Referência em Energia Solar e Eólica, Diretor do Departamento de Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia. Vice Presidente corporativo de energia do Banco de desenvolvimento da América Latina, Caf, Pró-Reitor de Integração, Ciências Humanas Sociais Aplicadas e Relações Externas da Universidade de Vassouras.

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras. Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Capítulo 32 - Oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* sp. em fezes de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) do Parque Natural Municipal Chico Mendes, Rio De Janeiro, Brasil: potencial risco de transmissão zoonótica

Autores: Antonio Neres Norberg; Paulo Roberto Blanco Moreira Norberg; Paulo Cesar Ribeiro; Margareth Maria de Carvalho Queiroz; Nadir Francisca Sant'Anna; Bianca Magnelli Mangiavacchi

Resumo: Capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) são os maiores roedores do mundo. Estes animais organizam-se em grupos e habitam áreas próximas aos rios, brejos e lagoas e podem viver próximos a áreas habitadas por humanos e animais domésticos. Capivaras possuem um importante papel na transmissão de agentes etiológicos de zoonoses, como *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. Esta pesquisa teve como objetivo investigar a presença de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. em fezes de capivaras recolhidas no Parque Natural Municipal Chico Mendes, localizado no município do Rio de Janeiro, Brasil, avaliando os possíveis riscos zoonóticos das enfermidades causadas por estes agentes parasitários. Foram coletadas 30 amostras de fezes frescas de capivaras em diferentes locais do Parque. As amostras foram submetidas às técnicas de

sedimentação espontânea e Ritchie, coradas pela técnica de Ziehl-Neelsen e observadas em microscopia de luz com aumento de 100X para a pesquisa de oocistos. A pesquisa de cistos de *Giardia* spp. foi realizada pela observação do sedimento em preparação entre lâmina e lamínula, em que foi adicionada uma gota de Lugol, observadas em microscopia de campo claro com a objetiva de 40X. Em todas as 30 amostras foram observados oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp., correspondendo a uma prevalência de 100% de infecção destes mamíferos para os protozoários investigados. Essa alta taxa de contaminação está provavelmente relacionada à contínua exposição desses animais à contaminação por esgoto sanitário não-tratado. A contaminação do solo do Parque Natural Municipal Chico Mendes com fezes de capivara, assim como a persistência destes animais como reservatórios de protozoários patogênicos, aponta para o risco de transmissão zoonótica de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. entre a fauna local e seres humanos que frequentam o parque.

Palavras-chave: *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., Capivara, Zoonose

Introdução

A necessidade de uma abordagem multidisciplinar que solucione os complexos problemas de saúde e meio ambiente jamais foi tão importante como na atualidade. O conceito de Saúde Única (*One Health*) propõe um enfoque que examine a interação entre populações humanas e animais e suas conexões com o meio ambiente de forma holística a fim de diagnosticar os problemas resultantes dessa influência mútua e buscar soluções para sanar desequilíbrios que afetem a saúde e o equilíbrio desses elementos (COLLIGNON & MCEWEN, 2019).

A pesquisa científica sob a ótica da Saúde Única em relação a agentes patogênicos é capaz de prover informações mais completas sobre aspectos epidemiológicos que possam servir de base para a prevenção de surtos de doenças, em especial as de caráter zoonótico. Os indícios de que agentes patogênicos como o vírus da COVID-19 possam ter surgido de desequilíbrios locais, com a possibilidade de origem zoonótica, expandindo rapidamente ao nível de pandemia impelem a comunidade científica a adotar a Saúde Única como método ideal para a detecção, prevenção e controle de zoonoses.

As condições de desequilíbrio ambiental verificadas no Parque Natural Municipal Chico Mendes, em que a contaminação ambiental originada da interferência antrópica e as consequências resultantes para o ambiente, os animais, e os reflexos para a própria saúde humana decorrentes são um exemplo de como o enfoque de Saúde Única podem ser importantes no diagnóstico de problemas locais cujos reflexos podem amplificar-se de forma descontrolada.

Capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) são roedores pertencentes à Família Caviidae e subfamília Hydrochoerinae. São os maiores roedores do mundo e sua área de ocorrência abrange a maior parte do continente sul-americano, exceto pelas zonas mais áridas (OLIVEIRA & BONVICINO, 2011). Capivaras organizam-se em grupos e habitam áreas próximas aos rios, brejos e lagoas. A população de capivaras tem aumentado na natureza e também em cativeiros autorizados em algumas regiões do Brasil (MOREIRA & MACDONALD, 1996). Esses animais podem viver próximos a áreas habitadas por humanos e animais domésticos, possuindo um importante papel na transmissão de agentes etiológicos de zoonoses. (CHIACCHIO *et al.*, 2014).

Cryptosporidium spp. é um gênero de protozoários pertencentes ao filo Apicomplexa, Classe Sporozoa, subclasse Coccidia, Ordem

Eucoccidiida, Subordem Eimerrina e Família Cryptosporidiidae (COURA, 2013; VERONESI & FOCACCIA, 2015). *Cryptosporidium* spp. é um protozoário que foi identificado, pela primeira vez, pelo pesquisador Ernest Tyzzer, parasitando o estômago de ratos (TYZZER, 1907). Esse mesmo pesquisador encontrou um parasito semelhante no ano de 1912, porém de tamanho menor, no intestino delgado do mesmo hospedeiro e chamou-o *Cryptosporidium parvum*. *Cryptosporidium* infecta células do aparelho respiratório e digestivo de seres humanos e animais, tanto imunocompetentes quanto imunocomprometidos, e pode ser transmitido entre humanos, entre animais e de forma zoonótica (COURA, 2013; VERONESI & FOCACCIA, 2015).

A água também é uma importante fonte de infecção pois *Cryptosporidium* sobrevive por longos períodos em ambientes úmidos sendo resistente à cloração e à ozonização (VERONESI & FOCACCIA, 2015; MEDEIROS *et al.*, 2019; PINTO *et al.*, 2020). Climas úmidos e quentes são favoráveis à sobrevivência de oocistos de *Cryptosporidium* spp. no ambiente (JAGAI *et al.*, 2009) São reconhecidas atualmente mais de vinte espécies para o gênero *Cryptosporidium* (Xiao, 2020).

Bamaiyi e Redhuan (2016) consideraram que o *Cryptosporidium* é um dos principais agentes etiológicos causadores de diarreia no

mundo e a doença ocorre em todas as classes de animais, incluindo seres humanos. Este protozoário se expande com rapidez entre hospedeiros e atinge com maior intensidade pessoas imunocomprometidas, especialmente indivíduos portadores de HIV. Pisarski (2019) avalia que, entre as cinco doenças parasitárias zoonóticas negligenciadas de maior impacto no mundo, a criptosporidiose ocupa a primeira colocação, e estima que um quarto das crianças com diarreia padece de infecção por *Cryptosporidium*, sem que se saiba com exatidão a real extensão e impacto da doença.

Criptosporidiose em mamíferos silvestres foi citada por vários pesquisadores, na maioria dos casos está relacionada à infecção por *Cryptosporidium parvum* ou também por genótipos bem semelhantes. Essa espécie de protozoário já foi diagnosticada em diversas espécies e ordens como: Arctiodactila, Perissodactila, Rodentia, Chiroptera, Didelphimorphia e Primatas (DUBEY *et al.*, 1990; SAMUEL *et al.* 2001; FAYER & XIAO, 2008; NG *et al.*, 2011).

Segundo Zahedi *et al.* (2015), *C. parvum* é frequentemente reportado como patógeno em uma ampla gama de animais selvagens, incluindo roedores, bovinos, camelídeos, equinos, canídeos, primatas não-humanos e mamíferos marinhos.

Cryptosporidium parvum é a espécie com maior potencial zoonótico que mais frequentemente infecta seres humanos.

Estudos recentes, baseados em dados genéticos, estruturais e bioquímicos, apontam para uma nova sistemática para o gênero *Giardia*. Este protozoário atualmente está incluído no Filo Metamonada, Classe Trepanonadea, Subclasse Diplozoa, Ordem Giardiida e Família Giardiidae (TAYLOR *et al.*, 2017; NEVES, 2016). *Giardia* causa surtos de diarreia de origem alimentar e hídrica em todo o mundo.

Atualmente, *Giardia* spp. está distribuída em oito grupos genotípicos distintos, de A até H, em que os grupos A e B são infecciosos para humanos. O potencial zoonótico de espécies de *Giardia* é consideravelmente elevado, Durigan *et al.* (2014), analisaram a diversidade genética de *Giardia duodenalis* em hospitais, clínicas veterinárias e fontes ambientais na cidade de São Paulo, Brasil, e indicaram que, além da endemicidade deste patógeno em todos os locais examinados, as análises moleculares apontaram que a maior parte destes microrganismos isolados possuíam marcadores genéticos indicadores de capacidade zoonótica. O esclarecimento dos mecanismos de transmissão de *Giardia* entre humanos e animais depende de avanços em pesquisas que desvendem como aspectos genéticos, estruturas

populacionais, segregação de hospedeiros e outros fatores influenciam na capacidade infecciosa interespecífica deste protozoário (RYAN & CACCIÒ, 2013).

A transmissão hídrica é de grande importância na epidemiologia de *Giardia* spp. e ainda constitui um dos grandes problemas de saúde pública no mundo (BURET *et al.*, 2020). As espécies do gênero *Giardia* representam uma das causas mais comuns de diarreias crônicas em humanos e animais. A transmissão para novos hospedeiros ocorre pela ingestão de cistos presentes na água ou alimentos contaminados com fezes de humanos ou animais infectados (TAYLOR *et al.*, 2017; NEVES, 2016; BURET *et al.*, 2020).

Cryptosporidium e *Giardia* foram considerados como patógenos de relevância mundial pela Organização Mundial da Saúde ao serem incluídos na Iniciativa para Doenças Negligenciadas (SAVIOLI *et al.*, 2006, EL-ALFY & NISHIKAWA, 2020). A Organização Mundial da Saúde também considera os gêneros *Cryptosporidium* e *Giardia* como patógenos de referência na avaliação da potabilidade da água: microrganismos que servem de marco para o desenho e implementação de medidas sanitárias e metas para o tratamento da água de consumo humano com qualidade aceitável.

Entre os protozoários, várias espécies podem ser transmitidas para humanos por meio da ingestão de água contaminada, tais como *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., *Entamoeba histolytica*, *Toxoplasma gondii*, *Balantidium coli*, *Cyclospora cayetanensis*, *Isospora belli* entre outros (MEDEMA *et al.*, 2011). Grande parte destes microrganismos infectam tanto humanos como animais, possuindo a água contaminada um importante papel na disseminação entre espécies. Este papel é particularmente notável no potencial de transmissão zoonótica de diversos agentes entre animais frequentadores de ambientes aquáticos, como a capivara, e as populações humanas. A contaminação de rios e lagoas com esgotamento sanitário carrega elementos patogênicos para o meio hídrico contaminando a fauna residente.

Criptosporidiose e giardiose de roedores podem se espalhar para humanos e animais domésticos em regiões rurais e urbanas através de roedores que mantêm o ciclo de transmissão em diferentes ambientes e que facilitam a dispersão da infecção, especialmente em regiões densamente povoadas (KAZEMI-MOGHADDAM *et al.*, 2018). Nesse sentido, animais infectados servem de reservatórios para agentes zoonóticos, mantendo localmente as fontes de contaminação do ambiente e da população

humana do entorno, completando os ciclos biológicos destes patógenos.

Deslocamentos de animais infectados para outras áreas expandem os focos de transmissão de agentes aos quais foram expostos, contaminando outros animais ou populações humanas. Atualmente existe uma escassez de estudos sobre o papel ecológico da capivara nos ciclos de transmissão de agentes patogênicos, em especial aqueles que envolvem a população humana.

Este capítulo teve como objetivo apresentar a investigação da presença de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. em fezes de capivaras recolhidas no Parque Natural Municipal Chico Mendes, localizado no município do Rio de Janeiro, Brasil, avaliando os possíveis riscos zoonóticos das enfermidades causadas por estes agentes parasitários.

Campo de Estudo

O Parque Natural Municipal Chico Mendes ocupa uma área de 40 hectares no centro do bairro do Recreio dos Bandeirantes, zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. A região do entorno é uma das zonas de maior crescimento urbano da cidade na última década e o parque encontra-se quase totalmente cercado por edifícios de

classe média de até três andares. A noroeste, o parque é margeado pela comunidade do Terreirão, um aglomerado subnormal com urbanização e infraestrutura precárias, sem tratamento do esgoto sanitário.

O solo do parque é arenoso e abriga uma diversificada fauna e flora de vegetação de restinga. Aproximadamente 12 hectares do parque são ocupados pela menor lagoa do município, conhecida por lagoa das Tachas. Esta lagoa, que é um dos grandes atrativos do parque, encontra-se bastante poluída por esgoto *in natura* despejado tanto pelas favelas quanto por alguns edifícios residenciais e empreendimentos comerciais ainda não ligados à rede local de esgotamento sanitário (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, 2014).

A hipereutrofização das águas da lagoa e do canal das Tachas pelo despejo de esgoto sanitário sem tratamento favorece a proliferação acelerada de plantas aquáticas, especialmente aguapés (*Eichhornia crassipes*), que servem de alimento para as capivaras. A lagoa das Tachas comunica-se com a lagoa de Marapendi através do canal das Tachas, formando um corredor ecológico que conecta-se à praia da Barra da Tijuca através do canal de Marapendi, que desagua no mar. Tanto a lagoa de Marapendi como a praia da Barra da Tijuca são utilizadas como espaços de

lazer em seus corpos d'água, com a prática de esportes aquáticos, pesca e banho recreativo.

Os numerosos grupos de capivaras percorrem livremente todas as áreas do parque, aproximando-se dos frequentadores, e dejetos destes animais podem ser encontrados com facilidade pelas trilhas dessa Unidade de Conservação.

Metodologia

A fim de obter amostras de diferentes indivíduos, optamos pela coleta de 30 amostras de fezes frescas de capivara em diferentes locais do Parque Natural Municipal Chico Mendes, localizado no bairro Recreio dos Bandeirantes, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

O material foi encaminhado ao Laboratório de Pesquisa em Doenças Parasitárias do Centro Universitário UNIABEU, na cidade de Belford Roxo, estado do Rio de Janeiro, Brasil. As amostras foram submetidas às técnicas de sedimentação espontânea e Ritchie.

Com parte do sedimento, foram preparadas lâminas que após a secagem foram fixadas com metanol e coradas pela técnica de Ziehl-Neelsen para a pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium* spp.

Posteriormente, as lâminas foram observadas em microscopia de luz com aumento de 100X, em que oocistos de coccídios apareceram na coloração vermelha sobre um fundo azul. A pesquisa de cistos de *Giardia* spp. foi realizada pela observação do sedimento em preparação entre lâmina e lamínula, em que foi adicionada uma gota de Lugol, observadas em microscopia de campo claro com a objetiva de 40X.

Resultados

Em todas as 30 amostras de fezes de capivaras examinadas foram observados oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp., correspondendo a uma prevalência de 100% de infecção destes mamíferos para os protozoários investigados.

Discussão

Segundo Zahedi *et al.* (2015), humanos, animais selvagens e domésticos contribuem potencialmente com descargas de *Cryptosporidium* que contaminam águas superficiais. A invasão humana a ecossistemas naturais leva a um aumento das interações entre as populações humanas e de animais. O crescente número de doenças zoonóticas é consequência da intervenção antropogênica aos diversos habitats. Áreas de captação de água e

reservatórios hídricos estão na linha de frente deste conflito, pois podem ser facilmente contaminados por patógenos zoonóticos de veiculação pela água. Sendo assim, a epidemiologia de espécies de *Cryptosporidium* e *Giardia* com caráter zoonótico de amplo espectro e a interação entre animais selvagens e humanos em corpos de água compartilhados por essas espécies vem obtendo cada vez mais importância para a saúde pública.

De acordo com Ferraz *et al.* (2009), a população de capivaras é bem mais elevada em ambientes alterados. Este fato é devido à ausência de predadores e à disponibilidade de recursos naturais. Por ser um animal semiaquático, utiliza corpos d'água para se deslocar entre áreas vizinhas, sendo a dispersão da espécie facilitada pela ligação de habitats através destes cursos d'água. Somos de opinião que estas migrações para outras áreas são fatores que facilitam a dispersão de elementos parasitários para outros ambientes. Dessa forma, a população de capivaras infectadas por *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. não fica restrita ao foco do Parque Natural Municipal Chico Mendes, podendo efetuar deslocamentos em direção a áreas vizinhas, acompanhando o canal até a lagoa de Marapendi, alcançando ruas vizinhas e áreas mais distantes, como a baixada de Jacarepaguá,

dispersando patógenos para outros ambientes, animais e, possivelmente, populações humanas dos bairros vizinhos.

Santos (2011) afirma que *Giardia* e *Cryptosporidium* são protozoários de distribuição mundial cuja epidemiologia é importante devido ao seu potencial zoonótico considerando que animais silvestres são frequentemente relatados como reservatórios da giardiose e criptosporidiose humanas. Diante do problema exposto, essa autora realizou uma pesquisa para avaliar a ocorrência e determinar os genótipos responsáveis pela infecção em mamíferos neotropicais. Foram examinadas 452 amostras fecais procedentes de sete (07) locais diferentes, de um total de 52 diferentes espécies de mamíferos.

Essas amostras foram avaliadas por métodos de diagnóstico microscópico complementadas por técnicas moleculares. Os resultados revelaram prevalência aparente de 6,2% para *Giardia* spp. e 4,8% para *Cryptosporidium* spp. O estudo evidenciou que 17 diferentes espécies de mamíferos selvagens apresentaram infecção por estes microrganismos, sendo 11 para *Giardia* spp., 9 para *Cryptosporidium* spp. e 3 para ambos os protozoários. A caracterização molecular revelou a predominância de genótipos zoonóticos em mamíferos cativos e de genótipos hospedeiro-específicos em animais de vida livre. A autora considerou que

esses achados demonstraram que animais selvagens podem ser infectados por genótipos zoonóticos e específicos dos agentes, o que revela a importância de estudos envolvendo esta abordagem para sugerir possíveis relações entre os protozoários, hospedeiros humanos, animais domésticos e selvagens perante diferentes características ambientais. Ressaltamos que a diferença entre o perfil genotípico encontrado entre animais cativos e de vida livre verificada por Santos (2011) é revelador quanto ao impacto da proximidade entre animais e seres humanos na predominância de cepas com capacidade zoonótica, e o risco que esse contato pode ocasionar às duas populações no intercâmbio desses agentes patogênicos.

Uma visão global de saúde implica em que a saúde das populações humanas esteja conectada à saúde dos animais e do meio ambiente. Roedores, que são abundantes e de ampla distribuição, têm sido considerados como os principais reservatórios de infecção por *Cryptosporidium* para humanos e outros animais. Entretanto, existe uma escassez de informações sobre os padrões globais de ocorrência de *Cryptosporidium* em roedores. A prevalência global de infecção por *Cryptosporidium* em roedores foi estimada em torno de 17%, sendo mais alta na América do Norte e Caribe (27%) e as prevalências mais baixas na

América do Sul (5%). Esses resultados ressaltam o papel dos roedores como hospedeiros e reservatórios de *Cryptosporidium* capazes de infectar humanos, o que destaca a necessidade de uma maior atenção para a implementação de programas de controle para reduzir a criptosporidiose como uma ameaça à saúde pública e uma zoonose de importância global (TAGHIPOUR *et al.*, 2020).

As observações feitas por Taghipour *et al.* (2020) quanto ao papel dos roedores como hospedeiros e as considerações quanto ao controle zoonótico são igualmente aplicáveis a roedores portadores de *Giardia* spp. Os dados obtidos em nossa pesquisa, em que a totalidade das amostras foram positivas para *Cryptosporidium* spp. em capivaras, apontam para um cenário atípico quando comparado à prevalência média para infecção por este patógeno estimada por (TAGHIPOUR *et al.*, 2020).

Uma pesquisa sobre *Cryptosporidium* em capivaras foi realizada no Brasil por Meireles *et al.* (2007). O estudo foi realizado com 145 amostras fecais de capivaras de vida livre no estado de São Paulo. O estudo evidenciou positividade de 5,52% para o protozoário, sendo a espécie zoonótica *Cryptosporidium parvum*, identificada através da técnica de PCR, isolada em todas as amostras positivas. Os autores reportaram que este foi o primeiro caso relatado de

Cryptosporidium em capivaras, e consideraram que *C. parvum* possui característica zoonótica, em que o protozoário presente em mamíferos que vivem em ambientes semiaquáticos pode contaminar a água para suprimento humano com oocistos de *Cryptosporidium*.

A análise de Kvač̃ *et al.* (2014) para os resultados apontados por Meireles *et al.* (2007) é de que estes animais foram contaminados devido à exposição à água poluída por atividades humanas. Concordamos com a avaliação de de Kvač̃ *et al.* (2014) e reforçamos que a infecção por *C. parvum* em capivaras pode indicar um forte componente de risco zoonótico, uma vez que essa espécie é uma das que possuem maior capacidade de infectar o ser humano, especialmente em ambientes que permitam o contato próximo entre estes animais e o homem, como o Parque Natural Municipal Chico Mendes.

Os pesquisadores Sarmiento *et al.* (2004) estudaram a ocorrência de espécies de *Cryptosporidium* em capivaras mantidas em cativeiro na província do Chaco, Argentina. Os autores coletaram matéria fecal diretamente do reto de 33 exemplares e o material foi examinado no laboratório da Faculdade de Ciências Veterinárias - UNNE. Os exames coproparasitológicos foram realizados pela técnica de Ritchie e os sedimentos foram corados pela técnica de

Ziehl-Neelsen. Considerando os caracteres morfométricos e a sua afinidade pelo corante para organismos Álcool-Ácido-Resistente, essas características correspondem aos protozoários do *C. parvum*. A positividade ocorreu em 20 amostras, correspondendo a 60,6% do total. Esses autores citaram que este protozoário não é exclusivo da espécie estudada e pode constituir uma fonte de infecção para qualquer espécie animal susceptível, incluindo o homem.

Acreditamos que diferentes graus de integração entre seres humanos, capivaras e meio ambiente possam interferir diretamente no grau de infecção por patógenos de veiculação hídrica.

A comparação entre as pesquisas disponíveis mostram cenários contrastantes: a prevalência de infecção por *Cryptosporidium* entre capivaras no ambiente insalubre pelo despejo de esgoto sanitário verificada em nossa pesquisa foi de 100%; a taxa de infecção verificada por Sarmiento *et al.* (2004) em criadouros – ambientes em que há contato entre humanos e capivaras porém com melhores condições sanitárias que as do Parque Natural Municipal Chico Mendes – foi calculada em 60,6%; a incidência de *Cryptosporidium* entre animais de vida livre investigados por Meireles *et al.* (2007) foi de 5,52%.

Reginatto *et al.* (2008) examinaram fezes de três capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) oriundas de um criatório conservacionista da cidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. As amostras fecais foram submetidas à técnica de flutuação com sulfato de zinco e coloração pelo método de Kinyoun. Em todas as amostras das capivaras foram observados cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. Os autores destacaram que este foi o primeiro registro de infecção por *Giardia* spp. em capivaras. Embora o número de amostras examinadas por Reginatto *et al.* (2008) seja pequeno, estes pesquisadores encontraram 100% de positividade nas fezes de capivaras para cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp., coincidindo com os resultados obtidos entre capivaras do Parque Natural Municipal Chico Mendes.

Rodríguez-Durán *et al.* (2015) analisaram 360 amostras fecais de uma população natural de capivaras no município de Arauca, Colômbia. O total de amostras positivas para *Giardia* spp. foi de apenas 1,66%. A diferença entre as taxas de incidência para *Giardia* spp. e as obtidas em nossa pesquisa sugere que populações em ambiente natural, embora susceptíveis ao protozoário, possuam índices de prevalência baixos, enquanto capivaras que habitam ambientes contaminados por resíduos sanitários

humanos estejam sujeitas a riscos de contaminação por *Giardia* spp. muito elevados.

Em nossa pesquisa, a taxa de positividade para *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. em amostras de fezes de capivara foi de 100%. Acreditamos que a alta taxa de infecção esteja ligada à superpopulação de capivaras pelos motivos apontados por Ferraz *et al.* (2009) e principalmente à intervenção antropogênica do ambiente indicada por Zahedi *et al.* (2015). A população destes roedores semiaquáticos na região estudada é exposta continuamente a uma alta carga de esgoto sanitário não tratado de um entorno densamente povoado, o que os torna particularmente susceptíveis à contaminação e recontaminação por uma série de patógenos. Fezes de humanos residentes em uma ampla área geográfica no entorno do parque contaminados por agentes patogênicos adquiridos em fontes distintas – portanto, com maior variabilidade genética – mesclam-se e escoam de modo concentrado para a lagoa habitada pelas capivaras.

Tal fato explicita uma série de potenciais riscos, especialmente a difusão de cepas com capacidade zoonótica conforme a predominância de genótipos encontrados em animais em contato mais próximo a humanos verificada por Santos (2011). Entre gêneros de protozoários investigados em nossa pesquisa,

sobressai a alta probabilidade de que *Giardia* spp. dos grupos genotípicos A e B, além de *C. parvum*, que foi a espécie patogênica para humanos mais frequentemente encontrada em capivaras, façam parte do rol de patógenos que tenham nas capivaras do Parque Natural Chico Mendes um reservatório viável.

As capivaras do Parque Natural Municipal Chico Mendes circulam por toda a área da Unidade de Conservação. De acordo com uma pesquisa realizada por Costa *et al.* (2018), realizada entre frequentadores do parque, 45% utilizam o local como área de recreação para os filhos. O contato de crianças com as fezes da capivara ou com a areia contaminada por essas fezes incorre na possibilidade de contaminação pela ingestão de partículas contaminadas por *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. A contaminação da água da lagoa das Tachas e sua contiguidade através do canal carreiam *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. para a lagoa de Marapendi, onde atividades recreativas com o contato entre humanos e a água contaminada são frequentes.

Além disso, o deslocamento de capivaras do parque para áreas adjacentes pode expandir a possibilidade de dispersão destes patógenos para outros ambientes, animais e, possivelmente, populações humanas dos bairros vizinhos. Tais circunstâncias

podem ser apontadas como fatores de risco zoonótico na transmissão de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp.

Conclusão

A presença de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. foi verificada em todas as 30 amostras de fezes de capivaras examinadas. Essa alta taxa de contaminação está provavelmente relacionada à contínua exposição desses animais à contaminação por esgoto sanitário não-tratado. A contaminação do solo do Parque Natural Municipal Chico Mendes com fezes de capivaras, assim como a persistência destes animais como reservatórios de protozoários patogênicos apontam para o risco de transmissão zoonótica de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. entre a fauna local e seres humanos que frequentam o parque.

Referências

BAMAIYI, P. H.; REDHUAN, N. E. M. Prevalence and risk factors for cryptosporidiosis: a global, emerging, neglected zoonosis. **Asian Biomedicine**, v. 10, n. 4, p. 309-325, 2016.

BOWMAN, D. D.; LUCIO-FORSTER, A. Cryptosporidiosis and giardiasis in dogs and cats: veterinary and public health importance. **Experimental Parasitology**, v. 124, p. 121-127, 2010.

BURET, A. G.; CACCIÒ, S. M.; FAVENNEC, L.; SVÄRD, S. Update on *Giardia*: Highlights from the seventh International *Giardia* and *Cryptosporidium* Conference. **Parasite**, v. 2, p. 49, 2020.

CHIACCHIO, R. G.; PRIOSTE, F. E.; VANSTREELS, R. E.; KNÖBL, T.; KOLBER, M.; MIYASHIRO, S. I. Health evaluation and survey of zoonotic pathogens in free-ranging capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). **Journal of Wildlife Diseases**, v. 50, n. 3, p. 496-504, 2014.

COLLIGNON, P., MCEWEN, S. A. One Health: its importance in helping to better control antimicrobial resistance. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, 2019, 4(1), 22. <http://dx.doi.org/10.3390/tropicalmed4010022>.

COSTA, J. R.; MEDEIROS, T. A.; AVELINO-CAPISTRANO, F.; SANTOS, D. M. C. Parque Natural Municipal Chico Mendes: percepção da população acerca de uma Unidade de Conservação. **Ciência Atual**, v. 11, n. 1, p. 2-17, 2018.

COURA, J. R. **Dinâmica das Doenças Infecciosas e Parasitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

DUBEY, J. P.; SPEER, C. A.; FAYER, R. **Cryptosporidiosis in man and animals**. Boston: CRC Press, 1990.

DURIGAN, M.; ABREU, A. G.; ZUCCHI, M. I.; FRANCO, R. M. B.; SOUZA, A. P. Genetic Diversity of *Giardia duodenalis*: Multilocus Genotyping Reveals Zoonotic Potential between Clinical and Environmental Sources in a Metropolitan Region of Brazil. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, e115489, 2014. Disponível em: <http://doi:10.1371/journal.pone.0115489>

EL-ALFY, E.; NISHIKAWA, Y. *Cryptosporidium* species and cryptosporidiosis in Japan: a literature review and insights into the role played by animals in its transmission. **Journal of Veterinary Medicine Science**, v. 82, n. 8, p. 1051-1067, 2020.

FAYER, R.; XIAO, L. *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. Boca Ratón: IWA Publishing, CRC press, 2008.

FERRAZ, K. M. P. M. B.; PETERSON, A. T.; PEREIRA, R.; VETORAZZI, C. A.; VERDADE, I. M. Distribution of capybara in an agroecosystem, Brazil, based on ecological niche modeling. **Journal of Mammal**, v. 90, n. 1, p. 189-194, 2009.

JAGAI, J. S.; CASTRONOVO, D. A.; MONCHAK, J.; NAUMOVA, E. N. Seasonality of cryptosporidiosis: A meta-analysis approach. **Environmental Research**, v. 109, p. 465-478, 2009.

KAZENI-MOGHADDAM, V.; DEHGHANI, R.; HADEL, M.; DEHKAN, S.; SEDAGHAT, S.; LUTIFI, M. M. Rodent-borne and rodent-related diseases in Iran. **Compendium of Clinical Pathology**, v. 28, n. 4, p. 893-905, 2018.

KVAČ, M.; MCEVOY, J.; STENGER, B.; CLARCK, M. Cryptosporidiosis in Other Vertebrates In: CACCIÒ, S. M.; WIDMER, G. *Cryptosporidium: parasite and disease*. Viena: Springer Verlag, 2014.

MEDEIROS, P. H. P.; CANTO, L. P.; MATOS, A. A. L.; MATOS, M. L. F. M.; MANHÃES, F. C.; MANGIACACCHI, B. M.; NORBERG, A. N. Detection of *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardia* spp. cysts in the water of the Itabapoana river and in the supply water of the city of Bom Jesus do Itabapoana, Province of Rio de Janeiro, Brazil. **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 8, n. 10, p. 247-258, 2019.

MEDEMA, G.; TEUNIS, P.; BLOKKER, M.; BEERI, D.; DAVISON, A.; CHARLES, P. **WHO guidelines for drinking-water quality**. World Health Organization, Geneva: WHO, 2011.

MEIRELES, M. V.; SOARES, R. M.; BONELLO, F.; GENNARI, S. M. Natural infection with zoonotic subtype of *Cryptosporidium*

parvum in capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) from Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 147, p. 166-170, 2007.

MOREIRA, J. R.; MACDONALD, D. W. Técnicas de manejo de capivaras e outros grandes roedores na Amazônia. In: VALLADARES-PADUA, C.; BODMER, R. E.; CULLER, L. **Manejo e conservação da vida Silvestre no Brasil**. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá, 1997.

NEVES, D. P.; MELO, A. L.; LINARDI, P. M.; VITOR, R. W. A. Parasitologia Humana. Rio de Janeiro: Atheneu, 2016.

NG, J.; YANG, R.; WHIFFIN, V.; COX, P.; RYAN, U. Intensification of zoonotic *Cryptosporidium* and *Giardia* genotypes infective animals in Sydney's water catchments. **Experimental Parasitology**, v. 128, n. 2, p. 138-144, 2011.

OLIVEIRA, J. A.; BONVICINO, G. R. Ordem Rodentia. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A. **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Nélio Reis, 2011.

PINTO, K. C.; LAURETTO, M. S.; GONZÁLEZ, M. I. J. N.; SATO, M. I. Z.; NARDOCCI, A. C.; RAZZOLINI, M. T. P. Assessment of health risks from recreational exposure to *Giardia* and *Cryptosporidium* in coastal bathing waters. **Environmental Sciences and Pollution Research**, v. 27, n. 18, p. 23129-23140, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08650-2>

PISARSKI, K. The global burden of disease of zoonotic parasitic diseases: Top 5 contenders for priority consideration. **Tropical Medicine and Infectious Diseases**, v. 4, n. 1, p. 44, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/tropicalmed4010044>

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal Chico Mendes**. Rio de Janeiro, SMAC, 2014.

REGINATTO, A. R.; FARRET, M. H.; FANFA, V. R.; SILVA, A. S.; MONTEIRO, S. G. Infecção por *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em capivara e cutia no sul do Brasil. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 103, n. 565-566, p. 96-99, 2008.

RODRÍGUEZ-DURÁN, A.; PALMA, L. C. B.; FLÓREZ, R. P. Principales protozoarios gastrointestinales en chigüires silvestres (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en una vereda del municipio de Arauca, Colombia. **Zootecnología Tropical**, v. 33, n. 1, p. 261-268, 2015.

RYAN, A.; CACCIÒ, S. M. Zoonotic potential of *Giardia*. **International Journal of Parasitology**, v. 43, n. 12-13, p. 943-956, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.ijpara.2013.06.001>.

SAMUEL, W. M.; PYBOS, M. J.; KOCAN, A. A. **Parasitic diseases of wild mammals**. Ames: Iowa State University Press, 2001.

SANTOS, R. C. F. **Importância de mamíferos neotropicais na epidemiologia de protozooses: diagnóstico, caracterização molecular e aspectos ecológicos da infecção por *Giardia* e *Cryptosporidium***. São Paulo: USP, 2011.

SARMIENTO, N. F.; GONZÁLEZ-ALFREDO, O.; SANTACRUZ, A. C.; COMOLLI, J. A.; GONZÁLEZ, J. A. **Detección de *Cryptosporidium parvum* en carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en cautiverio, de la provincia del Chaco, Argentina**. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste, 2004.

SAVIOLI, L.; SMITH, H.; THOMPSON, A. *Giardia* and *Cryptosporidium* join the “Neglected Diseases Initiative”. **Trends in Parasitology**, v. 22, p. 203-208, 2006.

TAGHIPOUR, A.; OLFATIFAR, M.; FOROUPAN, M.; BAHADORY, S.; MALIH, N.; NOROUZI, M. Global prevalence of

Cryptosporidium infections in rodents: a systematic review and meta-analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 182, e 105119, 2020.

TAYLOR, M. A.; COOP, R. L.; WALL, R. L. **Parasitologia Veterinária**, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

TYZZER, E. E. A. Sporozoan found in the peptic glands of the common mouse. **Proceedings of The Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 5, n. 12, 1907.

VERONESI, R.; FOCACCIA, R. **Tratado de Infectologia**. São Paulo: Atheneu, 2015.

XIAO, L.; GRIFFITHS, J. K. Cryptosporidiosis, In: RYAN, E.T., HILL, D.R., SOLOMON, T., ARONSON, N.E., ENDY, T.P. **Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases** 10 ed. Oxford: Elsevier, 2020.

ZAHEDI, A.; APARINI, A.; JIAN, F.; ROBERTSON, I.; RYAN, U. Public health significance of zoonotic *Cryptosporidium* species in wildlife: critical insights into better drinking water management. **International Journal of Parasitology and Parasites Wildlife**, v. 5, n. 1, p. 88-109, 2015.

Sobre os autores

Antonio Neres Norberg

Graduado em Medicina pela Fundação Educacional Serra dos Órgãos. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Mestre em Patologia Clínica pela UFRRJ, doutorado em Parasitologia pela UFRRJ. É professor titular no curso de Medicina da FAMESC. Professor titular no Centro Universitário UNIABEU. Coordenador do curso de Medicina da Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC. Membro titular da Academia Brasileira de Medicina Militar.

Paulo Roberto Blanco Moreira Norberg

Graduado em Relações Internacionais. Mestre em Direito Internacional. Doutor em Direito Internacional. Tem experiência em Direito Indígena, Direito Internacional e Direitos Humanos.

Paulo Cesar Ribeiro

Graduado em Odontologia pela Universidade Iguazu, Especialização em Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial pela UNIGRANRIO, Especialização em Implantodontia pela Odontoclínica Militar do Exército em 2014, Habilitação em Analgesia Inalatória, sedação consciente pelo Óxido Nitroso. Mestre em Ciências Biológicas (Doenças Parasitárias) pela Universidade Iguazu. Coordenador e professor de Odontologia da Universidade Iguazu - UNIG.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMEF)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Nadir Francisca Sant'Anna

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Gama Filho, Especialista em Educação Especial pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Mestre em Histologia e Embriologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Doutora em Ciências (área de Biologia Celular), pelo Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Pós-doutora em Ciências e Tecnologias da Inclusão pela UFF, Professora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Bianca Magnelli Mangiavacchi

Doutora (2016) e mestra (2009) em Biociências e Biotecnologia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Possui Graduação em Complementação pedagógica com habilitação em Biologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (2016). Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) (2006).

Capítulo 33 - Resíduos eletrônicos, uma ideia fora de moda!!!! repensando, reciclando, reusando, reduzindo, reutilizando no descarte consciente

Autores: Elayne Araújo de Almeida; Paloma Martins Mendonça;
Marco Antônio Pereira Araújo; Margareth Maria de Carvalho
Queiroz

Resumo: Este capítulo tem por objetivo verificar e demonstrar como está sendo feito o gerenciamento dos resíduos eletrônicos na região de abrangência, para que possamos traçar uma solução cabível nas propostas de projetos de educação ambiental para o município de Mendes, RJ. Tendo em vista propor um plano de gerenciamento de coleta para o cenário emblemático apresentado, foram realizadas pesquisas feitas pelas turmas dos 6º anos de uma escola do município de Mendes, tendo como “Ciências” a disciplina de competência. Os alunos entrevistaram pessoas moradoras próximas as suas residências, abordando a seguinte questão: O que fazem com o lixo eletrônico acumulado em sua residência? Após o término da pesquisa, foi possível constatar a fragilidade da população quanto à impassibilidade ao descarte incorreto do Lixo Eletrônico no meio ambiente.

Palavras-chave: Lixo eletrônico; Descarte; Impactos Ambientais.

Introdução

Com o aumento da produção e do consumo de bens e serviços de alta tecnologia nas últimas décadas, os equipamentos eletrônicos vêm experimentando um grau de obsolescência elevado, frente às exigências de seus usuários, que muitas vezes optam por trocá-los por modelos mais novos e sem ter um local apropriado ao descarte acabam por fazê-lo de modo inadequado. Mediante esta situação, a qual vínhamos a tempo observando ser uma prática em nosso Município e que pode ser observada tanto em residências, quanto em escolas, empresas, o descarte ou troca desses equipamentos inclui os mais variados tipos, sendo esses: computadores, televisores, celulares, rádios, entre outros, considerando que lixo eletrônico, ou e-lixo, abrange todo tipo de equipamento eletroeletrônico, não descartando também pilhas e baterias que são muitos utilizados há décadas em diversos aparelhos (FONSECA, 2008).

Segundo Lima *et al.* (2008 *apud* VELOSO, 2013), o e-lixo apresenta características peculiares, comparado ao lixo comum. Trata-se de um lixo volumoso, que ocupa um espaço físico maior, além de possuir componentes perigosos que necessitam de um manejo adequado no processo de descarte.

Mediante o cenário ao qual está sendo apresentado, busca-se entender as causas e investigar soluções cabíveis a situação.

Os resultados de Pereira & Costa (2013) corroboram os encontrados neste trabalho, “a falta de educação ambiental e ausência de políticas públicas que permitam uma coleta seletiva e tratamento do lixo, tem contribuído para o agravamento de problemas sócio ambiental”. Boa parte do problema do lixo e sua disposição de forma incorreta é causada pela falta educação (PEREIRA & COSTA, 2013). A escola possui um papel importante na sociedade, pois sendo uma instituição educadora é possível conduzir e orientar as pessoas a terem novas posturas frente aos problemas ambientais causados pelo lixo.

Segundo Pereira & Costa (2013), “é fundamental que as escolas adotem a educação ambiental de forma que os alunos se tornem cidadãos mais conscientes no tocante às questões ambientais”.

Segundo Moi *et al.* (2014, p, 39):

[...] O lixo eletrônico é considerado um resíduo sólido especial de coleta obrigatória (BRASIL, 2010), configurando-se como um grave problema para o ambiente e para a saúde, desde sua produção até o seu descarte, pois são constituídos por materiais que possuem metais pesados altamente tóxicos, denominados vilões silenciosos, como o mercúrio, cádmio, berílio e o chumbo.

Desde a revolução industrial a tecnologia vem assumindo um papel cada vez mais assíduo no dia a dia das pessoas, com objetivo de auxiliar a vida do ser humano, também vem se tornando um problema para nações do 1º ao 3º mundo, com a geração de resíduos de tecnologias que hoje são descartáveis.

Lixo Eletrônico é todo resíduo material produzido pelo descarte de equipamentos eletrônicos (computadores, televisores, telefones celulares, tablet, equipamentos de áudio, vídeo cassete, DVD, baterias, entre outros). Com o crescente uso de equipamentos eletrônicos no mundo moderno e com a velocidade que as tecnologias são substituídas, este tipo de lixo tem se tornado um grande problema ambiental quando não é descartado em locais apropriados, uma vez que apresentam substâncias prejudiciais à saúde ambiental, humana e animal, tais como: ferro, cobre, chumbo, zinco, prata, alumínio, cádmio, dentre outras substâncias.

Dentre tudo que é descartado pelo ser humano, grande parte pode ser reaproveitada. Fernandes *et al.* (2004) esclarecem que existe diferença entre lixo e resíduos, “lixo é tudo o que não tem valor agregado, que não pode ser transformado, reusado ou reinserido no processo produtivo, e resíduo é tudo aquilo que, depois de

usado ou passado seu prazo de validade, ainda carrega um valor agregado”.

O pressuposto que permeia esta pesquisa está fragmentado em quatro ações, as quais irão assegurar, reunir e sistematizar conhecimentos, informações e reflexões concernentes as questões ambientais.

A ação um descreve a revisão sistemática de literatura realizada, para o discorrer desse trabalho, as ações desenvolvidas, a investigação dos problemas e aplicação de atividades. Na ação dois será explanada toda a legislação que ampara a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a ação três estará descrito as análises dos resultados, na ação quatro serão descritas as considerações finais.

Na atualidade, muitos equipamentos estão se tornando obsoletos rapidamente, sendo descartados incorretamente e, muitas vezes, não possuem controle de consumo de energia. O uso da tecnologia vem agilizando a vida do homem moderno já há alguns anos, proporcionando melhorias nos mais variados aspectos. O descarte incorreto do resíduo eletrônico pode acarretar grandes prejuízos ao meio ambiente, se jogado na natureza, o lixo eletrônico não só leva milhares de anos para se decompor, como também se torna

um problema ambiental e de saúde pública, por conta das substâncias tóxicas utilizadas em sua fabricação (Quadro 1). Estas podem contaminar o solo ou lençóis freáticos e causar doenças como câncer, por exemplo, principalmente em pessoas cujas moradias são próximas aos lixões onde os equipamentos são descartados.

Quadro 1- Substâncias tóxicas contidas nos componentes eletrônicos.

Substância	Origem
Mercúrio	Computador, monitor, televisão de tela plana
Cadmio	Computador, monitor de tubo e baterias de laptops
Arsênio	Celulares
Zinco	Baterias de celulares e laptops
Manganês	Computador e celular
Cloreto de Amônia	Baterias de celulares e laptops
Chumbo	Computador, Celulares, televisão.
PVC	Usado em fios para isolar correntes

Metodologia

A maior parte de uma investigação inicia-se por uma revisão de literatura com o objetivo de entender um fenômeno. No entanto, toda pesquisa deve ter seu valor científico reconhecido. Em consequência a tal fato, deve-se considerar de suma importância uma revisão sistemática de literatura.

Estudos de revisão sistemática de literatura adotam uma metodologia padronizada, com procedimentos de busca, seleção e análise bem delineados e claramente definidos, permitindo ao leitor apreciar a qualidade das pesquisas e a validade das conclusões feitas pelos autores (demonstradas no Quadro 2). Revisões sistemáticas geralmente utilizam escalas ou formulários que definem critérios que norteiam a apreciação crítica da qualidade da evidência científica disponibilizada pelos artigos selecionados (MANCINI & SAMPAIO, 2006).

O propósito para a realização dessa revisão sistemática de literatura refere-se ao fato de correlacionarmos soluções ambientais, que auxiliem o processo de aprendizagem, salientando para o problema em questão.

A metodologia utilizada para aquisição das informações adequadas aos objetivos do trabalho focou-se nas ações

desenvolvidas em sala de aula e fora do espaço escolar e em revisões sistemáticas de literatura.

Quadro 2- Critérios para revisão sistemática.

CRITÉRIOS / SELEÇÃO		
<p>Fonte</p> <p>Amparada em dados eletrônicos dos artigos pesquisados</p>	<p>Palavra-Chave</p> <p>Resíduo eletrônico reciclável (reuso reutilização) redução "descarte consciente"</p>	<p>Idioma do Estudo</p> <p>Português</p>
<p>Critérios de Busca</p> <p>Foram acessadas via Web pelo Google acadêmico</p>	<p>Critérios de Busca</p> <p>Revisão teóricas, Estudos de Casos e pesquisa Survey</p>	<p>Critérios para Seleção de Artigos</p> <p>Os artigos dispuseram de assuntos relacionados ao descarte incorreto do lixo eletrônico</p>

Ação 01: Apresentação do tema e escolha do nome do projeto;

Ação 02: Pesquisa sobre o descarte incorreto do Lixo eletrônico;

Ação 03: Produção de uma feira – Oficina - Reutilizando o Lixo eletrônico, como por exemplo, fazendo artes;

Ação 04: Palestra para conscientização do descarte correto dos resíduos;

Ação 05: Coleta coletiva na escola;

Ação 06: Divulgação de todas as ações desenvolvidas no Projeto na rede social.

Temos como proposta de produto para este trabalho a criação de uma campanha municipal de recolhimento de lixo eletrônico e a criação de um eco ponto (fixo) para que a população possa fazer seus descartes de resíduos eletrônicos de forma consciente e contínua.

Explicação da Revisão Sistemática

Aborda a pesquisa: Quais são os comportamentos ambientais, atitudes e conduta social que possa ser inserido na sociedade, em função da educação ambiental quanto ao descarte correto do lixo eletrônico?

Mediações: Verificar artigos que explanem o estudo sobre o descarte correto do lixo eletrônico sem vida útil em sua residência, pela população.

Fundamento: Mediante as experiências encontradas nos artigos publicados sobre o descarte incorreto do lixo eletrônico.

Aplicabilidade: Investigar maneiras de informar a população quanto as várias formas de se realizar o descarte correto do Lixo Eletrônico.

Definição das Investigações Arguitivas

Foram aplicadas estratégias de busca para artigos similares aos assuntos tratados no Tema desse trabalho.

Busca: Foi realizada a string de busca (uma *string* de busca é utilizada para pesquisa em bibliotecas digitais, usando-se palavras chaves). A string de busca utilizada para o tema de estudo da pesquisa apresentada foi: Resíduo AND eletrônico AND reciclável AND (reuso OR reutilização) AND redução AND "descarte consciente".

Informação dos Artigos selecionados: Julgou-se importante após dados coletados, destacar as seguintes informações: Título do Artigo; Autores; Fonte.

Pesquisa Realizada: Como apuração das pesquisas feitas no *Google Acadêmico*, fonte utilizada como busca de pesquisa de Revisão Sistemática e citada como critério de busca para a realização desse estudo, foram encontrados 190 resultados, que após leitura e releitura dos mesmos, foram selecionados 29 artigos os quais os assuntos mais se aproximavam aos objetivos e tema desse estudo. E foi utilizado como critério de seleção: adequação, interação e apresentação de recursos adequados a soluções ao descarte incorreto do lixo eletrônico.

Todos os estudos corroboram as pesquisas realizadas neste trabalho. De acordo com Andrade 2019, os resíduos tecnológicos não são passíveis de coleta, sendo necessário um tratamento diferenciado, entretanto, requer também a compreensão do termo resíduo sólido que é tratado como “eixo de uma releitura conceitual do que tradicionalmente é definido como lixo” (WALDMAN, 2010, p. 27).

Segundo Batista *et al.* (2013), o foco principal é o excesso de resíduos oriundos das atividades humanas geradas através do

novo padrão de vida adquirido pelo homem. As novas conquistas no campo científico e tecnológico, que por um lado favoreceu a população com sua praticidade e seu baixo custo, por outro, aumentou gradativamente o consumo deles gerando produtos de difícil degradação e maior toxicidade (SILVA, 2008).

Em concordância com Bekoski (2016), *Apud* Carvalho (2009), o que se observa é que o uso de equipamentos eletroeletrônicos – ganham a atenção da população em níveis recordes, e sempre que um novo produto ou modelo é lançado no mercado os quase recentes produtos adquiridos tornam-se obsoletos, antes mesmo de para de funcionar, ou quebrarem. Assim, com essa busca por novos aparelhos eletrônicos, os antigos eletrônicos descartados acabam por ser o tipo de resíduo sólido que mais cresce no planeta.

Para Ivanisevic & Fernandes (2004), é necessário ter consciência que preservar é ter a natureza para o futuro, onde a escola tem um papel fundamental na formação do cidadão como um ser social crítico e responsável por suas ações. Ela tem a obrigação metodológica no processo de ensino-aprendizagem de formar cidadãos e cidadãs conscientes de seus deveres e obrigações. Para isso, é necessário que os professores tenham a consciência das responsabilidades perante a comunidade escolar e a sociedade

como um todo, incluindo as questões ambientais, recordando que o homem é fruto da natureza e a sua existência está condicionada à existência do planeta.

Sob a perspectiva de cumprimento da Lei 12.305/2010 (PNRS) Política Nacional de Resíduos Sólidos - A gestão dos resíduos sólidos constitui-se em um problema emergente da sociedade moderna. As ações antrópicas, qualquer que seja sua ordem, geralmente, produzem algum tipo de resíduo. Como agravante, pode-se citar o fato de que o acúmulo contínuo dos resíduos sólidos no decorrer do tempo aumenta seu volume e que a forma de disposição final desses resíduos é inadequada. Atualmente, mais de 80% da população mundial reside em cidades. As projeções indicam que em 2050 o número de pessoas vivendo em ambientes urbanos será extremamente elevado, o que tornará ainda mais complexos os desafios relativos à disposição dos resíduos.

Visando atender a essa clientela, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) constituiu uma série de concepções, orientação, objetivos, ferramentas, propósitos e ações a serem adotadas para uma melhor execução, isoladamente ou em parceria com órgãos estaduais, distritais, municipais e os privados. Seu objetivo foi adequar uma administração e gerenciamento integrada dos

resíduos sólidos, ambientalmente adequada. Excluindo somente os resíduos radiativos.

De acordo com o panorama de resíduos sólidos apresentados no trabalho, a logística reversa ainda é um desafio para o Município em questão onde o trabalho está sendo desenvolvido, quando comparado as normativas exigidas pela PNRS- Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A partir de todo o estudo feito partiu-se para a investigação prática do problema, onde foi feita a seleção de alguns tópicos para darmos início aos trabalhos: entender o que era o lixo eletrônico; quais substâncias eram consideradas tóxicas e que eram usadas em suas fabricações.

Investigação do Problema: Para iniciarmos a investigação do problema em questão, foi realizada em sala de aula uma discussão baseada em cima de um suposto problema, a fim de identificar os conhecimentos dos alunos e da base ao trabalho que seria realizado. Foi lançada como discussão/problema a seguinte questão: Se eles já tinham observado o quanto em nossa cidade havia lixo eletrônico jogado de maneira irregular em vias públicas? E o por que será que a população estaria tendo essa atitude? Nesse momento foi muito valiosa a participação de todos,

pois diante de suas respostas foi possível traçar uma linha precisa de trabalho.

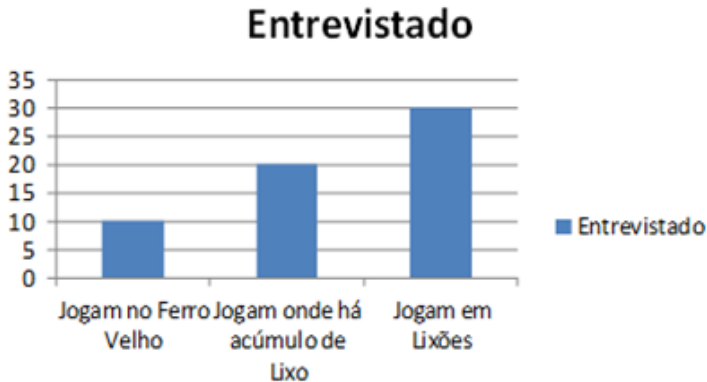
Pesquisa: Sabendo que estes problemas afetam o mundo todo, foi realizada uma pesquisa no município de Mendes pelas turmas dos 6º anos da escola CIEP Brizolão Municipalizado 288 Professor Ruy Gonçalves Ramos, composta por trinta (30) alunos cada turma, totalizando 60 entrevistados.

A pesquisa abordava a seguinte questão: O que eles faziam com o lixo eletrônico acumulado em sua residência? A figura 1 apresenta os resultados dos dados encontrados após a pesquisa aplicada aos moradores do município de Mendes, RJ. Nesta está sendo demonstrado que nenhuma das pessoas entrevistadas tem o cuidado em descartar corretamente seu lixo eletrônico. E que a maioria da população faz seu descarte em lixões.

Os resultados pesquisados por Oliveira & Motta (2014, 2016) corroboram aos encontrados neste trabalho, onde mostram que 70% das cidades brasileiras não possuem aterro sanitário, 13% possuem aterros, enquanto 17% depositam os resíduos em aterros

controlados. Com esses dados, pode-se verificar que a maioria das cidades joga o seu lixo *in natura* nos lixões²⁴.

Figura 1. Resultado da pesquisa de descarte de lixo eletrônico após a pesquisa aplicada aos moradores do município de Mendes, RJ.



Fonte: Autores.

Tais dados reforçam que a falta de conscientização da população não é um problema de grandes cidades, estende-se a todos os lugares de nosso País. E que tal fato só se resolverá com uma ação afetiva de Leis rígidas e fiscalizações eficientes e atuantes.

O objetivo deste questionário, respondido por familiares e amigos dos alunos, foi verificar o destino que é dado ao lixo tecnológico após não ter mais vida útil. Possibilitando assim, uma análise dos

²⁴ - O município de Mendes encontra-se entre os que descartam os lixos *in natura* nos lixões.

indicadores a serem trabalhados na busca de uma responsabilidade ambiental adequada ao Município.

Tais dados reforçam que a falta de conscientização da população não é um problema de grandes cidades, estende-se a todos os lugares de nosso País. E que tal fato só se resolverá com uma ação afetiva de Leis rígidas e fiscalizações eficientes e atuantes.

O objetivo deste questionário, respondido por familiares e amigos dos alunos, foi verificar o destino que é dado ao lixo tecnológico após não ter mais vida útil. Possibilitando assim, uma análise dos indicadores a serem trabalhados na busca de uma responsabilidade ambiental adequada ao Município.

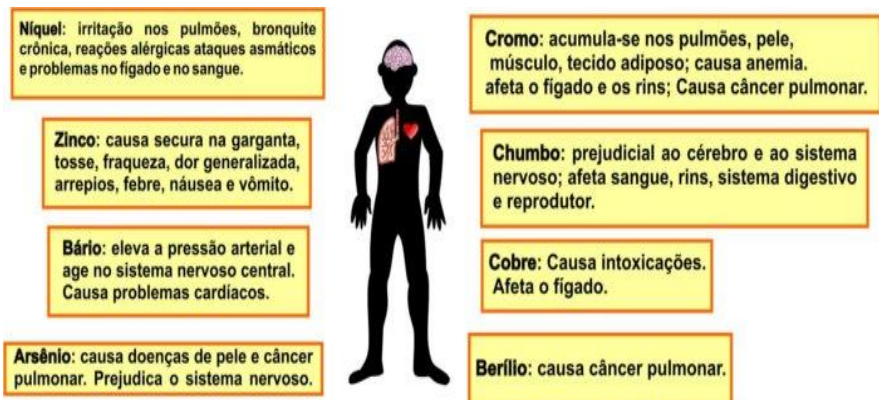
A contribuição da população local para a coleta do lixo eletroeletrônico pôde ser verificada por meio dessa pesquisa, sendo observado que existem moradores com hábitos de descartar seu lixo eletrônico que não possui mais vida útil de diversas maneiras, as quais acabam por prejudicar a saúde ambiental e consequentemente a saúde humana e animal.

Problemas causados pelo Lixo eletrônico: Além da crescente quantidade de resíduos que é gerado, outro problema do e-lixo é o despejo inadequado. Os aparelhos têm uma composição química complexa de substâncias altamente tóxicas ao meio ambiente e sua

decomposição pode trazer muitos prejuízos à saúde humana e animal. Um crescente corpo de evidências epidemiológicas e clínicas levaram a uma maior preocupação com a ameaça do e-lixo para os humanos.

Dados descritos a seguir demonstram que os metais pesados provenientes dos resíduos eletroeletrônicos causam vários impactos ao meio ambiente e à saúde humana, seja na produção, reciclagem ou destinação final de forma incorreta (Figuras 1 e 2). A exposição aos metais pesados presentes, com o tempo, pode causar doenças cardiovasculares, hepáticas e do sistema nervoso (Figura 2).

Figura 2- Metais Pesados e os Principais Danos Causados a Saúde Humana.



Fonte: CEAVI (2015).

Analisando alguns dos efeitos nocivos dos metais pesados ao meio ambiente e a saúde humana é preciso estabelecer ações que envolvam a participação de legisladores, pesquisadores e da comunidade, os quais precisam assumir a responsabilidade de dar o devido encaminhamento ao problema, norteados pelos princípios do desenvolvimento da ciência, tecnologia e sociedade, interligado a um processo de educação ambiental que vise conscientização das comunidades escolares para preservação do meio ambiente.

O descarte dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEs) é um problema a ser enfrentado por todos: governo, empresas e sociedade civil, que devem assumir compromissos quanto à realização adequada do ciclo completo desses materiais, contidos na legislação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1999).

A indústria fabrica diferentes linhas de produtos, por isso, o lixo eletrônico foi dividido em categorias distintas. Cada um tem sua cor (Figura 3). É de suma importância que a sociedade tome conhecimento que os descartes corretos do e-lixo devem seguir as categorias das cores verde e marrom.

Figura 3- Categorias distintas de eletrônicos de acordo com sua cor.



Fonte: <https://certus.com.br/blog/2019/certus-tera-ponto-de-coleta-de-lixo>.

Legislação: Decreto 10.240 estipula logística reversa para eletrônicos

Depois de dez anos da criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que tem como premissa a logística reversa e a responsabilidade compartilhada entre todos que participam do ciclo de consumo para redução da geração, reaproveitamento e descarte adequado dos resíduos, o Brasil passou a contar com regras claras, metas e prazos para mitigar os danos de um problema crescente que o

desenvolvimento tecnológico faz aumentar: o destino do lixo eletrônico.

Em outubro de 2019, o Ministério do Meio Ambiente assinou um acordo setorial com entidades que representam as principais empresas de eletroeletrônicos do país como forma de fazer cumprir a logística reversa. O termo consta na lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), e prevê o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Foi publicado em 12/02/2020 o novo decreto, estipulando um prazo até 2025 para se criar 5 mil novos postos de coleta e destinação dos resíduos eletrônicos em 400 cidades que concentrem a maior porcentagem de população.

O Brasil é o segundo maior produtor de lixo eletrônico das Américas, perdendo apenas para os Estados Unidos, com descarte de 1,5 milhão de toneladas em 2016.

Em 2019, havia apenas 70 pontos de coleta disponíveis, com o novo Decreto nº 10.240 de 12/2/2020 o país tem até 2025 para contar com 5.000 pontos, espalhados por 400 cidades que concentram 60% da população.

Municípios com mais de 80.000 mil habitantes terão que ter um ponto de coleta para cada 25.000 mil habitantes. Cidades menores poderão fazer campanhas móveis de coleta ou estabelecer esquemas consorciados. O governo espera que até o final do prazo estabelecido, seja dado o destino ambientalmente correto a 17% - em peso, do lixo eletrônico descartado por ano, tendo como base o ano de 2018.

O Município o qual o projeto está sendo desenvolvido tem sua localização na região Sul fluminense e sua situação Populacional é de 18,614 habitantes, o que o coloca em uma posição de poder fazer campanhas móveis de coleta ou sistemas de consórcio, como prevê o Decreto nº 10.240 de 12/2/2020.

Segundo o art. 3º da Política Nacional de Meio Ambiente, entende-se por meio ambiente o:

“conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Nesse sentido, toda atividade com potencial ou efetivamente poluidora deve ser controlada.”

De acordo com Política Nacional de Resíduos Sólidos, art. 13, inciso II, o lixo eletrônico é considerado um resíduo sólido perigoso, e, portanto, não deve ser descartado diretamente em aterros sanitários ou juntamente com o lixo comum. O descarte

incorreto apresenta risco a saúde pública e a qualidade ambiental, pois os metais presentes nos componentes eletroeletrônicos podem contaminar a água, solo, lençóis freáticos, animais, entre outros (BRASIL, 2010).

Ações no Município

Estruturar e Implementar junto a Secretária de Meio Ambiente Pontos de Coleta e ações informativas a População.

Com a finalidade de implementar pontos de coleta de Resíduos Eletrônicos no Município, com o propósito de diminuir os impactos Ambientais causados pelo descarte inadequado desse tipo de produto, bem como de promover uma ação efetiva das Políticas Nacionais de Resíduos Sólidos o presente trabalho abrangeu uma pesquisa com a população local envolvendo a maneira sobre qual era feita o descarte do lixo eletroeletrônico. A pesquisa envolveu duas turmas de 6^o ano (cada uma com 30 alunos, totalizando 60 entrevistados).

Embora com um número de aluno relativamente pequeno, relacionava-se a realidade das turmas que foram divididas em dois grupos com o objetivo de analisarmos questões afins. Foram utilizadas técnicas estatísticas apropriadas para essa quantidade de alunos durante a análise dos dados selecionados. Os dados

foram analisados utilizando-se o programa estatístico Minitab®. Sendo verificado que existem moradores com o hábito de descartar seu lixo eletrônico que não possui mais vida útil de diversas maneiras, as quais acabam por prejudicar o meio ambiente.

A inexistência de um sistema de coleta desses materiais de forma eficaz no município é um fator determinante para o bem comum de uma população. A eficiência deste processo depende da disposição das pessoas que ocorrerá somente, se houver uma conscientização prévia e efetivas ações de implementações de coleta com rigorosas fiscalizações de Leis.

A consolidação de interesses entre ambas as Secretarias de Educação e Meio Ambiente se fez necessário para haver o desenvolvimento eficaz do trabalho. Com a criação do Eco ponto de Coleta.

Teste de Hipótese: O teste apresentou uma diferença nos resultados dos entrevistados quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte. Apesar do número de participantes ter sido o mesmo.

Ho- Os dados não apresentam médias significativas diferentes.

H1- Os dados apresentam médias significativas diferentes.

Significância 5%.

Verificação dos prognósticos de normalidade e homocedasticidade

a) Teste de Normalidade:

H₀= dados apresentam distribuição normal.

H₁= dados não apresentam distribuição normal.

Significância= 5%

A Figura 4 expressa a análise de normalidade dos entrevistados que participaram da pesquisa. Observa-se que o *P-Value* igual a 0,092. Sendo esse valor superior ao nível de significância estabelecido de 5% (= 0,05) e aceita-se a hipótese nula de que os dados possuem distribuição normal.

b) Verificação da homocedasticidade (igualdade de variâncias):

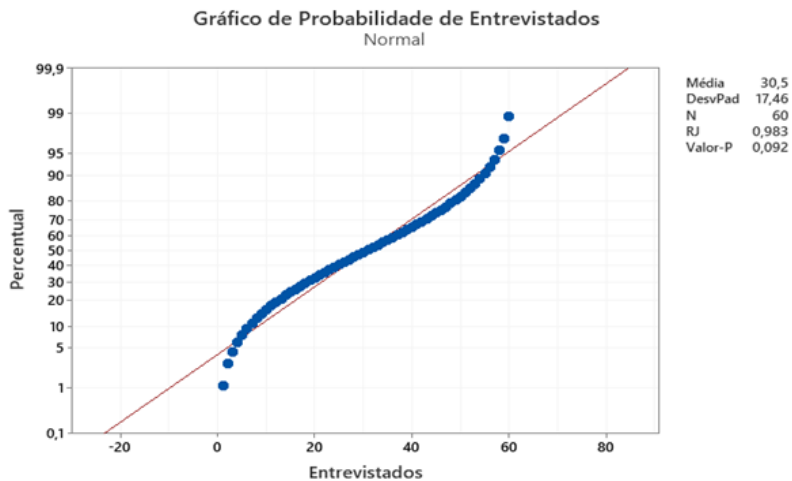
Teste utilizado na análise- teste de Levene

H₀= dados possuem igualdade de variância.

H₁= dados não possuem igualdade de variância.

Significância= 5%.

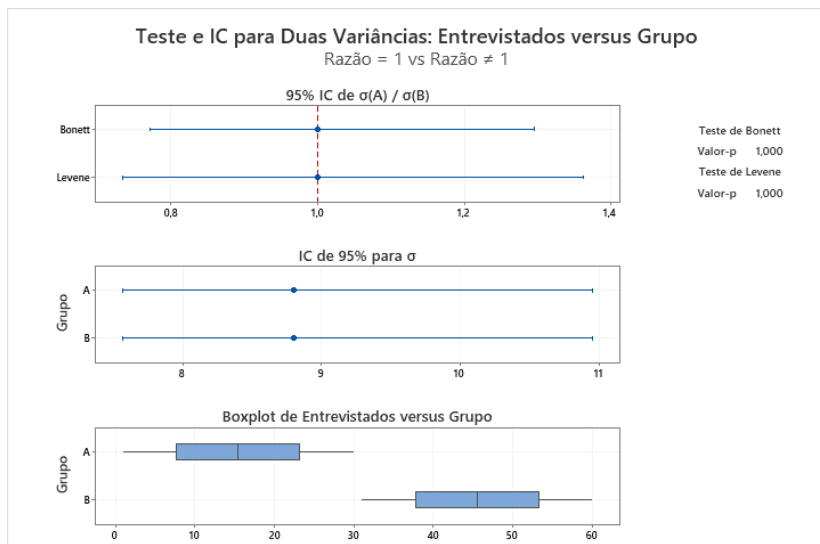
Figura 4- Teste de Normalidade dos resultados quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte do lixo eletroeletrônico após a pesquisa aplicada aos moradores do município de Mendes, RJ.



Fonte: Autores.

A Figura 5 apresenta o resultado do teste de Levene para análise de igualdade de variâncias. Observa-se que o P- Value igual a 1,000. Sendo esse valor maior que a significância estabelecida de 5%, revelando assim a hipótese nula, podendo-se dizer que há homocedasticidade dos dados. Considerando serem dois grupos de dados, após análise dos requisitos seguiremos aos testes paramétricos, sendo neste caso o “Teste-t”.

Figura 5- Teste de Homocedasticidade quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte do lixo eletroeletrônico após a pesquisa aplicada aos moradores do município de Mendes, RJ.



Fonte: Autores.

Verificação do Teste T: Os dois grupos são individuais (já que nenhum dos participantes esteve nos dois grupos simultaneamente), os dados foram quantitativos e seguiram a distribuição normal, a variância populacional é desconhecida, porém pode-se constatar que entre os dois grupos não houve igualdade de variância.

Considerado os prognósticos dos testes de normalidade e homocedasticidades será dada a análise de comparação de médias

dos dois grupos, utilizando o método estatístico paramétrico, para comparar médias de dois grupos individuais:

Ho- Os dados não apresentam médias significativas diferentes.

H1- Os dados apresentam médias significativas diferentes.

Significância 5%.

Método

Legenda
μ_1 : média de população de Entrevistados quando Grupo = A
μ_2 : média de população de Entrevistados quando Grupo = B
Diferença: $\mu_1 - \mu_2$

Não se assumiu igualdade de variâncias para esta análise.

Estatísticas Descritivas: Entrevistados

Grupo	N	Média	DesvPad	EP Média
A	30	15,50	8,80	1,6
B	30	45,50	8,80	1,6

Estimativa da diferença

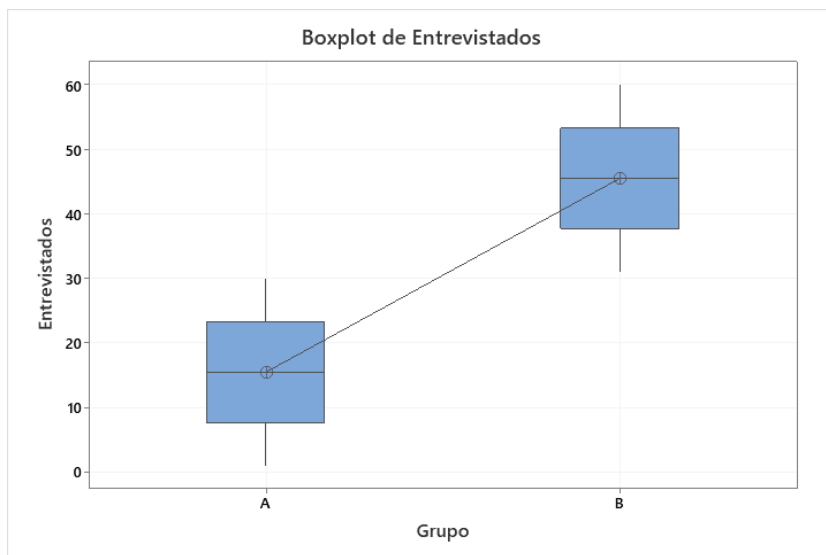
Diferença	IC de 95% para a Diferença
-30,00	(-34,55; -25,45)

Teste

Hipótese nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótese alternativa		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor-T	GL	Valor-p	
-13,20	58	0,000	

A Figura 6 apresenta o resultado da comparação das médias utilizado no teste *T*, o qual revelou T um valor P-Value de 0,000, é inferior ao nível de significância estabelecida de 5% comprovando a hipótese alternativa. Ou seja, haverá uma diferença estatisticamente significativa entre os entrevistados que fizeram a pesquisa. Dessa forma não se pode afirmar que todos os entrevistados fazem seus descartes da mesma maneira.

Figura 6- Comparação de médias entre os entrevistados quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte do lixo eletroeletrônico após a pesquisa aplicada aos moradores do município de Mendes, RJ.



Fonte: Autores.

Análise da Variável- “Descartam corretamente”

Esta variável representa a quantidade de pessoas que fazem seu descarte de lixo eletrônico de maneira correta.

Teste de Hipótese

O teste não apresentou diferença nos resultados das médias quanto ao modo pelo qual os grupos faziam seu descarte.

H₀- Os dados não apresentam médias significativas diferentes.

H₁- Os dados apresentam médias significativas diferentes.

Significância 5%.

Verificação dos prognósticos de normalidade e homocedasticidade

a) Teste de Normalidade:

H₀=dados apresentam distribuição normal

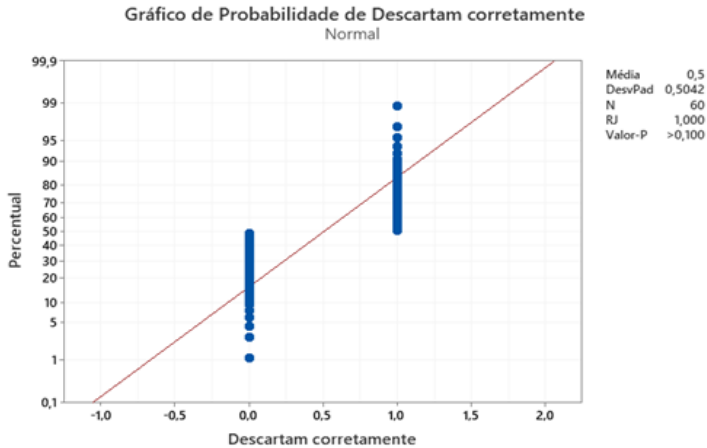
H₁= dados não apresentam distribuição normal

Significância= 5%

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk uma vez que temos menos de 50 elementos.

A Figura 7 expressa a análise de normalidade dos descartes corretos que analisados pela pesquisa. Observa-se que o *P-Value* > 0,100. Sendo esse valor superior ao nível de significância estabelecido de 5% (= 0,05) aceita-se a hipótese nula que os dados possuem distribuição normal. Assim, deve-se proceder com o teste de homocedasticidade (igualdade de variâncias).

Figura 7- Teste de Normalidade entre os entrevistados (moradores do município de Mendes, RJ) quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte do lixo eletroeletrônico após a pesquisa.



Fonte: Autores.

b) Verificação da homocedasticidade (igualdade de variâncias):

H0= dados possuem igualdade de variância.

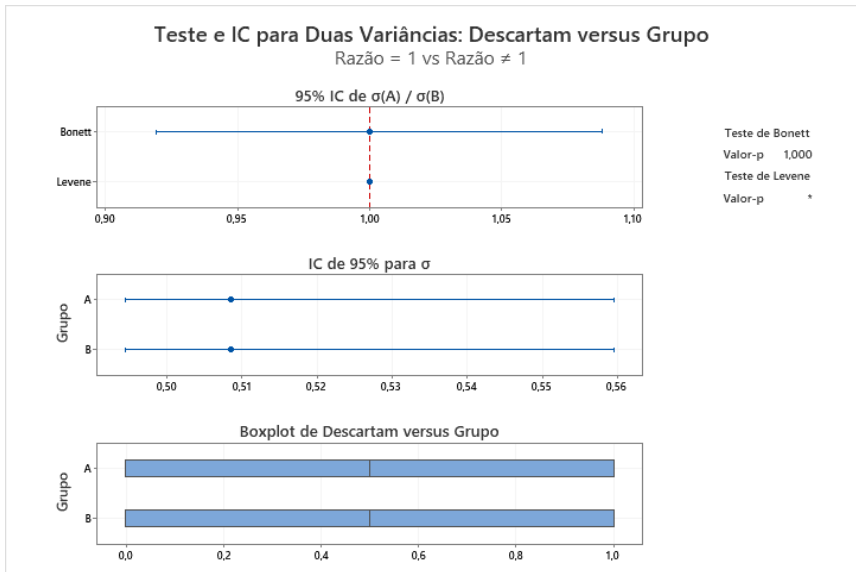
H1= dados não possuem igualdade de variância.

Significância= 5%.

A Figura 8 apresenta o resultado do teste de Levene para análise de igualdade de variâncias. Observa-se que o *P-Value* igual a 1,000. Sendo esse valor maior que a significância estabelecida de 5%,

revelando assim a hipótese nula, podendo-se dizer que há homocedasticidade dos dados. Considerando ser dois grupos de dados, após análise dos requisitos seguiremos aos testes paramétricos, sendo neste caso o Teste-t.

Figura 8- Teste de Homocedasticidade para duas variâncias entre os entrevistados (moradores do município de Mendes, RJ) quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte do lixo eletroeletrônico.



Fonte: Autores.

Verificação do Teste T.

Ho- Os dados não apresentam médias significativas diferentes.

H1- Os dados apresentam médias significativas diferentes.

Significância 5%.

Método

μ_1 : média de população de Não Descartam quando Grupo = A
--

μ_2 : média de população de Não Descartam quando Grupo = B
--

Diferença: $\mu_1 - \mu_2$

Não se assumiu igualdade de variâncias para esta análise.

Estatísticas Descritivas: Não Descartam

Grupo	N	Média	DesvPad	EP Média
A	30	0,500	0,509	0,093
B	30	0,500	0,509	0,093

Estimativa da diferença

Diferença	IC de 95% para a Diferença
0,000	(-0,263; 0,263)

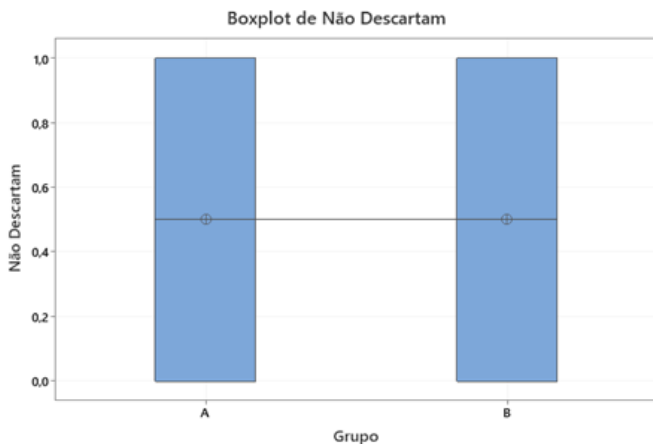
Teste T,

Hipótese nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótese alternativa	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor-T	GL	Valor-p
0,00	58	1,000

A Figura 9 através do Teste T, que pode-se observar um *P-Value* 1,000, é superior ao nível de significância estabelecido de 5% ($=0,05$), comprovando a hipótese nula de que as médias são iguais.

Através do Teste T, pode-se observar um *P-Value* 1,000, é superior ao nível de significância estabelecido de 5% ($=0,05$), comprovando a hipótese nula de que as médias são iguais.

Figura 9- Teste T comprovando a hipótese nula de que as médias são iguais nos resultados dos entrevistados (moradores do município de Mendes, RJ) quanto ao modo pelo qual faziam seu descarte do lixo eletroeletrônico.



Fonte: Autores.

Considerações Finais:

Com base na revisão sistemática de literatura realizada, pôde-se ter uma compreensão e conscientização ampla do assunto em

estudo, mediante as inúmeras leituras feitas sobre o tema. Foi possível concluir através da revisão que o problema de descarte incorreto de lixo eletrônico é um assunto de discussão entre os pesquisadores que trabalham com este assunto em quase todo território nacional. Entretanto, sem nenhuma importância ambiental dada pela população. Ficou notório nas pesquisas de que a população não tem conhecimento e nem preocupação quanto aos prejuízos causados pelos descartes inadequados desses tipos de produtos.

Trabalhar educação ambiental permite se ter uma visão mais ampla dos problemas ambientais gerados pelo descarte inadequado do lixo eletrônico. É de grande importância, que a sociedade consiga perceber a responsabilidade social que cada indivíduo tem para cuidar do planeta em que vive, adquirir consciência e criar hábitos na busca pela sustentabilidade.

Os resultados obtidos com o desenvolvimento e implementação de um “Eco ponto de coleta seletiva de lixo eletrônico” foram percebidos a longo prazo pela sociedade, mediante as campanhas de orientações divulgadas junto à sociedade do Município de Mendes, RJ.

Referências

AFONSO, J. C. Lixo Eletroeletrônico. **Ciência Hoje**, v. 53, p. 36-40, 2014.

ANDRADE, J. M. O. **A gestão dos resíduos tecnológicos em Presidente Prudente/SP: um estudo baseado na visão da economia circular**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2019.

BATISTA, A. A.; BATISTA, A. G.; TAVARES, G. C.; OLIVEIRA, G. Equipamentos eletrônicos: compra, uso e descarte consciente. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n.2, p. 131-168, 2013.

BEKOSKI, K. C. **Desenvolvimento de um aplicativo Android para a conscientização do descarte de lixo eletrônico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

BERLUCCI, L. F.; SAMED, M. M. A. Gestão de Resíduos Sólidos: Um diagnóstico da situação atual dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, v. 7, n. 1, 2011.

BRASIL. Decreto-lei nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre a implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10240.htm#:~:text=DECRETA%3A,33%20e%20o%20art. Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Dispõem da Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, (Brasília), 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2012.305%2C%20DE%202%20DE%20AGOSTO%20DE%202010.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,1998%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.&text=Art.&text=%C2%A7%202o%20Esta%20Lei,s%C3%A3o%20regulados%20por%20legisla%C3%A7%C3%A3o%20espec%C3%ADfica. Acesso em: 16 jul. 2020.

CARDOSO, Daniele; DIAS, Elton; MANIESI, Paulo Sérgio; HECKE, Sirley. **Ciências: saberes e práticas docentes, ensino fundamental 2. Curitiba/PR: Pearson Education do Brasil, 2013.**

CARLETTO, M. R. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 507-525, 2016.

CARVALHO, A. C. Lixo eletrônico: o presente de um futuro que passou. 2009. 12f. Artigo (Módulo Impacto Ambiental e o Direito Digital e das Telecomunicações, Curso de Pós Graduação em Direito Digital e das Telecomunicações) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009.

CONAMA. **Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA N° 257**, de 30 de junho de 1999. Diário Oficial da União, 22/07/1999.

FONSECA, Felipe (2008). **O Ciclo do Lixo Eletrônico- Descarte e Reuso**, Acessado em 20/07/2020, em <http://lixoeletrônico.org/blog/o-ciclo-do-lixo-eletrônico>.

FREITAS, M. B. **Resíduos eletroeletrônicos como tema de educação ambiental no ensino médio** [recurso eletrônico]. Dissertação (mestrado profissional). Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2018.

FRIEDE, R.; SOUZA REIS, D.; AVELAR, K.; MIRANDA, M. G. Coleta seletiva e educação ambiental: reciclar valores e reduzir o lixo. **Educação & Formação**, v. 4, n. 11, p.117-141, 2019.

IVANISEVIC, A.; FERNANDES T. Descaminhos de Nosso Lixo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 211, 2004.

JAHN, S. L, JACQUES, E. A, LEHMANN, A, S. P. Análise do comportamento sociambiental dos acadêmicos do curso de graduação em administração de uma instituição de ensino em relação ao gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. Santa Maria: **2º Fórum Internacional Ecoinnovar**, 2013.

LEIS, A. C. Riscos socioambientais dos resíduos tecnológicos: uma análise do tema na legislação e suas implicações para a sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 7, n. 13, 2011.

LIMA, M. E. C. C., MARTINS, C. M. C., **Apostila da Disciplina de Ensino Ciências com Caráter Investigativo A. CECIMIG/Fae/UFMG, 2014. lixo - eletrônico - uma - reflexão - acadêmica**, Notas de estudo de Gestão Ambiental- Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/lixo-eletronico-uma-reflexao-academica/4759912/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

MANCINI M. C., SAMPAIO, R. F. **Quando o objeto de estudo é a literatura**: estudos de revisão. **Rev Bras Fisioter.** 2006.

MINITAB, Disponível em: Acesso em: 30 jul. 2020.

MOI, P. C. P., SOUZA, A. P. S., OLIVEIRA, M. M., FAITTA, A. C. J., REZENDE, W. B., MOI, G. P., & FREIRE, F. A. D. L. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Connection line-Revista Eletrônica do Univag**, n. 7, 2014.

MOREIRA, D. Lixo eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana. HTML Staff. Disponível em: <http://www.htmlstaff.org/ver.php>, 2007. Acesso em: 30 jul. 2020.

MOTA, L. R. **O instrumento da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no contexto da obsolescência programada e percebida: um olhar a partir da cidade de Santa Maria/RS.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Sociais e Humanas, Programa de Pós Graduação em Direito, p. 120, 2014.

OLIVEIRA, V. M. **Gerenciamento cooperativo de coleta dos resíduos eletrônicos no município de Cruz das Almas - BA.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, 2016.

PEREIRA, C. R. F.; COSTA, V. S. Educação ambiental na escola: subsídios para descarte/reutilização de resíduos eletrônicos. In: **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador**, Bahia, Salvador: UFBA, 2013.

ROCHA, A., & DE SOUZA, F. R. (2017). Obsolescência Programada de Produtos Eletroeletrônicos: Dimensão social, ambiental econômica. **South American Development Society Journal**, v. 3, n. 07, p. 50-67, 2017.

VIMERCATTI, V. T. S. V.; LIMA JUNIOR, A. C. P.; SIMÃO, F. P.; SILVA, C. A. S.; DELPUPO, J. TI VERDE: um estudo do grau de maturidade sob a perspectiva sócio econômico empresarial. In: **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2013.

SIGRIST, C. S. L.; FONSECA, L. F. B.; VEIGA, J. M.; PAIVA, J. M. F.; MORIS, V. A. S. Desenvolvimento de Ponto de Coleta de Resíduos Eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1423-1438, 2015.

SILVA, C. F. P. Estudo sobre: gestão de resíduos sólidos urbanos. **Mon Bio** 57 S586g. 2008.

VELOSO, C. L. Reciclagem de lixo tecnológico e os riscos do descarte inadequado. **Dossiê Técnico**, Instituto Euvaldo Lodi – IEL: Bahia. 2013.

VILELA, Pedro. R. Repórter da Agência Brasil - Brasília Disponível em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2020-02/decreto-obriga-empresas-recolherem-lixo-eletronico> - Publicado em 12/02/2020. Acesso em:16 jul. 2020.

WALDMAN, M. **Lixo: cenários e desafios**. São Paulo: Cortez, 2010.

WILLMS, D. R.; FERNANDES, L. Uma investigação sobre o nível de conscientização da população de Santa Cruz do Sul quanto ao destino correto de Lixo Eletrônico. **Revista de Administração Dom Alberto**, v. 2, n. 1, p. 24-39, 2015.

ZATT, F. A. **Logística Reversa de Equipamentos Eletrônicos no Final da Vida Útil na UFSM**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

ZIERHUT, E. J.; KROHL, D. R.; PERINI, B. L. B.; DALMOLIN, L. C.; GABARDO, A. C. Gerenciamento de Lixo Eletrônico na Cidade de Joinville/SC. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 3, 2012, Goiânia. Anais[...]. Goiânia: GO, 2012.

Elayne Araújo de Almeida

Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura) pela Universidade Severino Sombra - FUSVE (2001- 2006); Especialista em Microbiologia pela Universidade Iguazú - UNIG (2007- 2008); Especialista em Libras pelo Centro Universitário Barão de Mauá - Ribeirão Preto São Paulo (2011- 2013); Mestranda do programa de Mestrado profissional em Ciências Ambientais da Universidade Vassouras, RJ, Brasil.

Paloma Martins Mendonça

Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Santa Úrsula. Especialista em Entomologia Médica pelo Instituto Oswaldo Cruz - IOC/FIOCRUZ. Doutora em Ciências Veterinárias (Parasitologia Veterinária) da UFRRJ. Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz/Fundação Oswaldo Cruz, Professora Adjunta do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras, RJ, Brasil.

Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor (2009) e Mestre (1998) em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Professor do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do CES/JF, da FMG e da Universidade de Vassouras. Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras, RJ, Brasil.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 34 - Perícia Judicial Ambiental Toxicológica e a utilização do CATE como instrumento na apuração de impactos associados à ocupação desordenada em áreas vulneráveis do litoral norte do Rio Grande do Sul

Autores: Sérgio Luis Langer; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: O trabalho pericial ambiental toxicológico é um procedimento fundamental estabelecido para apuração da natureza do agente causal e a possível consequência do impacto gerado pela contaminação dos recursos naturais existentes. As regiões litorâneas são vulneráveis devido à presença e distribuição dos recursos naturais hídricos que sofrem agressões diretas ou indiretas resultantes da ação entrópica humana. A fundamentação técnica nesse trabalho apresenta a importância do procedimento de perícia exercido (ao adequar-se uma estratégia para cada situação), demonstrando como uma sequência metodológica pode responder aos quesitos formulados pelo autor, réus e juízo. Para isso, mediante a elaboração de Laudos de minha autoria, selecionei uma situação para subsidiar a importância da realização de análise técnica física na verificação das causas que levam à ação de crime ambiental relacionados ao comprometimento do meio ambiente e o impacto proveniente da destinação inadequada dos

resíduos sólidos urbanos gerados pelas ocupações irregulares em áreas de preservação ambiental no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Toxicologia ambiental; impacto ambiental; perícia ambiental.

Introdução

Sabe-se que a manifestação de patologias infecciosas em populações costuma ser incrementada em ambientes onde são lançados despejos orgânicos (e resíduos sólidos diversos), os quais determinam uma elevada proliferação de vibriões e bactérias patogênicas (LANGER, 2003; NIESINK, 1996). As bactérias são organismos que podem ter uma enorme importância em piscicultura pelas doenças que provocam, as quais frequentemente têm um impacto econômico apreciável nas populações de peixes (LANGER, 2004; LANGER, 2007; PAVANELLI, 1998).

Por sua vez, a forma de ocupação urbana desordenada também torna potencialmente colaborativa à infecto-contaminação devido a carga de detritos geradas e destinada ao ambiente sem o devido tratamento.

O presente trabalho foi constituído, mediante uma escolha pessoal de um Laudo elaborado para elucidar uma situação infracional distinta ocorrida no litoral norte do Rio Grande do Sul. Este Laudo Pericial (de autoria do 1º autor) no intuito de contribuir perante o significado de um trabalho investigativo, ao demonstrar a sua importância como fomentador de subsídios técnicos para a qualificação judiciária, serviu para o embasamento técnico deste capítulo.

Para isso, respeitada a proposta da temática deste capítulo, consideramos como contribuição os agravantes oriundos de ocupações irregulares urbanas, geração e destinação dos resíduos sólidos, e, as influências dos seus impactos no ambiente litorâneo.

A situação apurada refere-se a uma denúncia, na qual um imóvel residencial fora edificado sobre um terreno, localizado em uma área instituída dentro do limite territorial resguardado por lei e de domínio público, como sendo uma Área de Preservação Permanente (APP).

O terreno estava constituído pelo acúmulo de matéria sedimentar depositada sobre parte do manancial hídrico lacunar; incorporando-se de forma irregular e adulterando as características parciais do bioma local perante o território

continental (ou seja, houve a construção de uma residência, em área pública e APP, sobre um aterramento pernicioso em uma porção da lagoa, no município Tramandaí).

A Perícia Judicial foi realizada para responder aos quesitos elaborados pelo Ministério Público.

Metodologia

Para que a integridade e a imparcialidade perante a situação resguardasse a Perícia de forma fidedigna; sendo esclarecedora dos fatos, esta foi realizada com registros fotográficos (utilizada câmera do aparelho celular Samsung Galaxy Gran Prime/mod. Android) e medições com trena curta de aço (marca: VONDER; comprimento: 5 m, largura da fita: 19 mm; Precisão: Classe II); sendo determinados cinco momentos distintos, tal como segue:

“I- Reconhecimento do local citado nos autos do respectivo Processo, bem como, estejam consideradas Área de entorno e a APP, onde fora discriminada a edificação do respectivo imóvel construído irregularmente, em Tramandaí. Para isso, utilizou-se fotogrametria pelo auxílio do Google Earth.

II- Averiguação da documentação específica quanto à devida legalidade da construção civil (Escritura do terreno e Certidão

de matrícula do imóvel); a planificação e projeto da obra (com reconhecimento e assinatura de um Responsável Técnico devidamente habilitado pelo CREA-RS); as Licenças (LP, LI e LO) para regularidade da edificação, fornecidas pelo Órgão Ambiental do Estado (FEPAM) e pela Prefeitura Municipal de Tramandaí; e, a autorização da Marinha, reconhecendo o direito de propriedade e uso da área.

III- Vistoria *in loco*, com tempo seco, constando a presença de representantes das partes envolvidas e citadas; sendo também, realizadas as análises necessárias, referentes à qualidade ambiental pelo Laboratório TOXILAB, verificação do lançamento de efluentes e destinação dos resíduos sólidos gerados. E em dia chuvoso, sendo averiguada a situação da propriedade e a relativa possibilidade de interferência do volume de água da lagoa associada à qualidade da edificação.

IV- Determinação dos custos ambientais mediante fundamentação em estudos científicos, o apontamento dos valores econômicos associados aos serviços ecossistêmicos e bens ambientais dos ambientes naturais eventualmente degradados, com a possível estimativa dos valores econômicos associados aos ambientes eventualmente degradados. Para isso, utilizou-se a

metodologia dos Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)".

Resultados e Discussões

I - Reconhecimento do local

O procedimento foi iniciado determinando-se data, horário e endereço.

Visando apenas o reconhecimento do local citado no Processo, com o intuito de se averiguar o local da inserção do imóvel na APP e seu entorno, foi feito reconhecimento externo à residência; sendo utilizada fotogrametria via "Google Earth"; Mapeamento de classificação atual da qualidade da água (Res. 357/2005), Cenário da qualidade da água doc/SEMA; e, fotos tiradas de forma presencial na via pública de acesso.

A vista área do Bairro Recanto da Lagoa, no município de Tramandaí-RS, conforme o registro de imagem da localização na região, mostra uma importante evidência que houve expansão urbana e, conseqüentemente, uma forma de ocupação desordenada, nesta porção territorial, sem considerar a relevância da planificação urbana (Fonte: Google Earth; 10 ago/2016).

O mapeamento de classificação atual da qualidade da água (Res. 357/2005), Fonte: p-0117-Tx 882 - Cap. 3 - Cenário da qualidade da água.doc/SEMA), serviu para definir o enquadramento dos mananciais que compunham a região lacustre de Tramandaí e a especificidade quanto ao uso da água nesta lagoa, respondendo a um dos quesitos processuais.

Esse Enquadramento definiu a Lagoa do Armazém como sendo Classe I - das águas salobras; estando o seu uso determinado ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho).

II-Averiguação da documentação específica quanto à devida legalidade do direito de posse da área, uso e habite-se da obra de construção civil edificada

Os registros conferidos subsidiaram provas para a análise da legalidade de propriedade e imóvel residencial edificado questionado nos autos do Processo, sendo relevante para legitimar os fatos apurados.

Também, sendo consideradas as Licenças, obrigatórias, segundo o Código Estadual do Meio Ambiente, em seu art. 55:

“Art. 55 - A construção, instalação, ampliação, reforma, recuperação, alteração, operação e desativação de estabelecimentos, obras e atividades utilizadoras de recursos ambientais ou consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, bem como capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis...”

Foi considerado ainda a documentação referente ao IPTU; e, ainda, o seu direito de uso, conferido pela Marinha do Brasil.

A documentação referente às certidões de matrícula do terreno e imóvel, em nome dos respectivos proprietários, via Registro de Imóveis do Município Tramandaí - RS discriminou que nada consta quanto ao registro documental da existência desta propriedade (Ofício do Registro de Imóveis de Tramandaí - RS; Arquivo pessoal de LANGER, S.L.; 16 ago/ 2016).

As informações referentes à expedição das Licenças (LP, LI e LO) pela FEPAM, conforme a solicitação encaminhada pelo Perito, constando os nomes dos proprietários, apurando se houve a permissão da edificação, discriminaram que não há registro referente à expedição de alguma Licença Ambiental para a regularização desse fim (Informação expedida pela Regional da FEPAM, localizada em Tramandaí - RS; Arquivo pessoal de LANGER, S.L.; 16 ago/ 2016).

Pode-se verificar que não consta nenhuma Licença expedida, a qual possa conferir-lhe a condição de legalidade perante o aterramento feito, o *Habite-se* da construção civil e o direito de uso do suposto terreno. Essa informação foi descrita, mediante uma pesquisa realizada no Sistema de Dados e Arquivos dos Órgãos Estaduais Ambientais competentes considerados (FEPAM, SMAM e PATRAM).

A Agência da Capitania dos Portos em Tramandaí (Marinha do Brasil) informou, por e-mail, a inexistência documental eferente à concessão ou permissão para o aterramento desta porção da Lagoa, tornando ilegal a posse de propriedade (e, conseqüente, edificação do imóvel residencial).

Um protocolo foi aberto, em nome do Perito Oficial, e encaminhado à Prefeitura Municipal de Tramandaí, por meio da Secretaria Municipal de Obras e Departamento de Meio Ambiente, solicitando informações complementares de algum indício documental inerente ao procedimento de Licenciamento exigido por Lei.

E, a Prefeitura Municipal de Tramandaí, por meio das suas Secretarias Municipais (de Obras e de Administração Orçamentária e Finanças Públicas) informou que não possuem

registro algum referente à essa propriedade. Não há Licenças ou muito menos referência ao documento de IPTU. Não consta nenhuma informação pertinente em nome de ambos os proprietários citados nos autos deste processo.

Por e-mail foi solicitado ao CREA-RS uma averiguação documental da referida propriedade e a origem da edificação do imóvel construído no local periciado.

O CREA-RS informou que não há registro referente à expedição de ART – Anotação de Responsabilidade Técnica, assinada por algum Responsável Técnico, relacionado à edificação da construção residencial neste endereço apurado nos autos do referido Processo (e-mail enviado pelo CREA-RS. Arquivo pessoal de LANGER, S.L.; 10 set/2016).

Assim, a edificação, tomada como sendo de própria autoria do proprietário, acarretou uma atividade de assoreamento, a qual conferiu uma formação irregular à característica de um “terreno inexistente” (documentalmente) e fisicamente existente; tornando insustentável a fundamentação para suportar tecnicamente a edificação mantida na referida APP. Uma obra emergente com risco potencial agravante, sendo em caráter ambiental, social e vinculado à saúde pública.

III - Verificado na Vistoria Física *In Loco*

Para isso foi considerada a localidade da Lagoa do Armazém (e, seu entorno), sendo a área adulterada, em questão nos autos do Processo. A vistoria ocorreu, em dois momentos, uma com o tempo seco e uma com tempo chuvoso, no respectivo endereço, situado no Município Tramandaí-RS, conforme a organização de um cronograma (Quadro 1).

No local foi constatado que:

“a residência encontra-se realmente edificada em uma Área de Preservação Permanente - APP; 2. a rua encontra-se margeando a Lagoa do Armazém; 3. esta região encontra-se enquadrada nos parâmetros da Legislação Ambiental vigente (LEI N° 11.520, DE 03 DE AGOSTO DE 2000. (atualizada até a Lei n° 12.995, de 24 de junho de 2008) e as Diretrizes/FEPAM (referentes às definições de Áreas e Enquadramento da sua respectiva especificidade quanto ao direito de propriedade e uso comum) como Área de Preservação Permanente (APP), devido as características naturais eminentes, os recursos naturais existentes, a fauna e flora preponderantes e a integridade da configuração do Bioma; 4. a biota local evidencia sua condição de relevância e importância ambiental; 5. considerando-se o entorno local, coexistem outras moradias que, também, conotam um impacto direto gerado pela intervenção humana, de forma desigual e restritiva quanto ao processo de degradação ambiental iminente, incompatíveis com a preservação da biota e ecossistema local”.

Quadro 1 - Cronograma da vistoria Física in loco, realizada em tempo seco e chuvoso.

Data	Horário	Temp.	Pluviosidade	Umidade	Vento	Ambiente
11/08/2016	12h 10min	18 °C	0 mm	73%	11 km/h	Dia claro, com predominância de sol, sem nuvens, neblina.
29/09/2016	11h 00min	15 °C	0 mm	82%	15 km/h	Dia claro, pouco nublado, porém, com predominância de sol.
05/10/2016	11h 10min	16 °C	78 mm	83%	21km/h	Dia escuro, com predominância de chuva, sem nuvens ou neblina.

A vistoria na residência objetivou:

I- Verificar o impacto originado das possíveis irregularidades decorrentes de uma atividade

específica inerente à uma obra de construção civil constituída em desacordo perante a Normatização Legislativa vigente; e

II- Analisar as consequências geradas pela edificação inadequada, cujo descumprimento das Leis Ambientais, possivelmente contribuíram para a violação da integridade do equilíbrio natural, possibilitando uma interferência na qualidade do bioma.

Uma amostragem de água foi feita mediante procedimento padrão de coleta, condicionando-a em caixas de isolamento térmico e encaminhada para análise laboratorial.

No local de amostragem da água havia resíduos sólidos submersos à lâmina d'água e existem intervenções que alteraram características da vegetação nativa, na área de preservação permanente, com implicações na biota local (Figura 1).

Qualquer intervenção irregular que descumpra com as exigências constantes na Legislação vigente e nas Normas técnicas necessárias ao equilíbrio natural nas zonas ciliares acarreta alterações no ambiente e impede a regeneração da vegetação marginal nativa; as quais, anulando o estabelecimento ciliar e, conseqüentemente, aumentando a erosão, prejudica a qualidade hídrica e contribui ao assoreamento dos cursos de água.

A edificação do imóvel, nessas condições, impediu a regeneração da vegetação marginal ciliar e alterou a paisagem natural (Figuras 2a e 2b).

A inexistência das liberações documentais pertinentes a legalização da respectiva edificação (emitidas para qualquer situação, conforme a natureza, o porte e o potencial de impacto da obra) e ART expedida pelo CREA-RS, configura uma situação significativa de risco.

Figura 1 - Coleta de água realizada pelo Laboratório TOXILAB; cuja amostragem, foi realizada na área em questão.



Fonte: Arquivo pessoal de LANGER, S.L.; 29 set/ 2016.

Uma obra irregular, onde, o limite de 30 metros de recuo em relação à margem, determinado por Lei, não foi obedecido, conforme Código Florestal:

“... Caso as obras sejam feitas próximas aos *cursos d'água* naturais, perenes e intermitentes, que são considerados Áreas de Preservação Permanente (APP), a distância permitida pelo Código Florestal (atualizado pela Lei nº 12.727/12) é de 30 metros”.

Tal situação remeteu-a à uma condição ilegal e de risco proeminente, devido ao fato que não há solo firme lhe conferindo sustentação adequada.

Figura 2 (a) – Imagem de fundo da residência construída sobre a Lagoa do Armazém, definida juridicamente conforme a legislação ambiental vigente como APP.



Fonte: Sérgio Luis Langer.

Figura 2 (b) – Imagem da sapata murada de estruturação da base da edificação, construída dentro da Lagoa, na qual evidenciou-se o impedimento da regeneração ciliar, recomposição vegetal nativa e descaracterização do ambiente e comprometimento da biota local.



Fonte: Sérgio Luis Langer.

O muro do terreno alterou a condição paisagística e remeteu à apropriação indevida do patrimônio público ambiental, violando a Legislação onde consta: “Constituição Federal - Capítulo VI - DO MEIO AMBIENTE”:

“Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações...”.

Essas intervenções evidenciadas (a edificação residencial construída em aterro, sobre a porção da Lagoa; a fossa sanitária; a destinação dos resíduos sólidos gerados; a canalização para escoamento de águas superficiais e dos efluentes domésticos; um muro de concreto; infiltrações e percolações de água na construção e a metragem de área do terreno desrespeitada a distância de recuo, estabelecida em Lei) alteraram, de forma crítica e nociva, as condições ambientais onde o imóvel encontra-se, demonstrando o comprometimento do mesmo. Foram realizadas intencionalmente pela ação humana, sem nenhum tipo de Licença ou Autorização legal expedida pelo Registro de Imóveis, Prefeitura Municipal ou Órgãos Governamentais presentes no Município (FEPAM, PATRAM, SEMA, CREA-RS), cujo exercício técnico vincule responsabilização direta perante a geração de impactos e suas consequências estendidas ao coletivo comunitário.

Os resíduos sólidos dispersos no entorno e proximidade da residência, bem como a presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, Nitrogênio amoniacal (em quantidade acima permitida, conforme estipulada pela Resolução CONAMA 357/2005, verificada nos resultados da análise da qualidade da água) potencializa os focos de infecto-contaminação preponderantes na

região averiguada (Arquivo pessoal de LANGER, S.L.; 29 set/2016).

Em dia chuvoso, há vulnerabilidade perante o fluxo hídrico e volume ascendente da água do manancial, sendo evidenciadas rachaduras e marcas vertentes nas paredes do imóvel (Fonte: Arquivo pessoal de LANGER, S. L.; 19 out/ 2016).

As informações discriminadas tiveram como referência a definição da LEI N° 11.520, DE 03 DE AGOSTO DE 2000. (atualizada até a Lei n° 12.995, de 24 de junho de 2008), no que consta em:

... Art.14 ... IX - áreas de preservação permanente: áreas de expressiva significação ecológica amparadas por legislação ambiental vigente, considerando-se totalmente privadas a qualquer regime de exploração direta ou indireta dos Recursos Naturais, sendo sua supressão apenas admitida com prévia autorização do órgão ambiental competente quando for necessária à execução de obras, planos, atividades, ou projetos de utilidade pública ou interesse social, após a realização de Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Também sendo indispensável a consideração da Lei n° 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (Lei dos Crimes Ambientais), a qual, define as penalidades, a devida forma de compensação e os valores correspondentes, quanto a uma possível reparação financeira,

para com as devidas práticas que violam a qualidade do meio ambiente.

IV- Determinação dos Custos Ambientais pelo método CATE

A determinação estimativa dos valores econômicos associados aos serviços ecossistêmicos e bens ambientais dos ambientes naturais eventualmente degradados foi aplicada pelo método CATE.

Para essa situação específica, considerou-se a fórmula dos custos ambientais totais esperados / dano ambiental intermitente, dentro da sistemática do valor futuro, dado o valor uniforme.

Porém, os danos ambientais contínuos remetem uma tipologia de degradação ambiental periódica, repetitiva, com riscos ambientais vinculados de maneira contínua (a exemplo do lançamento sistemático de águas residuais (diário, mensal, anual)).

Para a dedução da fórmula matemática aos danos ambientais contínuos foram observados os aspectos:

n

$$[(1 + j) - 1] / j = \text{Fator empregado no numerador o qual reflete uma avaliação futura para uma sucessão infinita ou contínua de ações. Observe-se, ainda, que este fator tende a ser eliminado da fórmula.}$$

Nessa situação pressupõe-se que as intervenções antrópicas para fins da ocorrência dos danos

ambientais ocorram, de forma repetitiva e contínua, nos momentos "0", 1, 2,..., n, tem-se o desenvolvimento do método a partir do seguinte fluxo de caixa:

$$A$$

$$CATE = \frac{\quad}{n}$$

$$(1 + j) - 1$$

Entende-se "A", como sendo Valor Futuro de uma Série Periódica Anual com base em "X" (danos ambientais contínuos), apurado tal como segue:

$$A = \frac{X [(1 + j)^n - 1]}{j}$$

Substituindo-se, as respectivas variáveis, tem-se a seguinte definição:

$$X = Cd. Fi/d \text{ ou } Vc + Cd. Fi/d$$

Conforme a análise de um parâmetro, matematicamente inferido; tem-se:

$$CATE = \frac{(Cd. Fi/d)}{j}$$

Dessa forma, ao ser considerado o elemento "*motivo econômico*", possivelmente descrito por este modelo; então, a formulação matemática da avaliação dos Custos Ambientais Totais Esperados - Dano Ambiental Contínuo venha a constituir-se em:

$$\text{CATE} = \frac{(\text{Vc} + \text{Cd} \cdot \text{F i/d})}{\text{J}}$$

Observa-se, ainda, que: **CATE** = Valor presente dos custos ambientais esperados em função de determinado tipo de dano ambiental (sendo ele, intermitente ou contínuo), a partir dos fluxos de caixa produzidos por uma série infinita de vidas úteis do número de anos; e, valor presente dos custos ambientais totais esperados de um determinado processo de degradação ambiental, em unidade monetária por unidade de área; **Cd** = Custos ambientais (valor presente) para fins de reparação dos danos ambientais diretos, para efeito da consideração dos valores ambientais diretos, em unidade monetária por unidade de área; **Vc** = Valor comercial da área, em termos de uma série periódica anual, benefício direto a ser auferido por motivo econômico etc. (em unidade monetária por unidade de área); **F i/d** = Fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos, para efeito da consideração dos valores ambientais indiretos, conforme

depreendido de RIBAS (1996), numa escala de 1 à 9; j = Taxa de juros (% ao ano), e; n = Período de rotação, horizonte de ocorrência dos efeitos ambientais no tempo (normalmente, uma geração - 25 anos).

Assim sendo, pode-se finalmente perceber, que o fator **Cd. F i/d** permite ser entendido como a totalidade dos custos ambientais diretos e indiretos pertinentes a determinado processo de degradação ambiental.

As evidências constatadas *in loco* demonstraram que as intervenções alteraram as características naturais do meio, resultando em impactos, os quais geraram passivos ambientais significativos, impedindo a reparação das funções ambientais da biota local.

Uma vez que, efetivamente foram constatados os danos ambientais em determinada APP, estipula-se que tais fatos degradadores do meio ambiente sejam passíveis de quantificação quanto às medidas indenizatórias.

Segundo os autores citados em RIBAS (1996), as medidas preventivas, corretivas e compensatórias de controle dos impactos ambientais (ainda que dentro da perspectiva dos projetos de desenvolvimento econômico), recaem às medidas de mitigação de

impactos ambientais causados por determinado projeto, discriminando-se:

“(a) **Medidas preventivas** - como sendo, a Implantação de medidas de segurança ambiental;

(b) **Medidas corretivas** - como sendo, a Alteração do projeto com vistas a se considerar determinados elementos ambientais;

(c) **Medidas compensatórias** - como sendo aquelas notadamente de cunho pecuniário”.

A estimativa do custo indenizatório à reparação do dano constituído pode ser determinada conforme a Lei dos Crimes Ambientais; na qual, estão definidas as situações e condições a serem cumpridas; e, os parâmetros de valores determinados segundo as tipologias e especificidades das naturezas inerentes aos danos causados.

O Auto de Infração é o instrumento administrativo de cunho reparatório ao dano efetivo apurado; assegurado perante a legislação permite definir os valores pertinentes à proporcionalidade da natureza do dano ambiental, segundo determinações conforme as condicionantes estabelecidas, tal como regidas pelo Decreto Nº 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Neste decreto, segundo a Seção II “Das Sanções Aplicáveis às Infrações Contra a Flora ... estabelece o que segue e dispõe sobre a

especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, no que consta no Art. 2º As infrações administrativas são punidas com as seguintes sanções: Advertência; Multa simples; Multa diária ... sendo ainda considerado, Embargo de obra ou atividade; Demolição de obra; Suspensão parcial ou total das atividades; Restritiva de direitos; e Reparação dos danos causados.

§ 1º Se o infrator cometer, simultaneamente, duas ou mais infrações, ser-lhe-ão aplicadas, cumulativamente, as sanções a elas cominadas.

§ 2º A advertência será aplicada; pela inobservância das disposições deste Decreto e da legislação em vigor, sem prejuízo das demais sanções previstas neste artigo.

§ 3º A multa simples será aplicada sempre que o agente, por negligência ou dolo:

“I - Advertido, por irregularidade, que tenham sido praticadas, deixar de saná-las, no prazo assinalado por órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA ou pela Capitania dos Portos do Comando da Marinha;

II - Opuser embaraço à fiscalização dos órgãos do SISNAMA ou da Capitania dos Portos do Comando da Marinha”.

§ 4º A multa simples pode ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente.

§ 5º A multa diária será aplicada sempre que o cometimento da infração se prolongar no tempo, até a sua efetiva cessação ou regularização da situação mediante a celebração, pelo infrator, de termo de compromisso de reparação de dano.

§ 7º As sanções indicadas nos incisos VI, VII e IX do caput deste artigo serão aplicadas quando o produto, a obra, a atividade ou o estabelecimento não estiverem obedecendo às determinações legais ou regulamentares.

§ 8º A determinação da demolição de obra de que trata o inciso VIII do caput deste artigo, será de competência da autoridade do órgão ambiental integrante do SISNAMA, a partir da efetiva constatação pelo agente atuante da gravidade do dano decorrente da infração.

§ 9º As sanções restritivas de direito aplicáveis às pessoas físicas ou jurídicas são:

“I - Suspensão de registro, licença, permissão ou autorização;

II - Cancelamento de registro, licença permissão ou autorização;

III - perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais;

IV - Perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito; e

V- Proibição de contratar com a Administração Pública, pelo período de até três anos”.

§ 10. Independentemente de existência de culpa, é o infrator obrigado à reparação do dano causado ao meio ambiente, afetado por sua atividade.

Art 3º Reverterão ao Fundo Nacional do Meio Ambiente- FNMA, dez por cento dos valores arrecadados em pagamento de multas aplicadas pelo órgão ambiental federal, podendo o referido percentual ser alterado, a critério dos demais órgãos arrecadadores.

Art 4º A multa terá por base a unidade, o hectare, o metro cúbico, o quilograma ou outra medida pertinente, de acordo com o objeto jurídico lesado.

Art 5º O valor da multa de que trata este Decreto será corrigido, periodicamente, com base nos índices estabelecidos na legislação pertinente, sendo o mínimo de R\$ 50,00 (cinquenta reais), e o máximo de R\$50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais).

Art 6º O agente autuante, ao lavrar o auto de infração, indicará a multa prevista para a conduta, bem como, se for o caso, as demais sanções estabelecidas neste Decreto, observando:

“I – A gravidade dos fatos, tendo em vista os motivos da infração e suas consequências para a saúde pública e para o meio ambiente;

II – Os antecedentes do infrator, quanto ao cumprimento da legislação de interesse ambiental; e,

III – A situação econômica do infrator”.

Art. 7º A autoridade competente deve, de ofício ou mediante provocação, independentemente do recolhimento da multa aplicada, majorar, manter ou minorar o seu valor, respeitados os limites estabelecidos nos artigos infringidos, observando os incisos do artigo anterior.

Parágrafo único. A autoridade competente, ao analisar o processo administrativo de auto-de-infração, observará, no que couber, o disposto nos arts. 14 e 15 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Art. 27. Causar dano direto ou indireto às Unidades de Conservação e às áreas de que trata o art. 27 do decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, independentemente de sua localização: Multa de R\$200,00 (duzentos reais) a R\$50.000,00 (cinquenta mil reais).

Art 38. Explorar área de reserva legal, florestas e formação sucessoras de origem nativa, tanto de domínio público, quanto de domínio privado, sem aprovação prévia do órgão ambiental competente, bem como da adoção de técnicas de condução, exploração, manejo e reposição florestal: Multa de R\$100,00 (cem reais) a R\$ 300,00 (trezentos reais), por hectare ou fração, ou por unidade, estéreio, quilo, mde ou metro cúbico.

E, considerando-se, ainda, em sua Seção IV Das Sanções Aplicáveis às Infrações Contra o Ordenamento Urbano e o Patrimônio Cultural estabelecem o que segue e dispõe:

“Art. 51. Promover construção em solo não edificável, ou no seu entorno, assim considerado em razão de seu valor paisagístico, ecológico, artístico, turístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental, sem autorização da autoridade competente ou em desacordo com a concedida: Multa de R\$ 10.000,00 (dez mil reais) a R\$ 100.000,00 (cem mil reais)”.

Pode ser considerada, ainda, uma possibilidade para definir-se esse parâmetro, segundo a utilização de um método para valoração mensurada pelo impacto gerado (sendo ele, irreversível).

Os Danos Ambientais Irreversíveis correspondem ao período decorrido entre o estabelecimento dos danos ambientais e a efetiva

implementação das medidas ambientais preconizadas para o caso ambiental (f).

As medidas ambientais preconizadas, por sua vez, estariam diretamente vinculadas com o processo de avaliação ambiental estabelecido, e, genericamente, inferido como CATE.

Assim sendo, pode-se quantificar o dano instituído:

$$DAI = f (t, CATE)$$

DAI = danos ambientais irreversíveis (R\$/ano); t = tempo, em anos, decorrido entre o estabelecimento dos danos ambientais e a implementação das medidas ambientais, e; CATE = CATE I ou CATE II (R\$).

j = taxa de juros ao ano (%).

$$DAI = CATE \left[\frac{(1 + j)^t - 1}{j} \right] \quad \text{Ou} \quad DAI = CATE [(1 + j)^t - 1]$$

Assim, a valoração de uma alteração ambiental constituída pode ser deduzida pelo dispositivo de cunho administrativo; complementado por um recurso analítico e assegurado de acordo com a definição estabelecida na Legislação Ambiental vigente.

Considerações Finais

As exigências nos autos do Processo, quanto a averiguação das condições inerentes ao impacto gerado pela construção de um imóvel em uma APP, a situação consumada e as análises laboratoriais para a verificação da qualidade ambiental foram apuradas.

Os indícios demonstraram que o aterro e a edificação intencional do imóvel sobre solo não edificável e de forma irregular, condicionam riscos inerentes ao âmbito familiar, estrutural e ambiental.

A questão documental inexistente demonstra que a edificação e o terreno se encontram constituídos ilegalmente, desrespeitando a obrigatoriedade das normatizações e registros patrimoniais perante o Poder Público e a Gestão Governamental; ferindo a responsabilidade perante o direito de propriedade a ser-lhe conferido.

A APP possui características naturais que definem suas particularidades e condicionantes para promover o equilíbrio natural entre as espécies e o seu desenvolvimento, mantidas mediante práticas de preservação da vida, respeitando-se legalmente a integridade biológica local.

A análise laboratorial da água demonstrou alterações dos parâmetros apresentados quanto aos valores referenciais da Resolução Conama nº 357, de 17 de Março de 2005 (alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011).

Os valores de alguns parâmetros, como, coliformes totais, nitrogênio amoniacal, fósforo, sulfatos, sólidos dissolvidos totais e a presença de bactérias heterotróficas, demonstram quantidades elevadas, estando comprometida a qualidade dessa água para consumo humano sem tratamento.

Esses parâmetros encontram-se alterados devido às emissões de efluentes *in natura*.

Houve adulteração da qualidade do patrimônio biológico, violação dos direitos perante o poder público ambiental e a sociedade, descaracterização parcial da biota, desconsideração ao risco, focos de infecto-contaminação proeminentes e condições alteradas da água.

No local há comunidades de mamíferos silvestres roedores que podem contribuir com doenças situacionais de veiculação hídrica, como leptospirose; há criatórios de mosquitos e moscas; e, resíduos sólidos sem destinação final adequada, comprometendo a integridade da saúde pública.

Quanto a apuração do risco de sustentabilidade da edificação sobre um local totalmente inadequado, a residência não apresentou condições consistentes para manter-se intacta mediante a ação direta dos fatores promoventes de um desgaste, devido aos processos de intemperismos sofridos.

A tipologia da obra, o grau de impacto e o risco averiguado, referente às condições mínimas de sustentabilidade do terreno, do imóvel e o seu entorno, percebeu-se que não há fundamentação que permita a procedência lesiva da edificação no local.

Em decorrência do impacto ambiental gerado, as informações solicitadas pelo MP referente ao valor da Compensação Ambiental foram qualificáveis ao dano ambiental, como Grau de Impacto no Ecossistema (podendo atingir valores de 0 a 0,5%); para isso, há de considerar - ISB (Impacto sobre a Biodiversidade), CAP (Comprometimento de Área Prioritária) e IUC (Influência em Área de Conservação).

O ISB tem como objetivo contabilizar os impactos do empreendimento diretamente sobre a biodiversidade na sua área de influência direta ou indireta; terá o seu valor variando entre 0 e 0,25%; o CAP tem por objetivo contabilizar efeitos do empreendimento sobre a área prioritária em que se insere; e, o IUC

tem por objetivo avaliar a influência do empreendimento sobre as unidades de conservação ou suas áreas de amortecimento, sendo que os valores podem ser considerados cumulativamente até o valor máximo de 0,15%.

Caracterização do dano ambiental apurado (tabela 2): IUC: G4: Área de proteção ambiental = 0,10%; IM: IM (Índice de Magnitude) = 3 (alta magnitude do impacto gerado); IB: IB (Índice de Biodiversidade) = 1 (biodiversidade se encontra medianamente comprometida); IA: IA (Índice de Abrangência) = 1 (impactos limitados à área de uma microbacia; impactos limitados a um raio de 5km; profundidade maior ou igual a 200m); IT: IT (Índice de Temporalidade) = 3 (média: superior a 15 anos e até 30 anos após a instalação do empreendimento); ICAP: ICAP (Índice Comprometimento de Áreas Prioritárias) = 1 (impactos que afetem áreas de importância biológica alta).

Segundo o Art. 31-A do Decreto 4340/02, com redação dada pelo Decreto 6848/09, o valor da Compensação Ambiental derivada do Licenciamento Ambiental Federal deve ser calculado pelo produto do Grau de Impacto (GI) com o Valor de Referência (VR).

Tabela 2 - Determinação do valor do GI (Grau de Impacto gerado).

ISB	CAP	GI
-----	-----	----

$ISB = IM \cdot IB$	$CAP = IM \cdot ICAP \cdot IT / 70$	$GI = ISB + CAP +$
$(IA \cdot IT) / 140$		IUC
$ISB = (3) \cdot (1) (1 \cdot 3) /$	$CAP = (3) \cdot (1) \cdot (3) / 70$	$GI = (0,065) + (0,13)$
140		+ (0.10)
ISB = 0,065	CAP = 0,13	GI = 0,29

O VR corresponde ao somatório dos investimentos necessários para a implantação do empreendimento, não incluídos os investimentos referentes aos planos, projetos e programas exigidos no procedimento de licenciamento ambiental para mitigação de impactos causados pelo empreendimento, bem como os encargos e custos incidentes sobre o financiamento do empreendimento, inclusive relativos às garantias e os custos com apólices e prêmios de seguros pessoais e reais.

As informações necessárias ao cálculo do VR deverão ser apresentadas pelo empreendedor ao órgão licenciador antes da emissão da LI.

Esse procedimento, para ser determinado um valor oficial em reais (R\$), deve ser feito com vista à obtenção do Licenciamento perante o empreendimento constituído; porém, torna-se significativo relevar que a edificação foi realizada sem licença ambiental dos devidos Órgãos (FEPAM, IBAMA), sem registro ou reconhecimento do CREA-RS, sem elaboração de EIA/RIMA, não

constando registro do bem imóvel e inexistência de alguma regularização documental da Prefeitura Municipal.

Assim sendo, a partir da atividade irregular realizada pelo réu; de forma prudente, a fim de que o valor possa ser sugerido, foi utilizado o cálculo:

$$"CA = VR. GI"$$

Devido à falta de elementos referentes ao valor real do imóvel constituído, uma vez que foi edificado desconsiderando-se as exigências técnicas perante os critérios da legislação, o valor do custo ambiental foi determinado mediante a consideração dos valores máximos referidos nos Art. 27; Art.3 8 e Art. 51 discriminados conforme a Decreto Nº 3.179, de 21 de Setembro de 1999, e sendo ainda, considerados os índices de correção aplicados retroativamente ao período temporal da construção da obra (juros ao mês + IGPM). Assim, sugeriu-se para o Custo Ambiental (CA), o valor de: R\$ 357.254,00.

Referências

Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul - **Lei N° 11.520, de 03 de agosto de 2000**. (atualizada até a Lei n° 12.995, de 24 de junho de 2008).

Código Florestal (atualizado pela Lei n° 12.727/12).

DAJOZ, Roger. **Ecologia Geral**. 1983. 4ª Edição. Editora Vozes. Rio de Janeiro. 472p.

Decreto N° 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Decreto 6848/09.

FEPAM; Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte, **Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental** n°1, Porto Alegre, 2000, 96:27,51.

LANGER, S.L. 2003. **Amônia e a possível ação de bactérias em Gên. Mugil (Osteichthyes), no rio Tramandaí**. Monografia do Curso de Especialização em Toxicologia Aplicada, Instituto de Toxicologia (INTOX-PUCRS), 27 p

LANGER, S.L.; VARGAS, VMF.B, FLORES-LOPES, F.D* and MALABARBA, LR. 2004. **Alterações histopatológicas na epiderme de *Mugil platanus* (Mugilidae) como resultado da ação de bactérias encontradas no rio Tramandaí - Tramandaí - RS**.

LANGER, S.L.; VARGAS, VMF.B, FLORES-LOPES, F.D* and MALABARBA, LR. 2007. **Effects of bacterial infestation caused by human wastes on the skin structures of *Mugil platanus* Günther, 1880 (Mugilidae)**. *Received February 28, 2007 - Accepted July 3, 2007 - Distributed May 31, 2009 (With 2 figures).

Lei N° 11.520, de 03 de agosto de 2000. (atualizada até a Lei n° 12.995, de 24 de junho de 2008).

Lei N° 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (Lei dos Crimes Ambientais).

NIESINK, Raymond J. M.; VRIES, John de & HOLLINGER, Manfred A. 1996. **Toxicology - Principles and Applications**. CRC Press, Boca Raton, New York, 1284 p.

ODUM, Eugene P. 1983. **Ecologia**, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 435:11-117.

PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C. & TAKEMOTO, R.M. 1998. **Doenças de peixes: Profilaxia, Diagnóstico e Tratamento**. Maringá, EDUEM: CNPq, Nupélia, 264 p.

Resolução CONAMA 20/86 - Brasil, 1986; Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Resoluções CONAMA; 1984/91. 4. ed. Ver. E aum. Brasília, IBAMA, 1992, 245p.

Resolução CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 (alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011).

RIBAS, L. C. Avaliação de danos ambientais - uma metodologia para o estabelecimento do valor de indenização ambiental. In: A problemática ambiental: reflexões, ensaios e propostas - Continuidade de Vivência ambiental a partir de frases e momentos. **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrônomicas e Florestal**. Botucatu/SP. 1998.págs. 115-156.

VASCONCELLOS, S.V. **Estudos sobre resíduos sólidos e líquidos na zona estuarina de Tramandaí, litoral norte do Rio Grande do Sul**. 1993. 38 f., Monografia (Bacharelado em Geografia) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande.

VILLWOCK, J. A.; Tomazelli, L. J. **Geologia costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas/ Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica**. Porto Alegre. v.8. p. 1 - 45. 1995.

Sérgio Luis Langer

Biólogo Toxicologista, Graduação em Biologia e Especialização em Toxicologia Aplicada, ambas pela PUCRS, Brasil; Perito Judicial Toxicologista/ Ambiental, credenciado oficialmente ao TRF4, TJRS e MPRS; Professor Estadual do Governo do Rio Grande do Sul, no I.E.E. Barão de Tramandaí, no município de Tramandaí; Mestrado em Ciências Biológicas com Ênfase em Enfermidades Parasitárias, pela Universidad Autónoma de Asunción (U.A.A.), Paraguai.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMEF)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 35 - A utilização da avaliação ambiental estratégica no planejamento territorial: Uma proposta de Relatório de Definição do Âmbito para a revisão do Plano Diretor Municipal da cidade de Vassouras/RJ.

Autores: Yolanda de Souza Capute; Carlos Eduardo Cardoso

Resumo: O presente estudo visou apresentar reflexões sobre a utilização do instrumento da avaliação ambiental estratégica (AAE) no planejamento territorial, mais especificamente, no momento da elaboração ou revisão de um plano diretor municipal. A AAE é um instrumento utilizado em larga escala pela comunidade internacional e tem se mostrado eficaz para criar condições verdadeiras de sustentabilidade ambiental, uma vez que atua de forma estratégica e auxilia na tomada de decisão dos *stakeholders* no momento do planejamento de políticas, planos e programas. A investigação debruçou-se na literatura e legislação europeia, com aprofundamento da perspectiva portuguesa, considerando que no Brasil não há legislação específica sobre o tema, apesar de diversas tentativas como se verá adiante. Desta forma, buscou-se realizar um quadro comparativo, com explanação a respeito do surgimento do instrumento, as melhores práticas e a metodologia da AAE utilizada para revisão do plano

diretor municipal da cidade de Coimbra, localizada na região norte de Portugal. Ao final, propôs-se para a revisão do plano diretor municipal da cidade de Vassouras, pertencente à região centro-sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro, um Relatório de Definição do Âmbito de Aplicação (RDA) da AAE.

Palavras-chave: Avaliação Ambiental Estratégica (AAE); Planejamento Territorial; Plano Diretor Municipal; RDA.

Introdução

A variável ambiental encontra-se em voga desde meados da década de 1970, fruto das preocupações emergentes identificadas na relação homem-meio ambiente, restando evidente que somente de forma harmônica e equilibrada poder-se-ia assegurar para as gerações futuras condições favoráveis à sobrevivência humana.

Neste sentido, o que se pretende abordar neste breve estudo é a caracterização da Avaliação Ambiental Estratégica – AAE e suas potencialidades como instrumento capaz de contribuir para promoção da inclusão da perspectiva ambiental no processo de planejamento territorial, mais especificamente no que tange a Políticas, Planos e Programas (PPPs).

Em linhas gerais, a AAE tem o condão de possibilitar que os preceitos de sustentabilidade permeiem todo processo decisório desde o início, com estratégias de longo prazo, num processo cíclico e contínuo, permitindo aos decisores conhecer as mais diversas alternativas que promovam o desenvolvimento, mas que impactem de forma mais positiva o meio ambiente.

Primeiramente, será examinado o surgimento da AAE, evidenciando as ineficiências constatadas ao longo dos anos com a utilização da Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, primeiro instrumento de controle ambiental desenvolvido com o fito de promover as ideias iniciais que abrangem o desenvolvimento sustentável.

Em seguida, serão descritos os aspectos conceituais da AAE, bem como os objetivos e os procedimentos técnicos e metodológicos de sua implantação, considerando ainda os seus benefícios e limitações.

Posteriormente, será avaliada sua evolução no cenário europeu com a publicação da Diretiva Europeia 2001/42/CE e a transposição específica para o ordenamento jurídico português, com análise do Relatório de Definição do Âmbito da AAE

realizada para a revisão do Plano Diretor Municipal – PDM da cidade de Coimbra.

Ato contínuo para exposição deste ensaio, será relatada de forma sucinta a origem do Direito Urbanístico Brasileiro e os instrumentos concebidos para promoção do controle ambiental, que acabaram por culminar num aparato legislativo que não prevê a obrigatoriedade de uso da AAE para PPPs, nem tampouco para projetos, traduzindo-se num retrocesso. Os poucos casos identificados de uso da AAE no país fazem referência a projetos e de forma questionável.

Por fim, propõe-se a utilização da AAE para a revisão do PDM da cidade de Vassouras, interior do Estado do Rio de Janeiro, traçando um paralelo com o estudo de caso da AAE para o PDM da cidade de Coimbra, justamente pelas características intrínsecas semelhantes em ambas cidades. Para tanto, será desenvolvido um Relatório de Definição do Âmbito (RDA) da AAE para a revisão do PDM de Vassouras que constitui a primeira fase para aplicação em si do instrumento.

Este capítulo é produto da dissertação do primeiro autor e teve por objetivo demonstrar as contribuições da Avaliação Ambiental Estratégica – AAE para o planejamento territorial brasileiro.

Adicionalmente, buscou-se identificar as possíveis contribuições do instrumento da AAE nas estratégias de uso e ocupação do solo da cidade de Vassouras/RJ, levando em consideração o case internacional utilizado na cidade de Coimbra, construindo um modelo de Relatório de Definição do Âmbito sobre o qual poderá recair a AAE para a revisão do Plano Diretor Municipal de Vassouras.

Metodologia

A metodologia usada para a confecção do presente trabalho, baseou-se em uma revisão bibliográfica, através do levantamento de livros, artigos nacionais e internacionais, teses, dissertações e demais publicações relacionadas ao tema.

Buscou-se detectar o entendimento da literatura internacional a respeito das melhores práticas para uma boa avaliação, levando em conta o direito português e a experiência de aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica no Plano Diretor Municipal da cidade de Coimbra, revisto em 2014. Foram utilizados, ainda, o Relatório de Definição do Âmbito da AAE desenvolvida para a revisão do Plano Diretor Municipal da cidade de Coimbra, em Portugal, o Plano Diretor Municipal da cidade de Coimbra, revisto em 2014 e o Plano Diretor Municipal da cidade de Vassouras/RJ,

publicado em 2007. Em derradeiro, foi realizado um cruzamento dos documentos selecionados, recomendando a utilização da AAE para a revisão do Plano Diretor da cidade de Vassouras.

Fundamentação

Origem - Uma abordagem sintetizada acerca da insuficiência da Avaliação de Impacto Ambiental - AIA

A dicotomia homem versus natureza remonta os primórdios das civilizações antigas²⁵ sendo que, hodiernamente, com um sistema capitalista arraigado na sociedade e a finitude comprovadamente aparente dos recursos naturais, esta relação apresenta-se paradoxalmente antagônica.

Tal assertiva se deve ao fato de que, se por um lado o homem busca sempre o seu desenvolvimento e superação, sem necessariamente atuar de forma diligente e preventiva; por outro, mesmo que de forma relutante, ainda permanece amarrado ao que

²⁵ Há quem defenda que foi na Grécia Antiga que o homem passou a ter um olhar mais racional e, conseqüentemente, menos místico a respeito da natureza, na tentativa de compreender a relação entre a <criadora> de todo o Universo e tudo que se decompõem a partir desta. Com o Renascimento, essa visão deu lugar aos ideais antropocêntricos. Séculos depois, mais precisamente no século XX, "... a Ecologia resgata a preocupação, relegada aos povos primitivos e ao pensamento mítico, para as conseqüências do progresso científico e tecnológico sobre o meio ambiente." GONÇALVES (2008).

a natureza obrigatoriamente impõe, cabendo ao mesmo, ainda que no limite, respeitá-la.

Não obstante estas considerações, verificou-se que a proteção ao ambiente, amplamente disseminada e debatida nos tempos atuais, não esteve em voga, até metade do século XX. Até então, todo e qualquer projeto, de grandes obras, por exemplo, detinha-se na elaboração de Estudos de Viabilidade Técnica e Análise de Custos-Benefícios (ACB). Miranda (2007) afirma que esta metodologia apenas realizava estudos acerca da engenharia do projeto e decretava como único critério o custo. Não havia previsão sobre a degradação dos recursos naturais e as consequências decorrentes da utilização inadequada, tampouco mecanismos capazes de coibir e sancionar os responsáveis.

Foi exatamente neste contexto, mais precisamente no final dos anos 1960, que surgiu nos EUA, instrumento balizador das atitudes comissivas do homem com o ambiente, o NEPA (Lei Nacional de Política Ambiental²⁶, em 1969, sendo o marco da

²⁶ “Signed into law by President Richard Nixon on January 1, 1970, NEPA set forth a bold new vision for America. Acknowledging the decades of environmental neglect that had significantly degraded the nation's landscape and damaged the human environment, the law was established to foster and promote the general welfare, to create and maintain conditions under which man and nature can exist in productive harmony, and fulfill the social, economic, and other requirements of present and future generations of Americans. Beneath the lofty rhetoric lay practical concerns. NEPA did

conscientização ambiental responsável. Assim, o NEPA firmou-se como a primeira integração das ópticas preventivas frente aos problemas ambientais de desenvolvimento em âmbito nacional. Dentre outras questões apropriadamente abordadas, o aludido instrumento previu de forma vanguardista a obrigatoriedade de sujeição à avaliação de impacto ambiental todos os projetos potenciais causadores de dano, sob a égide governamental, garantindo ainda maciça participação pública quando do processo decisório²⁷.

O NEPA estabeleceu ainda a criação do Council on Environmental Quality (CEQ), um conselho para a qualidade ambiental, com a função de enviar relatórios anuais para o Congresso e formular

not advocate environmental preservation at all costs. Rather, it sought to balance environmental concerns with the social, economic, and other requirements of present and future generations of Americans. State and local governments concerned private and public organizations, and individuals encouraged Federal agencies to work in partnership; NEPA endeavored to reconcile the inherent tension between the rapidly changing world and its finite natural resources". Disponível em: <http://ceq.hss.doe.gov/welcome.html#Act>. Acesso em 01/05/2015.

²⁷ Em realidade, o catastrófico derramamento de petróleo no canal de Santa Barbara, próxima a cidade de mesmo nome, nos Estados Unidos da América, em fevereiro de 1969, propulsionou a adoção de medidas que encorajassem o estabelecimento de uma relação harmônica entre o ambiente e o homem, através da promoção de esforços que visassem prevenir e eliminar danos ao ambiente e a biosfera, estimulando a saúde e o bem-estar do homem. Mais em: http://energy.gov/sites/prod/files/nepapub/nepa_documents/RedDont/Req-NEPA.pdf. Acesso em 01/05/2015.

diretrizes técnicas, concretizando assim a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), como instrumento abrangedor de assuntos sociais, ambientais, econômicos e políticos que auxiliam a tomada de decisão.

Em 1973, foram publicadas as primeiras diretrizes técnicas com a definição de procedimentos a considerar, bem como a criação do conceito preliminar do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) que visa consubstanciar a avaliação e o estabelecimento do prazo mínimo de 45 dias para revisão, com a garantia de participação pública, antes do EIA final e o tempo de espera do início da execução.

Em realidade, o sucesso do modelo norte-americano ocorreu a partir de reuniões preparatórias realizadas em Forneaux, na Suíça em 1971, que culminou na formalização de documento intitulado *O Painel de Peritos em Desenvolvimento e Ambiente*, utilizado como base para a famigerada Conferência de Estocolmo, em 1972, produzida pela Assembleia Geral das Nações Unidas²⁸:

²⁸ O documento redigido em *Fourneaux* teve como objetivo discutir as divergências entre países desenvolvidos e os de industrialização tardia. Como consequência da Conferência de Estocolmo, gerou-se a <Declaração Sobre o Meio Ambiente Humano>, marco fundamental que tornou os impactos ambientais algo a ser efetivamente minimizado. Neste contexto, surge a ideia de harmonizar justiça social, crescimento econômico e preservação ambiental através do conceito de <ecodesenvolvimento> a fim de estabelecer uma relação positiva entre desenvolvimento e meio ambiente. A partir da

A Conferência de Estocolmo evidenciou a falácia existente sobre a inesgotabilidade dos recursos naturais, ao mesmo tempo em que estabeleceu uma relação de antagonismo entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento (ou de industrialização tardia). Enquanto os primeiros hastearam a bandeira do “desenvolvimento zero”, os segundos ergueram-se a favor do “desenvolvimento a qualquer custo”.

O resultado da Conferência, após quase 10 dias de debate, foi relevante e levou à publicação da *Declaração de Estocolmo sobre o Ambiente Humano*, com a elucidação pioneira de conceitos objetivos e determinação de princípios claros, servindo de base para todos os povos em busca da preservação e melhoria do ambiente.

Rocha *et al.* (2005) salientam que, com uma conjuntura favorável, a AIA americana se propagou rapidamente para outros países, sendo adaptada à realidade dos ordenamentos jurídicos e aos ditames dos governos locais que determinam a abrangência, forma e o momento da adoção.

Conferência de Estocolmo, começaram a surgir em todo o mundo diversas disposições legais, organizações e programas ambientais como, por exemplo, o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) e o *Earthwatch* (Programa Observação da Terra). Paralelamente, cresceu a tendência dos órgãos financiadores em exigir o desenvolvimento de estudos de impactos ambientais para liberação de recursos. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/premissas/historico.htm>. Acesso em: 10/08/2015.

A AIA, à época, demonstrou ser um instrumento preventivo eficaz no controle da ação humana sobre o ambiente, considerando a multidisciplinaridade dos agentes envolvidos, a proposta de mitigação dos impactos negativos e a busca pela maximização dos efeitos positivos, sempre com foco na análise de todos os aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos de determinado projeto antes de sua execução.

Anos mais tarde, no cenário internacional, constatou-se que não obstante a AIA tenha trazido grandes avanços na seara urbanístico-ambiental, a necessidade de implantação de mecanismos que ultrapassassem a perspectiva restrita de análise somente em propostas concretas de intervenção, como a que decorre com os projetos, restava iminente.

Em teoria, a AIA deveria ser um processo capaz de retroalimentar os conhecimentos adquiridos do ambiente, dos métodos de identificação, caracterização e avaliação de impactos e da consistência entre as previsões e os impactos reais da execução da atividade, de modo a servir de base futuramente, com ajustes e aperfeiçoamentos contínuos.

Oñate (2002) destaca que, naquela conjuntura, os procedimentos legislativos definidos para avaliação de políticas, planos e

programas, perfilhavam no sentido de adoptar decisões em torno de estratégias que ao final dariam lugar a projetos individuais com impactos tangíveis. O autor enfatiza ainda:

[...] Las razones de esta marginación están relacionadas en parte con la flerte oposición que la evaluación más estratégica encuentra en instancias políticas de todos los âmbitos, a pesar de que conceptualmente, parece tan necesaria como la evaluación de proyectos. [...] Sin duda, hay una serie de aspectos adicionales que han determinado la dificultad para consensuar metodologías operativas. Entre éstos, cabe mencionar el carácter progresivo con que van definiéndose las estrategias sobre opciones de desarrollo (que condicionan la delimitación del âmbito de estudio, la disponibilidad de información básica y una identificación y evaluación de impactos certera), la amplia diversidad tipológica y espacial de dichas opciones, sua carácter más o menos confidencial y la diversidad de procedimientos substantivos ya establecidos para la toma de decisiones em âmbitos institucionales distintos (OÑATE, 2002).

O desinteresse em avaliar ambientalmente as opções estratégicas de desenvolvimento, desencadeou a criação de métodos e técnicas que preenchessem a lacuna deixada pela AIA, de maneira satisfatória, tais como: Avaliação de Impactos Cumulativos e Indiretos; Avaliação de Impacto Social; Análise de Riscos; Análise de Sustentabilidade; Análise de Custo-Benefício, entre outros.

Em meio ao emaranhado de instrumentos preventivos e a importância da utilização dos mesmos na avaliação das opções de desenvolvimento, a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) se destacou como sendo a mais integradora e de maior consenso, devido a dois enfoques harmônicos: por um lado, visa superar as ineficiências da AIA, com avaliações consecutivas ao longo de todo o processo decisório, desde o início; por outro, vem evidenciar os efeitos que as limitações e oportunidades do meio podem exercer sobre as opções de desenvolvimento, levando em conta que a AAE pretende intervir de modo destacado, isto é, no decurso do desenvolvimento sustentável.

Em realidade, a razão de existência da AAE é, de acordo com Sadler *et al.* (2011), garantir que as questões ambientais sejam observadas nos níveis estratégicos de decisão, incluindo as Políticas, os Planos e os Programas e não em fases tardias.

No cenário europeu, somente com a publicação da Diretiva 2001/42 CE do Parlamento e do Conselho da União Europeia – relativa à avaliação dos efeitos de determinados planos e programas no ambiente – se tornou manifesta a preocupação em salvaguardar o ambiente a partir da integração das componentes ambientais na preparação e na aprovação de políticas, planos e programas.

Julgou-se, assim, incontestável avaliar de forma cíclica e contínua, com objetivos e estratégias de longo prazo, todo o ecossistema, suas modificações e impactos socioeconômicos antes da formalização das PPPs e até projetos.

Objetivos e Metodologias da Avaliação Ambiental Estratégica - AAE

Com a assumpção da comunidade internacional, a despeito da impossibilidade de desenvolvimento de uma análise crítica sobre os potenciais desencadeadores de perdas irreparáveis no ambiente, em apenas um momento, ou seja, quando da condução da avaliação de impacto ambiental, a AAE adquiriu relevo.

Tornou-se inconcebível, ou porque não dizer insustentável, não atuar estrategicamente, de forma a contribuir para um processo de decisão responsável, especialmente diante da elaboração das PPPs.

Há que se considerar que a AAE surge como instrumento complementar à AIA. Trata-se de uma perspectiva de execução de longo prazo, onde o grau de precisão é baixo e não se busca antever o futuro provável, mas tão somente auxiliar na estruturação de um futuro desejável.

Seguindo o Guia de Boas Práticas para Avaliação Ambiental Estratégica, desenvolvido por Partidário (2007), no seio da Agência Nacional do Ambiente (ANA), é possível encontrar os objetivos sintéticos da AAE, abaixo identificados:

- i) Contribuir para um processo de decisão ambiental e sustentável;
- ii) Melhorar a qualidade de políticas, planos e programas;
- iii) Fortalecer e facilitar a AIA de projetos e
- iv) Promover novas formas de tomar decisão.

Além dos objetivos sintéticos, é importante destacar os critérios de desempenho da AAE, proposto pela Associação Internacional para Avaliação de Impactos (International Association for Impact Assessment - IAIA), organização fundada em 1980, com o propósito de reunir profissionais multifacetados para debater sobre as melhores práticas do uso da avaliação de impactos para subsidiar a tomada de decisões, em sede de políticas, programas, planos e projetos, tornou-se referência no cenário internacional.

É interessante destacar que segundo a IAIA, o desenvolvimento da AAE se manifesta em duas fases/gerações distintas: a primeira onde a AAE é quase uma extensão da AIA, seguindo a mesma lógica e estrutura. Na falta de procedimentos formais ou desenvolvidos, a primeira geração tende a depender do

estabelecimento de procedimentos da AIA e suas metodologias para proceder à avaliação e relatório final. A ênfase é dada ao relatório da AAE, em detrimento da integração. Por seu turno, a segunda geração, volta-se muito mais para um processo orientado de integração da sustentabilidade, como também para capacidade de desenvolvimento. Traduz-se numa abordagem que destaca o envolvimento de todas as partes interessadas, em especial os stakeholders, sem privilegiar necessariamente a análise técnica e o relatório dela resultante²⁹.

A IAIA informa ainda que a AAE é uma ferramenta que produz um quadro claro que inclui tanto as três dimensões de sustentabilidade quanto as questões institucionais inerentes. O foco é deliberadamente grande pois, segundo o Instituto, não é possível avaliar os efeitos das políticas sobre os recursos naturais, sem antes compreender o contexto social, cultural e econômico de ocorrência da exploração dos recursos.

Não obstante, a IAIA identificou em 2002 quais seriam os critérios de desempenho a serem adoptados “*for a good-quality SEA process*”. Deste modo, em complemento aos objetivos definidos

²⁹. Disponível em: <http://www.iaia.org/iaia/wiki/sea.ashx?HL=sea>. Acesso em 27/09/2015.

anteriormente, os seguintes critérios refletem os princípios internacionalmente adotados:

- i) Integrada;
- ii) Orientada para a sustentabilidade;
- iii) Focada;
- iv) Verificável;
- v) Participativa e
- vi) Interativa.

Classifica-se como integrada por assegurar adequada avaliação ambiental de todas as decisões estratégicas relevantes para o alcance do desenvolvimento sustentável, além de versar sobre as inter-relações existentes entre os aspectos biofísicos, sociais e económicos.

Considera-se orientada para sustentabilidade visto que facilita a identificação de opções para o desenvolvimento, com propostas alternativas mais sustentáveis.

Diz-se focada porque produz informações úteis, confiáveis e suficientes para o planeamento do desenvolvimento e consequente tomada de decisão. Concentra-se em questões-chaves do desenvolvimento sustentável, além de se adaptar às características específicas do processo decisório. Não requer

custos dispendiosos, manifestando-se como um instrumento de *cost and time-effective*.

Verificável, pois é de responsabilidade dos principais órgãos as decisões estratégicas a serem tomadas. Realizada com profissionalismo, rigor, justiça, imparcialidade e equilíbrio. Está sujeita a controle e verificação (auditoria) por sujeitos independentes. Documenta e justifica a forma como as questões de sustentabilidade foram evidenciadas no momento da tomada de decisão.

Participativa, pelo fato de promover a participação pública, ao informar e envolver interessados que vão desde a comunidade imediatamente impactada até aos órgãos governamentais ao longo de todo processo da tomada de decisão, discutindo os contributos baseados na documentação e no processo decisório. É transparente, na medida em que fornece informações relevantes, em linguagem de fácil compreensão, tornando-as acessível ao público.

E, por último, é definida como interativa, ao garantir a disponibilidade dos resultados avaliativos iniciais, em tempo hábil capaz de influenciar o processo de tomada de decisão e inspirar planejamentos futuros. Provém informações suficientes

sobre os impactos reais da implementação de uma decisão estratégica, julgando se essa decisão deve ser alterada/modificada, de maneira a fornecer base para decisões futuras.

Afora as componentes técnica, processual, institucional e de comunicação/ envolvimento dos agentes, através da experiência internacional, foi possível identificar os elementos considerados estruturantes fundamentais de forma a promover uma flexibilização e adaptabilidade da AAE, consoante a área de intervenção.

Não há consenso da comunidade internacional sobre quais os elementos, estruturas e roteiros deverão ser seguidos para que uma AAE seja bem sucedida, mesmo porque, a avaliação relaciona-se a um processo contínuo que dependerá da vontade política e de grupos engajados no processo de construção e monitoramento do objeto avaliado. Além disso, o método a ser aplicado deverá antes de mais, considerar as variáveis ambientais de cada país, realizando as adaptações necessárias.

Vale constatar que a AAE abordada neste estudo, será a de modelo estratégico a fim de auxiliar a tomada de decisão (segunda

geração). Objetiva-se, portanto, uma melhor compreensão da sistemática que se pretende expor.

Novamente, Partidário (2012), ao publicar o Guia de Melhores Práticas para Avaliação Estratégica, propôs a utilização de uma metodologia que abrange os seguintes elementos estruturantes fundamentais do modelo de pensamento estratégico da Avaliação Ambiental Estratégica - AAE:

a) Objeto de avaliação

É imprescindível definir concretamente o objeto sobre o qual recairá a avaliação, visto que será fator determinante para os FCDs (Fatores Críticos de Decisão). Neste ponto, é essencial que os objetivos e as questões estratégicas (políticas) estejam fortemente alinhados, haja vista os desafios críticos no longo prazo. Uma mudança governamental, por exemplo, é um fator que deve ser examinado, tendo em vista que todo o esforço estratégico estará comprometido e poderá se perder no caso de modificações de ideias ou estratégias para atingimento de determinado fim.

b) Forças motrizes ou forças de mudanças

As forças motrizes, também conhecidas como forças de mudança, podem ser promotoras (positivas) ou inibidoras (negativas).

Assim, são forças que podem impulsionar ou limitar o desenvolvimento da avaliação, mas de que uma forma ou de outra, permitem uma visualização mais concreta sobre o objeto que se deseja intervir. Servem para identificar problemas e prioridades. Exemplos de forças motrizes são: conhecimento e competência do corpo técnico que conduzirá a avaliação; a estabilidade econômica e política do país; crescimento populacional, dentre outros.

c) Questões Ambientais e de Sustentabilidade (QAS)

As questões ambientais, bem como as de sustentabilidade devem ser inseridas a fim de se reconhecer os FCDs. São questões abrangentes e devem ser equalizadas a depender das dimensões geográficas e do que se pretende alcançar a nível de decisão (em maior ou menor escala). Normalmente, há previsão legal de quais fatores ambientais são relevantes de análise.

d) Quadro de Referência Estratégico (QRE)

Trata-se de um quadro que estabelece os referenciais estratégicos da avaliação, identificando as políticas públicas efetivas, abastecendo a avaliação de metas e orientações políticas, conduzindo a um rumo estratégico.

e) Fatores Críticos para a Decisão (FCD)

Os Fatores Críticos de Decisão constituem “janelas de observação” desenvolvidas para focar atenção somente no que há implicação direta no objeto da avaliação. São fatores-chave integrados para tomada de decisão, definindo o foco, a estrutura e os estudos técnicos.

Na visão de Partidário (2012), o método recomendado para identificação dos FCDs deverá atentar para uma abordagem em forma de diamante, como observado na Figura 1.

Os FCDs devem ser identificados a partir da seleção de questões afetas diretamente à decisão. O ideal é que os FCDs não ultrapassem o número de sete, de modo a não haver perda do foco estratégico. A partir da definição dos fatores, passa-se aos critérios de avaliação que fornecem mais detalhes sobre os fatores e assuntos que deverão compor a análise e, por fim, aos indicadores que nada mais são do que métricas de avaliação, quantitativas ou qualitativas. Não obstante estas considerações, a autora reporta-se sempre ao fato de que o mais útil é não perder foco, escolhendo critérios e indicadores mais sensíveis aos FCDs.

Figura 1 - Identificação dos Fatores Críticos para a Decisão (FCDs) - Forma de diamante.



Fonte: Autores.

f) Quadro de governança

O quadro de governança define o papel de cada agente na implementação das PPPs, bem como suas respectivas atribuições, de modo a retroalimentar continuamente um processo de aprendizagem coletiva, dividida em três dimensões: a primeira refere-se à avaliação de responsabilidades institucionais, ou seja, identificação da esfera de ação de cada agente a fim de que não haja sobreposição de encargos e nem conflitos de governança; a segunda envolve a cooperação institucional existente e os instrumentos de governança; por último, a terceira dimensão

traduz o envolvimento das organizações e grupos (grupos-chave) engajados no processo participativo.

g) Opções Estratégicas

Refletem os caminhos alternativos que contribuem para o atingimento de determinado fim a longo prazo. São opções de atitude política ou de planejamento fora do contexto convencional. São influenciadas pelas forças motrizes (análise SWOT) e devem ser realistas, bem como delimitadas, sob pena de perda do enfoque estratégico.

h) Oportunidades e Riscos

As oportunidades e riscos objetivam identificar os possíveis destinos dos aspectos biofísico, sociais e culturais desejados, sempre com observância à visão de sustentabilidade. Como a AAE se presta a avaliar o valor, as oportunidades e os riscos a priori, justamente para que possa ser possível traçar estratégias de planejamento territorial, patente a importância de reconhecer os melhores caminhos e direcionamentos de acordo com o propósito que se deseja alcançar.

i) Seguimento (Monitoramento)

Em processos cíclicos, a continuidade é primordial para que possa ser medida a eficácia das estratégias traçadas e executadas, ainda mais num campo de incerteza e análise empírica. O envolvimento dos agentes interessados, incluindo indicadores de monitorização, diretrizes de planeamento e gestão são ferramentas necessárias para que os relatórios de seguimento estejam sempre atualizados e cumpram sua função, qual seja, a de retroalimentar as informações de forma contributiva. Não obstante, a comunicação e participação demonstram serem fatores imprescindíveis a fim de que subsistam controles sistemáticos, abordando situações antevistas com o fito de saber dar as melhores respostas de forma mais célere.

Sinteticamente, Partidário (2012) enumera as seguintes tarefas a serem seguidas num programa de seguimento:

- I) Desenvolvimento ou revisão de diretrizes de seguimento;
- II) Verificação da eficiência do quadro de governança e demais alterações institucionais;
- III) Verificação das modificações no QRE, bem como de condições fundamentais;
- IV) Verificação das incertezas ou situações emergenciais;
- V) Checagem dos indicadores de monitoramento;

VI) Análise dos indicadores de seguimento definidos;

VII) Observação da eficiência da AAE em si, isto é, se houve ou não valor acrescentado da AAE para a decisão, o meio ambiente ou desenvolvimento dos níveis de sustentabilidade.

Além dos elementos estruturantes fundamentais, o relatório da OCDE (2012) sugere a sequência de quatro estágios básicos para implementação da AAE, como demonstrado na Figura 2:

Figura 2 – Estágios – implementação da Avaliação Ambiental Estratégica – AAE.

1. Estabelecimento do contexto para a AAE

- Seleção inicial ("screening")
- Definição dos objetivos
- Identificação das partes interessadas

2. Implementação da AAE

- Definição do âmbito (em diálogo com as partes interessadas)
- Recolha de informação de base
- Identificação de alternativas
- Identificação de formas para maximizar as oportunidades e mitigar os impactos
- Garantia da qualidade
- Elaboração de relatório

3. Informação e influência para a tomada de decisão

- Recomendações (em diálogo com as partes interessadas)

4. Monitorização e avaliação

- Monitorização das decisões tomadas para as PPP
- Monitorização da implementação das PPP
- Avaliação da AAE e das PPP

Fonte: Aplicação da avaliação ambiental estratégica. Guia de boas práticas na cooperação para o desenvolvimento OCDE, 2012.

Benefícios e Limitações da Avaliação Ambiental Estratégica - AAE

Therivel (2010) elenca as vantagens para utilização da AAE que contribuem diretamente para um processo de tomada de decisão mais transparente e robusto, assegurando condições mais fiáveis aos tomadores para suas ações:

- a) Inicia-se cedo. Ações estratégicas são tomadas a fim de dar forma aos projetos, aumentando as chances de influenciar quais tipos de projetos deverão ocorrer e não apenas detalhes dos projetos em si;
- b) Lida com os impactos que são de difícil verificação no nível de projetos. Considera os múltiplos impactos, de forma cumulativa e sinérgica, como por exemplo, os impactos ambientais de larga escala, verificados na biodiversidade ou aquecimento global, de forma muito mais efetiva;
- c) Promove uma melhor escolha das alternativas, visto que afeta o processo de tomada de decisão num estágio em que as alternativas estão mais disponíveis, incluindo redução de demandas desnecessárias;
- d) Informa os tomadores de decisão sobre as consequências ambientais e de sustentabilidade de suas ações estratégicas, levando em conta os aspectos financeiros, técnicos, políticos e outros concernentes;
- e) Facilita a participação do público no processo estratégico de tomada de decisão, antes de formalmente acordada, permitindo um envolvimento mais ativo;
- f) Alto nível de tomada de decisão (hierarquização), considerando que a AAE potencializa um processo de tomada de decisão mais simplificado em um único estágio, sem necessidade de ser revisitado pelas hierarquias subsequentes.

Como todo instrumento de planejamento territorial, a AAE sofre limitações, particularmente no que concerne a questões essenciais: tempo e recursos. Logicamente que os gastos dependerão do tipo de ação estratégica definida e quão eficiente será conduzida a

avaliação. Se o processo de AAE for bem conduzido, esses elementos serão facilmente superados pela facilidade e rapidez no momento de aprovação e implementação da ação estratégica já “melhorada” (THERIVEL, 2010).

As limitações também podem estar adstritas ao pensamento de que a AAE se apresenta como uma extensão da AIA de modo a facilitar as decisões estratégicas o que não é verdade, consoante tudo que já foi examinado neste trabalho. Além disso, os tomadores de decisão, aqui entendidos como os decisores políticos do mais alto nível, podem tender a elevar as motivações ambientais em detrimento das questões de sustentabilidade, prejudicando todo o foco da elaboração da AAE (THERIVEL, 2010).

Monteiro (2011) salienta que a indisponibilidade de dados concisos e atualizados à disposição para consulta pública, intervém de forma negativa no processo operacional, reduzindo sua eficácia, o que poderá obrigar o dispêndio de recursos especiais.

Diferenças entre Avaliação de Impacto Ambiental - AIA e Avaliação Ambiental Estratégica - AAE

Antes de mais, vale esclarecer que a AIA não se tornou um instrumento dispensável após a verificação da necessidade de introdução da AAE, pelo contrário, continua sendo uma avaliação obrigatória, mas sua utilização ocorre em momento diferenciado o que em grande parte das vezes, demonstra ser insatisfatório. A Tabela 1 ilustra as demais divergências identificáveis entre ambos instrumentos, especialmente, no que diz a respeito ao nível de tomada de decisão; natureza da ação; escala de impactos; fontes de dados; tipos de dados; alternativas; rigor da análise, dentre outros.

Tabela 1 – Diferenças entre Avaliação de Impacto Ambiental - AIA e Avaliação Ambiental Estratégica - AAE.

Avaliação de Impacto Ambiental - AIA	Avaliação Ambiental Estratégica - AAE
Aplicada a Projetos específicos com perspectiva de curto e médio prazos.	Aplicado a Políticas, Planos e Programas com uma perspectiva estratégica ampla e de longo prazo.
Começa na fase inicial do planejamento do Projeto, assim que	Preferencialmente, começa na fase inicial do planejamento estratégico.

são definidos os parâmetros e critérios.

Dispõe de quantidade limitada de alternativas de Projetos.

A definição do que se pretende fazer é relativamente precisa e os dados são razoavelmente disponíveis ou podem ser recolhidos em campo.

O processo de AIA é feito por meio da construção e exploração de um Projeto.

O Projeto de intervenção tem que ser conhecido com o nível de pormenor adequado.

Frequentemente realizada pelo proponente do Projeto.

Focada na obtenção da aprovação do Projeto, raramente retroalimenta as considerações das Políticas, dos Planos, dos Programas ou dos futuros Projetos.

O processo é discreto, linear, bem definido, com início e fim (da viabilidade à aprovação do Projeto).

Dispõe de quantidade ampla de cenários.

A definição do que se pretende fazer é vaga, a incerteza é enorme e os dados são sempre muito insuficientes.

O processo de AAE é feito por meio da preparação e do desenvolvimento de Políticas, Planos, Programas e Projetos.

Não se procura saber o futuro, o objetivo é ajudar a construir um futuro desejável.

Conduzida independentemente de um promotor de Projeto específico.

Focada nas implicações das decisões das Políticas, Planos e Programas nas definições dos Projetos futuros.

O processo é contínuo e iterativo. Múltiplas etapas e ciclos de análise.

Preparação de um documento formal de AIA, com formato prescrito e frequentemente com conteúdo obrigatório pré-determinado. Este documento proporciona uma base para acompanhamento.

Ênfase na mitigação de impactos ambientais e sociais de um Projeto específico, com a indicação de possíveis oportunidades para o Projeto.

Visão limitada em relação a impactos cumulativos, frequentemente restrita às etapas de um Projeto específico.

Não verifica o impacto no desenvolvimento regional ou em múltiplos Projetos.

Os Projetos sujeitos a AIA são executados, uma vez assegurada a sua viabilidade ambiental. O processo é motivado por propostas concretas de intervenção.

Pode não ser documentado formalmente.

Ênfase na busca de um equilíbrio entre os objetivos ambientais, sociais e econômicos nas Políticas, Planos e Programas. Inclui a identificação dos resultados no desenvolvimento em nível macro.

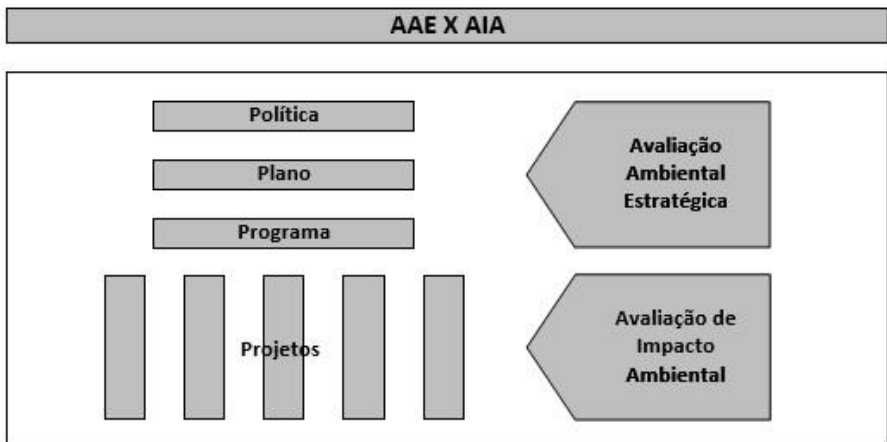
Inerentemente incorpora a consideração de impactos cumulativos.

A estratégia pode nunca vir a ser concretizada, uma vez que as ações previstas em Planos e Programas podem nunca ser executadas.

Fonte: SILVA (2013), adaptado de OCDE (2006) e Partidário (2002).

Após diversos estudos, depreende-se que uma das grandes diferenças entre os instrumentos, reside no fato de que a AIA se volta para projetos, enquanto AAE para PPPs. A Figura 3 ilustra a diferenciação exata de ambos os instrumentos de gestão territorial sobre a qual deverá recair a AA(E) a depender, se o objetivo é avaliar projetos ou políticas, planos e programas.

Figura 3 – Diferenças Avaliação Ambiental Estratégica – AAE e Avaliação de Impacto Ambiental – AIA.



Fonte: Adaptado de Partidário (2012).

Destarte, a AAE tem o condão de atuar diretamente nas políticas públicas antevendo os possíveis impactos, diversamente da AIA de projetos no qual as limitações inerentes ao próprio instrumento

reduzem as chances de minimização dos impactos negativos a serem produzidos.

Teixeira (2008) destaca que na literatura internacional existe um questionamento considerável a respeito da AIA: seria um instrumento de apoio à decisão ou um processo para tomada de decisões? Na qualidade de AIA como um processo de suporte à tomada de decisão, a limitação de não se levar em conta os aspectos políticos, como o poder político das agências de desenvolvimento, dos grupos de interesse e das instituições privadas, acaba por traduzir um poder limitante deste tipo de Avaliação.

O autor avalia ainda que a baixa efetividade dos impactos cumulativos (não) verificados nos projetos, a participação da sociedade e dos grupos diretamente envolvidos, apesar de definidos em legislações dos mais diversos países, não há clareza quanto ao grau de influência desses grupos no processo de tomada de decisão, aliado ao fato de que a realização do monitoramento e avaliação a posteriori não são elementos mandatórios.

Diretiva Europeia 2001/42/CE

Marsden (2008) ressalta que a Diretiva 2001/42/CE, teve sua origem nas propostas de avaliação estratégica iniciadas com a publicação da Diretiva 85/377/CEE que tratou da avaliação de impactos ambientais, mas que desde seu início demonstrou ser deficiente para abranger e prevenir o meio ambiente de impactos altamente destrutivos³⁰.

Entretanto, os esforços empreendidos para integração da componente ambiental na elaboração de planos e programas, ao longo de mais de uma década, foram suficientes para o Parlamento e o Conselho Europeu reunirem aprovação suficiente para publicação da Diretiva Europeia 2001/42/CE, de 27 de junho, a fim de assegurar que determinados planos e programas suscetíveis de impactos significativos fossem sujeitos à avaliação ambiental estratégica antes de sua adoção (MARSDEN, 2008).

Logo no preâmbulo da Diretiva, resta claro que não serão todos os planos e programas que estarão sujeitos à avaliação ambiental estratégica e que caberá a cada Estado-membro determinar o

³⁰ O elemento ambiental já há muito está em voga na Comunidade Europeia, tanto que já na década de 1980, houve a publicação da Diretiva n. 85/337/CEE, de 27 de junho, estabelecendo a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para determinados projetos públicos e privados, incluindo alguns projetos urbanísticos, suscetíveis de produzirem efeitos significativos no meio ambiente.

âmbito de aplicação territorial no momento da transposição em seus respectivos ordenamentos jurídicos³¹. Tal determinação se coaduna com a questão de que nem todos os planos e programas produzem impactos claramente significativos no meio ambiente e construir todo um aparato legislativo obrigando a realização da AAE, ao fim e ao cabo coloca por terra o espírito criado para utilização da avaliação estratégica.

Verifica-se assim, que a Diretiva visa estabelecer um norte normativo-impositivo garantindo um nível mais elevado de proteção ao meio ambiente, ao mesmo tempo que deixa a cargo de cada Estado-membro elencar suas especificidades processuais, sendo suficientemente responsável para contribuir para integração das variáveis ambientais na elaboração e aprovação de planos e programas de seu país, analisando-se desde já as atividades constantes do Anexo I e II da Diretiva 85/337/CEE.

Merece aplausos, a visão de Correia (2008) que clarifica a avaliação de planos e programas como uma aplicação mais antecipada do princípio da prevenção, segundo o qual é preferível prevenir a

³¹ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32001L0042>. Acesso em 02/06/2016.

degradação ambiental atuando na origem do que apenas após a produção de efeitos negativos, ou seja, atuação na própria ameaça.

Avaliação Ambiental Estratégica - AAE em Portugal - Decreto-Lei 232/2007 e Decreto-Lei 316/2007

Portugal transpôs as Diretivas nº 2001/42/CE, do Parlamento e do Conselho, de 27 de Junho, e nº 2003/35/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Maio, através da publicação do Decreto-Lei nº 232/2007, de 15 de junho, alterado pelo Decreto-Lei nº 58/2011, de 04 de maio (também conhecido como RAAE), submetendo todos os planos e programas, susceptíveis de terem efeitos significativos no ambiente, antes da sua aprovação, à avaliação ambiental estratégica (VELHINHO, 2011).

Para compreender a legislação portuguesa a respeito do tema, é necessário realizar o cruzamento com outro diploma legal, o Decreto-Lei nº 316/2007, de 19 de setembro, que alterou o Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT), Decreto nº 380/99, definindo as regras para avaliação ambiental dos instrumentos de gestão territorial.

Em realidade, a AAE dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), adota a sistemática do Decreto-Lei nº 316/2007 e subsidiariamente o Decreto-Lei nº 232/2007 (DGOTDU, 2008).

Em que pese o fato de que os Planos de Pormenor (PP) e Planos de Urbanização (PU) possam ou não estar sujeitos à AAE, a depender da decisão da Câmara Municipal respectiva (natureza e localização da área intervenção respeitando legislação específica), o ordenamento português determina que todo Plano Diretor Municipal (PDM), obrigatoriamente, esteja sujeito a AAE, na forma especificada nos Arts. 84º a 86º do Decreto-Lei 316/2007 (DGOTDU, 2008).

Conforme documento de orientação publicado em 2008 pela Direção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU), a AAE inicia-se com a deliberação da Câmara Municipal (CM) de elaboração, revisão ou alteração de PMOT, ocorrendo em simultâneo. Especificamente quanto ao PDM, no processo de revisão, a AAE instaura-se tão logo seja constituída uma Comissão de Acompanhamento (CA). Assim, na primeira reunião plenária da CA, a CM apresenta uma proposta de âmbito de avaliação da AAE e da informação a incluir no Relatório Ambiental (RA), consoante detalha a Portaria nº 1474/2007, de 16 de novembro.

Posteriormente, nasce a fase de consultas, sendo que as concernentes sobre o âmbito da AAE e o conteúdo a ser incluído no RA, têm caráter obrigatório, dispondo as Entidades de

Responsabilidade Ambiental Específicas (ERAE) interessadas nas consequências ambientais resultantes da execução do plano, no caso de revisão, de 20 dias úteis para emitir um parecer a respeito. Decorrido o prazo legal, não há óbice para continuidade da CM no processo de revisão, até porque as consultas poderão ocorrer ao longo do processo de maneira mais informal e à medida que as informações fiquem disponíveis para devida apreciação (DGOTDU, 2008).

Neste ponto, há que se considerar o papel fundamental exercido pelas ERAE uma vez que atuam como agentes consultivos junto à CA, integrando-a. Cabe à Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) verificar quais entidades deverão estar devidamente representadas, em cada caso (DGOTDU, 2008).

Experiência Portuguesa - Relatório da Avaliação Ambiental Estratégica - AAE para o Plano Diretor Municipal - PDM de Coimbra 2014

Definida a análise do novo Plano Diretor Municipal de Coimbra (PDMC) para este trabalho, vale redigir algumas observações, justamente pelo fato de que o plano em vigor até a publicação em 2014, datava de 1994, estando completamente desajustado às

realidades urbanas e regionais e sem ter sido precedido por nenhuma AAE.

Embora o processo de revisão tenha se iniciado no ano de 2000, apenas no ano de 2008 houve um impulsionamento com a publicação do Relatório de Definição do Âmbito (RDA) a qual recairia a AAE e, conseqüentemente, toda instrução processual obrigatória segundo o ordenamento jurídico luso. Em abril de 2014 foi publicado o Relatório do Plano, consagrando três princípios fundamentais:

i) O princípio da sustentabilidade, que visa garantir a sustentabilidade do modelo de desenvolvimento territorial nas vertentes económica, social e ambiental, bem como reforçar a capacidade de resiliência do território aos choques económicos e ambientais;

ii) O princípio da multifuncionalidade, que valorizado nas melhores práticas de planeamento e ordenamento territorial e na legislação em vigor, afasta as concepções tradicionais de zoneamento monofuncionalista, com todas as desvantagens que o mesmo acarreta (e acarretou) do ponto de vista da ocupação do território, e orienta a intervenção para uma “coexistência harmoniosa de funções”, contribuindo para uma maior diversidade e sustentabilidade territorial;

iii) O princípio da reabilitação, que implicando uma mudança de paradigma no processo de planeamento, posiciona a necessidade de intervir prioritariamente na reabilitação de áreas urbanas por oposição à expansão urbana (Relatório do Plano, Revisão PDMC, 2014).

O novo Plano Diretor Municipal de Coimbra (PDMC), foi publicado no Diário Oficial da República, Aviso 7635, em 1º de julho de 2014 e teve por objetivo destacar a reabilitação urbana, bem como salvaguardar o patrimônio cultural e ambiental.

Surgimento do Direito Urbanístico Brasileiro e a Constituição Federal de 1988.

As primeiras regras gerais do direito urbanístico brasileiro surgiram ainda no período colonial, sempre atreladas à ideia de que eram atos de competência local dos municípios. Estas regras eram simples, assim como as cidades, e tratavam de aspectos primários da urbanização como a estética das cidades, relações de vizinhança e direito de construir (DA SILVA, 2010).

Grande parte destas normas perdurou no Império, entretanto, a Constituição Imperial nada dispôs sobre o assunto, apenas determinou que existiriam Câmaras em cada cidade e vila. As Câmaras deliberavam, em geral, sobre os meios de promover a tranquilidade, segurança, saúde e comodidade dos habitantes; o asseio, segurança elegância e regularidade externa dos edifícios e ruas das povoações; e sobre estes objetos formavam suas posturas que eram publicadas por editais (DA SILVA, 2010).

As leis de desapropriação para utilidade pública, com a primeira delas promulgada em 1826, delinearam as primeiras normas jurídicas urbanísticas no Brasil, como aconteceu em outros países.

A primeira Constituição republicana nada acrescenta ao direito urbanístico, apenas valida as normas anteriores ao mencionar a possibilidade de desapropriação por interesse público. Já as Constituições posteriores até 1969 asseguraram a competência dos Municípios em tudo que compreendesse seu peculiar interesse, no que diz respeito a função urbanística local (DA SILVA, 2010).

O fluxo migratório campo-cidade, foi impulsionado pela queda da exportação do café, resultado de um pós-guerra que arruinou as economias europeias na década de 1950, sendo estes os principais importadores do produto, aliadas a um processo de mecanização do campo no âmbito interno.

O Estado brasileiro, terra de grandes patriarcas e latifundiários, se viu obrigado a investir pesado na criação de indústrias preparadas para atender o mercado interno e assim reduzir as importações, também escassas devido às grandes guerras. O chamariz, à época, para atrair os ruralistas à ‘cidade grande’, de uma maneira geral, girava em torno da ficção do ‘imaginário social’, no qual se tendia a considerar que o meio urbano era capaz de proporcionar

qualidade de vida bem acima dos níveis dramáticos encontrados no campo (RAMOS, 2003).

A partir deste momento, iniciou-se o desenvolvimento de um crescente mercado irregular de venda de glebas parceladas às classes menos favorecidas, proveniente da expansão da especulação imobiliária, tendo a crise da habitação, na década de 1970, como pano de fundo (RAMOS, 2003).

Ademais, a questão da absolutização da propriedade (TOMANIK, 2008) que, já há muito havia alterado o paradigma do acesso à terra, foi fator contributivo para o processo de segregação das regiões nas cidades, bem como das profundas desigualdades sociais instauradas.

A concentração progressiva urbana e a conseqüente falta de investimento governamental nos setores públicos essenciais acabaram por colocar em evidência a questão fundiária, o que alavancou a formação vários movimentos sociais, em finais da década de 1970 e meados de 1980 (BASSUL, 2002).

Como o país estava sob a égide da ditadura militar e os direitos básicos de cidadania e informação limitados, o movimento pela

“Reforma Urbana³²” foi se fortalecendo gradualmente, até ganhar expressivo destaque no processo de redemocratização do país³³.

Segundo Silva (1987), com o início dos debates da Assembleia Nacional Constituinte em curso, o cenário político se mostrou favorável à reformulação do sistema de gestão das cidades.

Assim, a alteração na conjuntura, marcou a trajetória do Movimento Nacional pela Reforma Urbana (MNRU) ao pleitear no novo texto constitucional o reconhecimento da garantia do direito à cidade e na conseqüente mudança na qualidade de vida da população, por intermédio da formulação de políticas públicas (GRAZIA, 2003). Nesse sentido, impende transcrever os três princípios norteadores do MNRU ao elaborar proposta de emenda popular à Constituição, na visão de Grazia (2003):

“1) Direito à Cidade e à Cidadania, entendido como uma nova lógica que universalize o acesso aos equipamentos e serviços urbanos, as condições de vida urbana digna e ao usufruto de um espaço culturalmente rico e diversificado e, sobretudo, em

³²O Movimento Nacional pela Reforma Urbana foi concebido na década de 60, mas sua concepção foi revigorada após diversos debates, adaptando-se à realidade.

³³Movimento conhecido como “Diretas Já” (1983-1984), no qual o povo exigiu (através de passeatas e comícios) que o Congresso Nacional votasse pela Emenda Constitucional Dante de Oliveira que instituiu as eleições presidenciais de forma direta. No entanto, a EC foi rejeitada pela Câmara dos Deputados. As eleições diretas para presidente da República ocorreram somente em 1989, dando início à era Collor.

uma dimensão política de participação ampla dos habitantes das cidades na condução de seus destinos.

2) Gestão Democrática da Cidade, entendida como forma de planejar, produzir, operar e governar as cidades submetidas ao controle e participação social, destacando-se como prioritária a participação popular.

3) Função Social da Cidade e da Propriedade, entendida como a prevalência do interesse comum sobre o direito individual de propriedade, o que implica o uso socialmente justo e ambientalmente equilibrado do espaço urbano.”

Estas considerações propiciaram a inserção de um capítulo destinado à política urbana na Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB88), sendo considerado um grande avanço pelos defensores do MNRU, especialmente, porque foi definido como princípio fundamental a função social da propriedade e da cidade (GRAZIA, 2003).

Assim, o direito urbanístico, propriamente dito, foi consolidado no Brasil, com a promulgação da CF88 que reservou diversos dispositivos para tratar de diretrizes do desenvolvimento urbano, sobre preservação ambiental, sobre planos urbanísticos e sobre a função urbanística da propriedade urbana.

A CF88 estabelece as competências da União e dos Estados para legislar sobre direito urbanístico e dos Municípios para ordenar seus territórios, além de conter um capítulo específico para a

Política Urbana em que no qual o plano diretor é consagrado como instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, tornando-se obrigatório para cidades com mais de 20.000 habitantes (Art. 182 § 1º).

Cabe à União elaborar e executar planos urbanísticos nacionais e regionais de ordenação de território e de desenvolvimento econômico e social (Art. 21, IX). Já os municípios têm competência exclusiva para promover o adequado ordenamento territorial (Art. 30, VIII).

A função social da propriedade urbana fica submetida às exigências de ordenação da cidade expressas no plano diretor, sob pena de desapropriação-sanção quando não cumprir seu ônus urbanístico, nos termos do art. 182 § 4º.

Na Constituição de 1988 encontramos os fundamentos das duas amplas perspectivas da política urbana: uma que tem como objeto o desenvolvimento adequado do sistema de cidades a nível nacional de competência federal e a outra que considera o desenvolvimento urbano no quadro do território municipal de competência local. Os Estados, por sua vez, têm competência concorrente com a União para legislar sobre direito urbanístico, o que abre a possibilidade de coordenação de seus planos

urbanísticos no nível de suas regiões administrativas, além de ter o poder de definir, por meio de lei complementar, regiões metropolitanas, aglomerações urbanas, e microrregiões, constituídas por municípios limítrofes para fins de organização, planejamento e execução de funções públicas de interesse comum (DA SILVA, 2010).

A primeira legislação geral de Direito Urbanístico na esfera federal veio a ser a Lei nº 10.257 de 2001, o Estatuto da Cidade. Seu advento inicia uma nova era no direito urbanístico brasileiro que passa a dispor de princípios e institutos positivados nacionalmente (CARVALHO PINTO, 2010).

Antes do Estatuto da Cidade, o direito urbanístico no Brasil vinha sendo regulado basicamente por leis municipais, não havendo sequer uma uniformidade terminológica dos institutos. Na prática, portanto, novas leis municipais adaptadas ao Estatuto tiveram de ser elaboradas.

Estatuto da Cidade – Lei nº 10.257/2001

Como debatido, o contexto urbanístico brasileiro é marcado pela falta de planejamento governamental, especialmente, a partir da segunda metade do século XX com o processo de industrialização do país, que acabou por impulsionar a urbanização brasileira

ainda que de forma despreparada para atender à demanda populacional que se dirigia paulatinamente à cidade, produzindo o fenômeno do êxodo rural.

Como decorrência lógica da migração rural-urbana, já na década de 1970, era notório que somente uma regulamentação mais eficaz conseguiria atenuar os problemas da aglomeração populacional num limitado espaço urbano, uma vez deflagrada a crise da habitação que, de certo modo, ainda se mostra presente. Aliada a esta constatação, verifica-se que a conjuntura política, à época, não se mostrava favorável a enfrentar frontalmente a falta de infraestrutura urbana básica, contribuindo ainda mais para o crescimento dos desfavorecidos à margem da sociedade.

Com o regime da ditadura militar enfraquecido e com parte da sociedade civil atenta à problemática, em meados da década de 1980, surgiram novos debates acerca da necessidade de se fomentar uma reforma urbana estrutural, inserindo no novo texto constitucional o direito às cidades sustentáveis e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

A promulgação da Constituição da República Federativa de 1988 deu impulso à nova fase de um movimento no sentido de

efetivação da Política Urbana, consubstanciada na função social da propriedade e expansão urbana (MIQUIERI DA COSTA, 2009).

Com efeito, a regulamentação dos dispositivos constitucionais que privilegiam a política urbana somente ocorreu ultrapassada treze anos da promulgação da Carta Maior. Por seu turno, o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) exibiu o esforço da composição de diferentes reflexões feitas ao longo de sua tramitação, originando uma legislação amadurecida, disposta a modificar a realidade.

O Estatuto da Cidade regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e assume assim a condição de lei geral de direito urbanístico, e tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana em prol do bem coletivo. Nele, o Plano Diretor é tratado como tema central, ao contrário de leis anteriores, que que era assunto periférico.

Além de conter um capítulo específico para o plano diretor, o Estatuto da Cidade também regula a instituição de novos instrumentos urbanísticos e o planejamento urbano é incluído como uma das diretrizes gerais da política urbana.

O Art. 2º diz que a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

IV – Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Verifica-se que o objetivo mais amplo dos dispositivos contidos no Estatuto foi fixar as principais diretrizes do denominado meio ambiente artificial, aquele não oriundo diretamente da natureza, mas com a participação da atividade do homem (CARVALHO FILHO, 2013).

Para Carvalho Filho (2013), a Lei nº 10.257/01 atende aos parâmetros da modernidade em termos urbanísticos, todos esquecidos pelo ordenamento jurídico até agora vigentes, citando Odete Medauar (2002), ensina:

“O Estatuto da Cidade representa, sem dúvida, um passo marcante em matéria urbanística, que estivera pouco lembrada e tratada no Brasil desde as décadas de 60 e 70 do século XX, época do florescimento de inúmeros estudos, livros, artigos, projetos e mesmo órgãos públicos dedicados aos temas urbanos, seguindo-se um longo período de quase desocupação, paralelo ao progressivo agravamento

da realidade urbana nas cidades” (Carvalho Filho apud Odete Medauar, 2013).

Plano Diretor: Instrumento básico da Política Urbana Brasileira

O Estatuto da Cidade condiciona a aplicação de qualquer instrumento urbanístico à existência prévia do plano diretor e de lei municipal específica.

O plano diretor é um plano urbanístico geral que faz parte do processo de planejamento municipal, obrigatório para as cidades com mais de 20.000 habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e de áreas de interesse turístico. Trata-se de um plano que tem a função de sistematizar o desenvolvimento físico, econômico e social do território municipal, visando o bem-estar da coletividade local.

O instrumento é chamado de plano porque estabelece os objetivos a serem atingidos, atividades a serem executadas e quem deve executá-las e diretor porque fixa as diretrizes do desenvolvimento urbano do Município (SILVA, 2010).

Segundo Silva (2010), a ordenação do solo municipal é o aspecto fundamental do plano diretor, uma vez que é nele que se manifestam as competências do Município no sistema constitucional brasileiro, portanto, deverá conter disposições

sobre delimitações das áreas urbanas. Para o autor, o plano deve trazer normas e diretrizes sobre o sistema viário do município, que envolve arruamento, previsão de estradas municipais e loteamento do solo, sistema de zoneamento de uso do solo, instrumentos de renovação urbana, sistema de recreação e revitalização.

O aspecto social também deve ser contemplado no plano diretor, que deve estabelecer meios de buscar a melhoria e qualidade de vida da população, através das transformações que impõem aos espaços habitáveis, traduzidos em serviços de educação, saúde, saneamento básico, habitação, bem-estar social, lazer, recreação, lazer, cultura e esportes (SILVA, 2010).

O aspecto administrativo-institucional do plano diretor é fundamental para a atuação urbanística do Município. Faz-se necessário nele prever e estabelecer os meios institucionais necessários à sua implementação, execução, continuidade e revisão. Ressalta-se, ainda, que um plano diretor é um instrumento de ação que constantemente se desenvolve e aperfeiçoa, portanto, não é um documento rígido (SILVA, 2010).

A elaboração do plano diretor é de competência do Executivo Municipal, por intermédio dos órgãos de planejamento das Prefeituras.

Para José Afonso da Silva (2010), as etapas de elaboração do plano diretor são:

I- Estudos preliminares, que avaliam de forma sumária a situação e os problemas de desenvolvimento do Município e estabelecem as características e o nível de profundidade dos estudos subsequentes, estabelecendo assim a política de planejamento municipal;

II- Diagnóstico, que pesquisa e analisa em profundidade os problemas de desenvolvimento selecionados na etapa anterior, identifica as variáveis que devem ser consideradas para as soluções desses problemas e prevê suas perspectivas de evolução;

III- Plano de diretrizes, que estabelece uma política para as soluções dos problemas escolhidos e fixa objetivos e diretrizes da organização territorial;

IV- Instrumentação do plano, que compreende a elaboração dos instrumentos de atuação, de acordo com as diretrizes estabelecidas, e identifica as medidas capazes de atingir os objetivos escolhidos.

O Estatuto da Cidade determina que durante todo o processo de elaboração do Plano Diretor sejam promovidas audiências públicas e debates com a participação da população local, além do acesso de qualquer interessado aos documentos e publicidade dos mesmos.

A execução do Plano Diretor efetiva-se através da aplicação da própria lei que o institui e por meio de leis especiais e regulamentos, previstos ou necessários. As “Licenças para Obras” e o “Habite-se” são os instrumentos de controle público mais importantes, porque impedem a construção e o uso de imóveis em contraste com o plano.

Em suma, pode-se afirmar que o plano diretor deve tratar essencialmente dos seguintes aspectos (CARVALHO PINTO, 2013):

“Delimitação de zonas urbanas, expansão urbana, urbanização específica e de interesse social, estabelecimentos de índices urbanísticos relativos a áreas mínimas e máximas de lotes e coeficientes básicos, máximos e mínimos de aproveitamento, delimitação das áreas cuja vegetação natural deva ser preservada ou suprimida, traçado do sistema viário principal da cidade, existente e projetado e bases para a utilização do direito de preempção, das operações consorciadas e do direito de construir”.

Ademais, com a criação do Ministério das Cidades no ano de 2003, difundiu-se a ideia de Planos Diretores Participativos, isto é, uma “cidade de todos”, orientada por três pilares: inclusão territorial, garantindo aos desfavorecidos acesso à terra urbanizada e localizada, incorporando a segurança da posse da moradia; justiça social, acarretando numa distribuição mais justa dos custos e das

benesses do desenvolvimento urbano e gestão democrática, com a proposição de uma participação cidadã ativa na concepção, execução e fiscalização da política urbana. Houve investimento do governo federal no período de 2003-2006, concedendo apoio técnico e financeiro a mais de 550 municípios pelo Brasil, o que mostrou-se ser de grande valia para o desenvolvimento urbano no país (PINHEIRO, 2012).

Inferese assim que, embora existam iniciativas interessantes para construção de um modelo mais justo de desenvolvimento urbano, bem como etapas procedimentais legalmente definidas em lei, não há previsão de um instrumento mais robusto como a avaliação ambiental estratégica que traz em seu bojo a tentativa de efetivar um verdadeiro planejamento territorial estratégico.

Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) no Brasil e Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) - Lei 6.938/81

A primeira experiência da AIA no Brasil, ocorreu em 1972, coincidindo com os debates realizados pelas principais agências de fomento, na preparação da Conferência de Estocolmo, por imposição de agências de fomento multilaterais, como o Banco Mundial para efeitos de financiamento da construção da Hidroelétrica de Sobradinho, às margens do Rio São Francisco.

Àquela altura, não havia existência de sinais legislativos definindo bases para sua realização (BARBIERI, 1995).

Muito embora a Lei nº 6.803/80, que estabeleceu o zoneamento industrial, tenha inserido no ordenamento jurídico brasileiro as primeiras impressões sobre a AIA, seus critérios e procedimentos básicos não foram estabelecidos (BARBIERI, 1995).

Coube à Lei nº 6.938/81 que dispõe sobre as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituir a AIA e o licenciamento ambiental, como instrumentos executivos da Política Nacional do Meio Ambiente (MMA/Brasil, 2009) indispensáveis para o exercício de atividades efetiva e potencialmente poluidoras ou, sob qualquer título, capazes de causar degradação ambiental (RAMOS, 2009).

Note-se que a CF88 ao consagrar no art. 225, § 1º, IV que:

“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”.

Atribuiu status constitucional ao meio ambiente, além de estender o campo de atuação das órbitas municipais, estaduais e federais em matéria ambiental (BELTRÃO, 2008).

A exigibilidade do EIA é de competência de órgão estadual e, de forma supletiva, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) quando se tratar de licenciamento ambiental em âmbito nacional ou regional (art. 10, caput, da Lei n. 6.938/81³⁴). O § 4º do aludido artigo faz menção expressa à competência do IBAMA quando as atividades ou obras tenham significativo impacto ambiental, deduzindo-se assim, que a presunção legal visa incorporar a obrigação de EIA a todos os licenciamentos ambientais a serem realizados pelo IBAMA.

Pois bem. Considerando que a lei ora em comento não efetuou abordagem específica no que tange ao procedimento do EIA, coube ao Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)³⁵,

³⁴Art. 10 - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis. (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989): § 4º Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA o licenciamento previsto no caput deste artigo, no caso de atividades e obras com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional. (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989)." Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em 29/08/2011.

³⁵A lei 6.938/81 além de estabelecer a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) que, por intermédio do

por intermédio da Resolução nº 001/86³⁶, estabelecer os critérios básicos e as diretrizes gerais para a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).

De plano, constata-se que a AIA é uma etapa do procedimento de licenciamento ambiental, enquanto que o EIA é um componente integrante da AIA, sem a qual, como verificado, impossibilitado estará o proponente do projeto de prosseguir com a cadeia procedimental que o conduzirá à obtenção da(s) licença(s) ambiental (ais)³⁷ para execução do empreendimento.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) - órgão superior e deliberativo - tornou-se responsável, para: “assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida”; (Redação dada pela Lei nº 8.028, de 1990). - (Art. 6º, II).

³⁶RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 29/08/2011.

³⁷As licenças ambientais existentes no Brasil para o funcionamento de um empreendimento ou atividade estão descritas no art. 8º da Resolução n. 237/97, de 19 dezembro: Art. 8º - O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças: I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação; II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante; III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a

Não obstante, a Resolução n. 237/97³⁸ revela, de forma detalhada, as fases do licenciamento ambiental, com especial atenção ao significado dos estudos ambientais, no art. 1º, inciso III:

“são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.”

Concebida a exigência do EIA e de seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA³⁹) pelo órgão competente, passa-se à fase do estudo propriamente dito, sendo decerto que o proponente será o responsável por arcar com todos os seus custos.

Como o EIA demanda um estudo complexo, deve ser elaborado por equipe interdisciplinar habilitada das mais variadas áreas. Ao

operação. Parágrafo único - As licenças ambientais poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.

³⁸RESOLUÇÃO CONAMA 237/97, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em 30/08/2011.

³⁹Relatório que não exige linguagem técnica, refletindo as conclusões do EIA. Deve ser assertiva, acessível e passível de compreensão.

final, é desenvolvido um parecer final que resulta em três situações distintas:

1) Favorável sem condicionantes: o entendimento desta posição vincula a decisão do órgão ambiental competente para concessão da licença, visto que se não houve flagrante identificação de prejuízos ambientais, não há óbice impeditivo para seu indeferimento;

2) Favorável com condicionantes: neste caso, observa-se a faculdade discricionária entregue ao órgão ambiental competente. Ou concede a licença prévia e quanto às demais, impõe a obrigação de preenchimento das condicionantes; ou aguarda o cumprimento pleno de todas as condicionantes para então consentir a licença prévia;

3) Desfavorável: mesmo que o parecer conclua pela negativa, considerando que os impactos ambientais são demasiadamente gravosos, persiste a discricionariedade da Administração na concessão ou não da licença. Em outros termos, neste momento, não há vinculação do parecer e a Administração está livre para decidir segundo os critérios da conveniência e oportunidade, com devida motivação (SETTER, 2010).

Com relação à publicidade e à audiência pública, uma vez determinados e exigidos o EIA /RIMA, cabe ao órgão ambiental competente, determinar prazo para manifestação dos órgãos públicos e fixar data para audiência pública. A publicidade dos documentos é requisitada em qualquer empreendimento ou atividade que reclama a precedência do EIA/RIMA. Entretanto, a

audiência pública não é considerada obrigatória, incumbindo ao órgão ambiental competente julgar pela sua imprescindibilidade. Neste último, tanto o Ministério Público, quanto um grupo de cinquenta ou mais cidadãos, encontram-se legalmente habilitados a requisitá-la, posto que são amparados pelas Resolução n. 01/86 (art. 11) e Resolução n. 09/1987 (arts. 1º e 2º), ambos do CONAMA (MASCARENHAS, 2008).

Como se pode perceber, o ordenamento pátrio possui todo um aparato legislativo para condução da AIA, em sede projetos, sejam empreendimentos ou atividades, mas não há menção com relação à AAE para políticas, planos e programas.

Explanadas estas considerações a respeito da AIA, passemos à questão da tentativa de implementação no sistema normativo brasileiro.

Avaliação Ambiental Estratégica - AAE no Brasil

No Brasil, não há regulamentação específica sobre a AAE, a despeito da influência das Agências Multilaterais de Desenvolvimento (AMD), como o Banco Mundial (BM) e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) que vêm obrigando os países em desenvolvimento a incorporarem requisitos ambientais

para garantir o processo de financiamento de ações de desenvolvimento econômico (PELLIN *et al.*, 2011).

Conquanto, tenham sido realizadas ações e capacitações para a introdução do mencionado instrumento, com a articulação de grupos para desenvolvimento de metodologias para áreas de transporte, termoeletricidade, biocombustíveis e turismo no Ministério do Meio Ambiente (MMA), no ano de 2002 (ALVARELI JUNIOR, 2014), a metodologia da AAE tem sido utilizada somente de forma localizada e desarticulada entre os tomadores de decisão.

Na prática, megaempreendimentos chamados de AAE, como a “Avaliação Ambiental Estratégica da Rodoanel Mário Covas” (2002), apresenta na verdade uma camuflagem de uma grande AIA, pois trata de um projeto e não de um estudo sobre políticas de transporte mais adequadas para a região. No exemplo citado, não há menção de uso do solo e nem planejamento urbano, tampouco previsão de alternativas para o desenvolvimento futuro (PELLIN *et al.*, 2011). No plano jurídico a tentativa de incluir a AAE, data do ano de 2003, com a apresentação do projeto de lei n. 2.072, de autoria do deputado federal Fernando Gabeira, para alteração da Lei do PNMA, com a seguinte justificativa:

“A avaliação ambiental estratégica (AAE) constitui o processo formalizado, sistemático e abrangente de

avaliação dos efeitos potenciais de uma política, plano ou programa, e de suas alternativas, nos componentes físicos, biológicos e socioeconômicos do meio ambiente, e em suas interações. A previsão em lei da obrigação de realização da avaliação ambiental estratégica constitui um aperfeiçoamento extremamente importante em nosso corpo de normas ambientais. A implementação dos estudos prévios de impacto ambiental (EIA) no âmbito dos processos de licenciamento ambiental é fundamental, mas apresenta limitações evidentes. Os EIA, em regra, abrangem apenas empreendimentos específicos. Não se costuma fazer uma análise consistente dos impactos cumulativos gerados pelo conjunto de empreendimentos a serem implantados numa mesma região. Além disso, a avaliação efetivada por meio dos EIA, muitas vezes, acontece numa etapa tardia do processo de planejamento, dificultando a opção por alternativas que, de fato, minimizem os efeitos ambientais adversos. Esses e outros problemas verificados na implementação dos EIA têm levado diversos especialistas e organizações internacionais a proporem a realização da AAE, cujas normas básicas se pretende inserir na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Diante do papel extremamente relevante que a AAE pode vir a desempenhar na promoção da sustentabilidade do processo de desenvolvimento, conta-se, desde já com o pleno apoio desta Casa na aprovação da presente proposta” (GABEIRA, 2003).

Após idas e vindas, em diversas Comissões de mérito da Câmara dos Deputados, inclusive, com a solicitação da Comissão de Trabalho, Administração e Serviço Público (CTASP), para emenda da proposta, objetivando ampliar a AAE para empreendimentos privados (destoando de toda a concepção inerente ao instrumento

de planejamento territorial), o projeto acabou por ser arquivado em janeiro de 2007, com base no art. 105 do Regimento Interno da Câmara dos Deputados⁴⁰. Não obstante, Gabeira solicitou o desarquivamento em fevereiro de 2007 e encaminhado para a Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC) que, através de seu relator, Deputado Marçal Filho, no ano de 2009, emitiu parecer favorável à continuidade do PL, rejeitando novamente a proposta de emenda da CTASP. Entretanto, novamente pela demora na apreciação por outras Comissões, a proposta acabou sendo arquivada em definitivo em janeiro de 2011 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016).

À semelhança do projeto de lei arquivado do então deputado Fernando Gabeira, o deputado Marçal Filho, apresentou em fevereiro de 2011, o Projeto de Lei n. 261/2011, solicitando a inclusão no PNMA, dos seguintes dispositivos, no art. 12:

Art. 12-A. Ficam os órgãos da administração pública direta e indireta responsáveis pela formulação de políticas, planos ou programas obrigados a realizar a avaliação ambiental estratégica dessas políticas, planos ou programas.

⁴⁰ Finda a legislatura, todas as proposições serão arquivadas, art. 105 do Regimento Interno da Câmara dos Deputados. Todavia, o deputado foi reeleito e solicitou o desarquivamento do projeto de lei.

§ 1º Entende-se por avaliação ambiental estratégica o conjunto de atividades com o objetivo de prever, interpretar, mensurar, qualificar e estimar a magnitude e a amplitude espacial e temporal do impacto ambiental potencialmente associado a uma determinada política, plano ou programa, tendo em vista: I - a opção por alternativas tecnológicas ou locacionais que mitiguem os efeitos ambientais adversos; II - a proposição de programas e ações compensatórias dos efeitos ambientais adversos. § 2º A realização da avaliação ambiental estratégica não exime os responsáveis de submeter os empreendimentos que integram as políticas, planos ou programas ao licenciamento ambiental exigido na forma do art. 10. § 3º As alterações significativas do conteúdo de políticas, planos e programas também ensejam a realização de avaliação ambiental estratégica.

Art. 12-B. A avaliação ambiental estratégica observará as seguintes diretrizes:

I - A avaliação abrangerá todo o processo de formulação da política, plano ou programa;

II - As metodologias analíticas a serem aplicadas na avaliação serão definidas pelos órgãos responsáveis pela formulação da política, plano ou programa, observados os parâmetros básicos definidos em regulamento;

III - Serão asseguradas na avaliação:

- a) ampla publicidade das atividades desenvolvidas, e de seus resultados;
- b) participação da população afetada pela política, plano ou programa.

Art. 12-C. O resumo das atividades desenvolvidas no âmbito da avaliação ambiental estratégica, e de seus resultados, será consolidado no Relatório de Avaliação Ambiental (RAA), ao qual se dará publicidade. Parágrafo único. Quando requerido por órgão ambiental integrante do SISNAMA, pelo Ministério Público ou por cinquenta ou mais cidadãos, será realizada audiência pública para discussão do RAA, na forma do regulamento. (NR)''

Art. 3º A inobservância do disposto nesta Lei constitui crime contra a administração ambiental, sujeito às penas previstas no art. 68 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, sem prejuízo das sanções cabíveis nas esferas administrativa e cível. Art. 4º Esta Lei entra em vigor após decorridos 120 (cento e vinte) dias de sua publicação oficial. (Projeto de Lei 261/2011).

Na atualidade, o projeto encontra-se pronto para Pauta na CCJC e apensado (tramitando em conjunto) ao Projeto de Lei 4.996/2013 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2016).

Na mesma seara, segue o Projeto de Lei n. 4.996/2013 de autoria do Deputado Sarney Filho, objetivando implementar a AAE como

um instrumento da PNMA. Note-se que enquanto o PL 261/2011 teve a intenção de dispor na PNMA sobre a AAE, a PL 4.996/2013 pretende transformá-la em um novo instrumento de planejamento territorial.

Proposta de Quadro Problema: Avaliação Ambiental Estratégica - AAE aplicada ao Plano Diretor da cidade de Vassouras/RJ

Como visto, o PDM é um instrumento da Política Urbana nacional, previsto na Carta Magna, no art. 182, § 1º, bem como no art. 4º, inciso III, alínea a, do Estatuto da Cidade, sendo obrigatório sua instituição para Municípios com mais de 20.000 habitantes, com revisão, pelo menos, a cada 10 anos.

Para uma boa consolidação dos preceitos inerentes ao planejamento municipal, urge a necessidade de criação de mecanismos que possam agregar e trazer valor de forma objetiva e exequível. Deste modo, ao estabelecer um RDA, direcionando o escopo da AAE, o Município tem grandes chances de pôr em prática as proposições definidas no PDM.

Neste sentido, propõe-se a elaboração de um RDA da AAE do novo PDM da cidade de Vassouras, pertencente à região centro-sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro, aprovado por lei da Câmara Municipal no ano de 2007 (Lei 2.270, de 20 de março de

2007), com revisão prevista no ano de 2017, tendo como base o PDM da cidade de Coimbra, região Norte de Portugal.

Optou-se por escolher a cidade de Coimbra, pelas similaridades identificáveis em ambos os Municípios, principalmente no tocante à construção de “cidade universitária” e “Coimbra Brasileira”, tão desejadas pelo fundador da Fundação Universitária Sul Fluminense, com posterior modificação para a fundação que leva o seu nome - Fundação Educacional Severino Sombra. Não há como não reconhecer a bravura do general Severino Sombra, que em meio a oposição de herdeiros falidos que perambulavam pela cidade de Vassouras, conseguiu estabelecer no final da década 60, um centro difusor de conhecimento, incluindo a constituição da Faculdade de Medicina e do Hospital Escola Jarbas Passarinho (atual Hospital Universitário Sul Fluminense) dando início a uma nova era no Município (MOURA, 2010).

Além da vocação educacional, consolidada por 50 anos de Universidade, a cidade de Vassouras destaca-se pelo seu potencial atrativo advindo dos resquícios do apogeu da produção cafeeira a partir da segunda metade do século XIX, sendo considerada Estância Turística desde 1984 (Lei Municipal n. 818), inserida no Vale do Ciclo do Café (CMV, 2016).

Nos últimos anos, a cidade vem, particularmente, reforçando a vocação de se transformar numa verdadeira “cidade-saúde”, em virtude da expansão dos serviços médicos de média e alta complexidade do HUSF que fazem do hospital universitário referência regional para uma população estimada em mais de 500.000 habitantes.

Relatório de Definição do Âmbito de Aplicação à revisão do PDM da cidade de Vassouras/RJ - 2017

Considerando que o enfoque deste presente estudo é identificar metodologias utilizadas por outros países, mais especificamente, Portugal, de forma a transpor as melhores práticas para o sistema jurídico brasileiro, adentraremos no RDA proposto para revisão do PDM de Vassouras, elemento essencial para municiar informações para a proposta de Relatório Ambiental.

Em realidade, considerando que a esta altura já se compreende que todo PDM deverá ser precedido por uma AAE, o próximo passo é estabelecer uma definição do âmbito de aplicação, isto é, um RDA que irá estipular as posições de cada agente no processo de avaliação, a fim de construir um processo coeso e participativo, além de definir as matérias sobre as quais recairá a avaliação. O RDA, é uma componente imprescindível, pois é nele que se define

o conjunto de fatores de natureza estratégica que permitem definir o âmago da AAE.

Assim, tendo como base o RDA de Coimbra identificamos a seguinte estrutura que poderá ser aplicada no processo de revisão do PDM de Vassouras: Introdução; Identificação dos objetivos e metodologia; Objeto da avaliação ambiental estratégica; Quadro de Referência Estratégico; Apresentação do Conjunto de fatores de avaliação; Identificação Preliminar dos objetivos e dos indicadores relevantes associados a cada um dos fatores de avaliação; Proposta de metodologia a adotar para a componente de participação e envolvimento de diversos agentes no processo de AAE (CMC, 2008).

Considerações finais

O presente estudo objetivou investigar um instrumento de grande valia para o planejamento territorial, qual seja, a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) que busca estabelecer (antever) um equilíbrio entre os temas ambientais e as questões socioeconômicas, atuando de forma estratégica. Em suma, a AAE pretende abordar os principais problemas e potencialidades do objeto sobre o qual recairá a avaliação, atuando de forma preventiva. Não obstante, o sucesso do modelo depende

essencialmente do envolvimento dos agentes interessados, dos indicadores de monitoramento, bem como das diretrizes de planejamento e gestão, considerando desde já as peculiaridades de cada território. Além disso, é imprescindível a continuidade do processo e o monitoramento das estratégias utilizadas a fim de verificar a efetividade das linhas adotadas.

Embora seja um instrumento utilizado em larga escala em países europeus e norte-americanos, principalmente pela ineficiência observada na AIA ao longo das últimas décadas, no Brasil, a limitação jurídico-normativa é um empecilho para que sejam dados novos passos rumo ao planejamento estratégico municipal. Em outras palavras, a falta de mecanismos coercitivos que obriguem a esfera municipal a realizar uma AAE antes da elaboração ou revisão de um plano diretor, acaba por impedir a evolução do país em matéria urbanística.

Outrossim, a falta de investimento público para atender à transferência massiva da população para as cidades aliada ao deficitário planejamento urbano dos administradores municipais, acentuou ainda mais as desigualdades sociais limitando o acesso da classe desfavorecida às infraestruturas mínimas urbanas, como a habitação e o saneamento básico. Somente após a promulgação da Constituição Federal de 1988, avanços foram feitos no sentido

de concretizar, um Relatório de Definição do Âmbito de Aplicação (RDA) para a revisão do Plano Diretor do Município de Vassouras, tomando como base o RDA utilizado para revisão do Plano Diretor da cidade de Coimbra.

Referências

ALVARELI JUNIOR, Sergio. **Avaliação Ambiental Estratégica: Potencial De Aplicação Para A Bacia Hidrográfica Do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa - MG.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, Pós-Graduação em Ciência Florestal, Viçosa, 2014.

BARBIERI, José Carlos. A avaliação de impacto ambiental na legislação brasileira. **Revista de Administração de Empresas (RAE)**, vol. 35, n.2, pág. 78-85, São Paulo, 1995. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a10v35n2>.

BASSUL, José Roberto. **Reforma Urbana e o Estatuto da Cidade.** Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250-71612002008400008&script=sci_artt_ext#1. Acesso em 30/10/2015.

BELTRÃO, Antonio F. G. **Aspectos jurídicos do Estudo de Impacto Ambiental**, Ed. MP, 2008, pag. 30-33.

CORREIA, Fernando Alves. A avaliação ambiental de planos e programas: um instituto de reforço da proteção do ambiente no direito do urbanismo. **Revista de Legislação e Jurisprudência**, 137º Ano - 2007-2008, Coimbra Editora. Números 3946-3951.

GRAZIA, de Grazia. Reforma Urbana e o Estatuto da Cidade. In: RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz e CARDOSO, Adauto Lucio

(orgs.). **Reforma Urbana e Gestão Democrática. Promessas e desafios do Estatuto da Cidade.** Rio de Janeiro, Revan, 2003, p. 52.

GONÇALVES, Júlio César. Homem-Natureza: uma relação conflitante ao longo da história in Revista Multidisciplinar da UNIESP - **Saber Acadêmico** - n^o 06 - dez. 2008, p.171-178 / ISSN 1980-5950

<http://www.uniesp.edu.br/revista/revista6/pdf/17.pdf>.

FILHO, José dos Santos Carvalho. **Manual de Direito Administrativo.** Ed. Atlas, 2013.

MARSDEN, Simon. **Strategic Environmental Assessment in International & European Law. A practitioner's guide.** Earthscan, London, Sterling, VA, 2008. Pags.205-228.

MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo. **Desenvolvimento Sustentável - Estudo de Impacto Ambiental e Estudo de Impacto de Vizinhança.** Curitiba/PR: Letra da Lei, 2008, p. 139

MIRANDA, Ana Sofia da Conceição Rodrigues. **O papel da AIA na melhoria da qualidade dos projetos no caso dos parques eólicos.** IST, outubro de 2007.
<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/148118/1/dissertacao.pdf>.

MONTEIRO, Margarida Barata. **Percepções sobre a Contribuição da AAE nos Processos de Planeamento.** Dissertação de Mestrado Universidade Técnica de Lisboa (ISCTE), outubro de 2011, Lisboa, PT.

MOURA, Eduardo Augusto Lebres. **Retrato de um nacionalista.** Universidade Severino Sombra, 2010.

OÑATE, José Ruan, PEREIRA, David, SUÁREZ, Francisco, RODRÍGUEZ, Juan José, CACHÓN, Javier. **EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATEGICA. La evaluación ambiental de**

Políticas, Planes e Programas. Ed. Mundi-Prensa - Madrid, Barcelona - México, 2002, p.30.

PELLIN, A.; LEMOS, C. C.; TACHARD, A.; OLIVEIRA, I. S. D.; SOUZA, M. P. Avaliação Ambiental Estratégica no Brasil: considerações a respeito do papel das agências multilaterais de desenvolvimento. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** Rio de Janeiro - RJ, v. 16, n. 1, p 27 - 36. 2011.

PINTO, Carvalho Victor. **Direito Urbanístico. Plano Diretor e Direito de Propriedade,** 2ª ed., Ed. Revista dos Tribunais, 2010.

PARTIDÁRIO, Maria do Rosário. **Guia de boas práticas para Avaliação Ambiental Estratégica. Orientações Metodológicas.** APA, Amadora, Portugal, 2007, p.10. Disponível em: <http://www.apai.org.pt/m1/1201095788guiaaae.pdf>.

PARTIDÁRIO, Maria do Rosário. **Guia de Melhores Práticas para Avaliação Estratégica - orientações metodológicas para um pensamento estratégico em AAE.** Agência Portuguesa do Ambiente, com o apoio de Rede Energéticas AS, Lisboa, 2012.

PINHEIRO, Otilie Macedo. **Plano diretor e gestão urbana.** Departamento de Ciências da Administração/UFSC, CAPES: UAB, 2012, p.83-120.

RAMOS, Erasmo Marcos in **Direito Ambiental Comparado (Brasil-Alemanha-EUA) - Uma análise exemplificada dos instrumentos ambientais brasileiros à luz do direito comparado.** Maringá/PR: Midiograf II, 2009, p. 104.

RAMOS, Fernando Karl. **O estudo prévio de impacto de vizinhança e suas referências na paisagem e na qualidade de vida nas cidades.** Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Dissertação - Área de concentração em direito da cidade: Rio de Janeiro/RJ, 2003, p. 22.

ROCHA, Ednaldo Cândido; CANTO, Juliana Lorensi do; PEREIRA, Pollyanna Cardoso. Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul. **Ambient. Soc.** [online]. 2005, vol.8, n.2, pp. 147-160. ISSN 1809-4422. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2005000200008.

SILVA, Éder Roberto. **O movimento nacional pela Reforma Urbana e o Processo de Democratização do Planejamento Urbano no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Carlos, 2003, p.128.

SILVA, José Afonso da. **Direito Urbanístico Brasileiro**, 6ª edição, Editora Malheiros, 2010.

SETTER, Marli T. Deon. **Direito Ambiental**. Atualizado pela Lei n. 11.952/2009. Ed. MP, São Paulo, 2010, p. 272-273.

TEIXEIRA, Izabella Mônica Vieira. **O Uso Da Avaliação Ambiental Estratégica No Planejamento Da Oferta De Blocos Para Exploração E Produção De Petróleo E Gás Natural No Brasil: Uma Proposta**. Tese de Doutorado em Ciências em Planejamento Energético, UFRJ, 2008.

THERIVEL, Riki. **Strategic Environmental Assessment in Action**. Earthscan, London, Washington DC, Second Edition, 2010, pag. 18-20.

TOMANIK, Raquel. **Estudo de Impacto de Vizinhança e Licenciamento Urbanístico-Ambiental: Desafios e Inovações**, dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade de São Carlos, 2008, p. 39.

VELHINHO, Filipa Margarida Franco Santos. **Análise da Relação entre os Processos de Planejamento e Avaliação Ambiental Estratégica, ao nível dos Planos de Urbanização**. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente e Urbanismo.

Universidade Católica Portuguesa, maio de 2011, Lisboa, PT.
http://siaia.apambiente.pt/AAEstrategica/DA%20AAE581%20_Revis%C3%A3o%20PDM%20Coimbra.pdf.

Sobre os autores

Yolanda de Souza Capute

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras. Especialista em Finanças Corporativas pela PUC-Rio. Aperfeiçoamento em Direito do Ambiente, do Ordenamento do Território e Urbanismo pela Universidade de Lisboa - Portugal. Graduada em Direito pela PUC-Rio. Superintendente de Finanças, Sistemas e Clientes Acadêmicos na Fundação Educacional Severino Sombra. Membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso de Direito da Faculdade de Miguel Pereira/RJ.

Carlos Eduardo Cardoso

Graduado em Química e Licenciado em Química (PUC-RS). Mestre e doutor em Química Analítica (PUC-Rio); Cervejeiro pela Câmara de Indústria e Comércio da Alta Baviera - Alemanha; Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Aplicadas em Saúde da Universidade de Vassouras; Membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso de Direito da Faculdade de Miguel Pereira/RJ; Membro do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASis) do Ministério da Educação (MEC/INEP).

Capítulo 36 - Forno Crematório PET para Hospital Veterinário

Autores: Fernanda Bernabei Duboc Cardoso; Marilene de Farias Brito; Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: Inegavelmente, a utilização do forno crematório para eliminação dos cadáveres de animais é de suma relevância na prevenção de uma série de problemas, dentre os quais estão a questão da contaminação dos solos e de lençóis freáticos e também o desafio de manutenção da saúde pública, tendo em vista que o processo de decomposição de carcaças promove uma significativa contaminação biológica (parasitas em geral) e microbiológica (bactérias, fungos, protozoários, vírus etc.). Considerando-se os riscos para a saúde humana e a agressão à sustentabilidade ambiental, a decomposição dessas carcaças animais suscita inquietações e questionamentos por parte de toda a comunidade sanitária, que cada vez mais vem pensando e propondo soluções para a minimização dos impactos ambientais, dentre eles o uso de fornos crematórios como um componente estratégico de eliminação consciente, moderna e responsável dos restos mortais. Este capítulo tem como objetivo investigar a importância do uso dos fornos crematórios para o gerenciamento dos restos corpóreos dos animais domésticos que causam contaminação do solo e

adjacências, com ênfase nos desafios de proteção ambiental e de saúde pública. A metodologia empregada foi revisão bibliográfica e exploratória, por meio de resgate e seleção de achados científicos relevantes e recentes, no viés das principais plataformas de pesquisa online (Spell, Scielo, Google Acadêmico e Banco de Dissertações e Teses de cursos credenciados pela Capes), dentre outras fontes de consulta. O tema da sustentabilidade e saúde pública, no que concerne ao seu gerenciamento e ênfase na qualidade de vida, são muito conhecidos no âmbito da produção científica. Entretanto, considerando a atuação e relevância dos fornos crematórios como instrumento estratégico de minimização ou até de eliminação da contaminação dos solos e lençóis freáticos por agentes nocivos ao organismo, o nível de produtividade acadêmica apresenta reduções significativas ou quase inexistentes em alguns aspectos, o que deixa uma lacuna para exploração ou investigação do tema como fonte de melhorias no contexto da saúde pública e do meio ambiente. Este capítulo tem como produto, a instrução técnica para viabilizar a construção de um empreendimento crematório animal, tendo em vista a crescente demanda de exigência na área das ciências ambientais e a procura por parte dos donos de animais domésticos, sendo este produto

um excelente empreendimento de desenvolvimento sustentável no mundo PET.

Palavras-chave: Forno crematório; Meio ambiente; Saúde pública.

Introdução

A conferência de Estocolmo, na Suécia, em 1972, inaugurou a agenda ambiental com o surgimento do direito ambiental internacional, que elevou a importância do desenvolvimento sustentável. Passadas duas décadas, a Rio-92, Eco 92 ou Cúpula da Terra, reforçou o conceito de que temos que agregar os componentes ambientais, sociais e econômicos para um desenvolvimento sustentável.

A Organização das Nações Unidas, através do relatório Nosso Futuro Comum, revela, através de suas linhas mestras, uma ideia que estabelece a limitação sobre a exploração indiscriminada que vem destruindo a natureza, um bem de uso comum para todos. A comissão mundial sobre o meio ambiente (1988) elaborou e publicou o seguinte conceito: “desenvolvimento sustentável é aquele que busca explorar os recursos para suprir as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”.

Desde aquela época esta definição ganhou inúmeras citações na literatura. Porém, mais tarde, ela passou a ser interpretada em sentido amplo. Em consequência disso, o termo “sustentabilidade” foi muitas vezes utilizado para justificar qualquer atividade, desde que ela reservasse recursos para as gerações futuras (REIGOTA, 2017).

Mas em um sentido rigoroso, significa que todas as atividades realizadas devem sofrer avaliação aprofundada para determinar todos seus efeitos sobre meio ambiente. Se isso fosse feito, a maioria delas não passaria em um simples teste da sustentabilidade, pelo menos a longo prazo (CONSTANZA, 1994).

O conceito atual de desenvolvimento sustentável, que foi expresso na Cúpula Mundial em 2002, envolve a definição mais concreta do objetivo de desenvolvimento atual (a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes) e ao mesmo tempo distingue o fator que limita tal desenvolvimento e pode prejudicar as gerações futuras (KRAEMMER, 2014).

O desenvolvimento sustentável procura suprir as necessidades de todos os habitantes do mundo, sem comprometer a capacidade de renovação dos recursos naturais para as gerações futuras. (FREITAS & FREITAS, 2016).

Para Mikhailova (2004), o desenvolvimento sustentável requer a integração de três áreas-chave:

“- **Crescimento e equidade econômica:** sistemas econômicos globais demandam abordagem integrada para promover crescimento responsável, ao mesmo tempo asseguram que nenhuma nação ou comunidade seja deixada para trás.

- **Conservação de recursos naturais e do meio ambiente:** conservar a herança ambiental e os recursos naturais através de soluções economicamente viáveis com o objetivo de reduzir o consumo de recursos, deter poluição e conservar os *habitats* naturais para as futuras gerações;

- **Desenvolvimento social:** em todo o mundo, pessoas precisam de emprego, alimento, educação, energia, serviço de saúde, água e saneamento. Enquanto discutem-se tais necessidades, a comunidade mundial deve também assegurar que a matriz de diversidade cultural e social e direitos trabalhistas sejam respeitados, e que todos os membros da sociedade estejam capacitados a participar na determinação de seus futuros”.

Isso somente poderá acontecer se o estoque de capital, necessário para produção, for esgotado. Em decorrência disso, a sustentabilidade tem sido interpretada da seguinte maneira. Ela se relaciona à quantidade do consumo que pode continuar indefinidamente sem degradar os estoques de capital total, que é representada pela soma de capital material (manufaturado, feito pelo homem), capital humano e capital natural (REIGOTA, 2017). Porém, das partes do capital total somente uma não pode ser

reproduzida pelas gerações futuras. Isto é o capital natural, o patrimônio natural da humanidade.

De acordo com Freitas & Freitas (2016), o consumo sustentável é aquele que utiliza serviços e produtos que respondam às necessidades básicas de toda a população trazendo melhoria na qualidade de vida, reduzindo o uso de recursos naturais, materiais tóxicos, produção de lixo e emissão de poluição no ciclo de vida, sem comprometer as gerações futuras.

O tratamento dado ao consumo sustentável tem sentido de prevenção, onde é assegurada a garantia de consumo, mas, com modificações importantes nos padrões deste, objetivando minimizar os impactos ambientais de descarte e do uso exagerado dos recursos naturais (CORTEZ & ORTIGOZA, 2007).

Uma revisão no estilo de vida se faz necessária, somada à necessidade de se repensar num padrão condizente com o mundo sustentável, onde cada ação deve ser efetivada de forma coerente (NALINI, 2004). O consumo é essencial para a vida humana, visto que cada um de nós é consumidor, não estando o problema no consumo, mas nos padrões e efeitos referentes às pressões sobre o meio ambiente.

De um lado o consumo abre oportunidades para o atendimento das necessidades individuais de alimentação, habitação e progresso humano, mas se faz necessária uma análise constante da capacidade de suporte do planeta em contrapartida ao consumo moderno (FELDMANN, 2007). Torna-se perceptível que os vigentes padrões de consumo estão nas raízes da crise ambiental, onde a crítica ao consumismo passou a ser vista como uma contribuição para a construção de uma sociedade sustentável (PORTILHO, 2005).

Assim, se a produção deve ser sustentável, o consumo o deve ser também, produzindo apenas o que se consome, sem desperdício ou criação de demandas artificiais de consumo, na afirmativa de que não se pode consumir o que não se produz (MILARÉ, 2015).

As bases do desenvolvimento sustentável, conceito consolidado a partir da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente, foram lançadas no ano de 1987, concebidas como “um desenvolvimento que satisfaz demandas presentes sem comprometer, contudo, a capacidade de gerações futuras de suprir as próprias necessidades” (MILARÉ, 2015).

O meio ambiente tem sido considerado o maior patrimônio da humanidade contemporânea, fato comprovado pelos grandes

debates ocorridos na mídia, acerca do novo Código Florestal Brasileiro, segundo Freitas (2016, p. 31). Este é um processo de reconstrução interna (dos indivíduos) que ocorre a partir da interação com uma ação externa (natureza, reciclagem, efeito estufa, ecossistema, recursos hídricos, desmatamento), na qual os indivíduos se constituem como sujeitos pela internalização de significações que são construídas e re-elaboradas no desenvolvimento de suas relações sociais.

Para Constanza (1994), segundo o entendimento doutrinário, o conceito de meio ambiente pode ser oferecido sob os mais variados aspectos, dentre os quais o social e o normativo. Numa ótica sociológica, pode ser conceituado como sendo “o sistema de constantes espaciais e temporais de estruturas não-humanas, que influencia os processos biológicos e o comportamento dessa população”.

Quanto ao conceito normativo, este é estabelecido pela Lei 6.938/81, em seu artigo 8º, que define meio ambiente como: “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. De acordo com a resolução do CONAMA nº 381/06, “meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social,

cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as formas” (FREITAS & FREITAS, 2016).

Nos dias atuais é crescente a procura de consumidores por produtos de *pet shop*. Cresce na mesma proporção a procura por lojas especializadas nos serviços de cremação dos animais de estimação. No ambiente atual de competitividade dos negócios, os clientes demonstram cada vez maior exigência, obrigando as organizações a que aspiraram a conservar sua estabilidade e a se adaptarem às suas exigências. Por esse motivo, diversas empresas buscam dar maior atenção à qualidade dos serviços prestados e melhor exposição dos produtos aos clientes. Neste sentido, o presente estudo busca aprofundar os conhecimentos para subsidiar um plano de negócios para este ramo de comércio. A partir desse plano é possível planejar e decidir sobre o futuro da empresa (AMARAL, 2009).

Segundo a Associação dos Revendedores de Produtos, Prestadores de Serviço e Defesa Destinado ao uso Animal, 63% das famílias brasileiras situadas nas classes A e B possuem animais de estimação e tem um relacionamento de “família” com seus animais. Na classe C este percentual aumenta para aproximadamente 64%. Em todas as classes, não são verificadas diferenciações de gênero ou idade, mostrando-se assim um

mercado heterogêneo. Atualmente, no Brasil, são divulgadas estimativas de crescimento na faixa de 17% ao ano; esse índice se torna um aliado ao sucesso de novos empreendimentos neste setor (MULLER, 2012).

Atualmente, a sustentabilidade, a proteção ao meio ambiente e o desafio de manutenção da qualidade de vida em saúde, são discursos frequentemente vistos e enfatizados pela mídia, uma vez que estes são temas comuns nas agendas de decisão governamental e frutos das políticas públicas que buscam cada vez mais a superação desses impasses (LOUREIRO, 2014).

A contaminação resultante de abordagens diversas e diferenciadas de eliminação de resíduos sólidos, compostos, carcaças animais é um grande problema de saúde pública e do meio ambiente (MERTEN & MINELA, 2002). Jardim *et al.* (2006) também consideraram que os agentes nocivos liberados desses produtos podem comprometer a qualidade dos solos e da água potável.

De acordo com Oliveira, (2003); Missio, (2013) e Mattaraia *et al.* (2014), cada vez mais os órgãos, instituições e o Estado têm buscado definir, executar e monitorar práticas de descarte e eliminação desses compostos, buscando amenizar os impactos da

sua decomposição para saúde pública e para o meio ambiente, bem como zelar pela qualidade de vida. Nesse sentido, visando resultados significativos, a utilização dos fornos crematórios para a incineração das carcaças de animais sadios ou doentes tem apresentado resultados positivos acerca da proteção a esses indicadores públicos.

A eliminação de carcaças animais é um ato que requer grande senso de responsabilidade por parte do profissional que está executando e, de fato, ter a perícia técnica e conhecimento para o exercício da atribuição é um requisito fundamental para uma execução responsável. Isso porque toda e qualquer carcaça, esteja ela contaminada por patógenos ou não, é considerada um resíduo sólido com grande potencial de contaminação quando em contato com o ar, água e solo (MATTARAIA *et al.*, 2014).

Tendo em vista esses problemas que resultam da contaminação proveniente das carcaças no ambiente, mais uma vez repercute-se a utilização dos fornos crematórios como destino final desse material. Evidentemente, dentre as opções existentes de descarte, a incineração em forno crematório constitui-se como melhor destino para as carcaças.

A justificativa de construção e inspiração da pesquisa enfatizando temas sobre uso de fornos crematórios como instrumento de gestão da contaminação oriunda da decomposição de carcaças animais decorre, em especial, de duas abordagens observadas (MATTARAIA *et al.*, 2014). A primeira, diz respeito à escassez de produção científica nacional que ofereça um maior suporte para a multiplicidade de outros estudos na área. Com base no tema em questão, percebe-se quase uma inexistência de estudos que enfocam essa seara, possibilitando o distanciamento do campo de pesquisa e, ao mesmo tempo, abrindo possibilidade para investigação e exploração desses recortes como ferramenta de disseminação desse conhecimento.

A segunda motivação está no descarte inadequado de carcaças animais no meio ambiente, que durante a decomposição são responsáveis por contaminar os recursos naturais essenciais à qualidade de vida humana, segundo entendimento de Gonçalves (2014).

Segundo Tessari (2008), é preciso reconhecer cada vez mais que o mundo carece de esforços, iniciativas e práticas mais eficientes de eliminação de carcaças e compostos que agridem a saúde humana e o meio ambiente, que busquem garantir a qualidade e

disponibilidade dos recursos naturais de forma a acessibilizá-los para futuras gerações.

Para Ferreira & Anjos (2001), o descarte inadequado de animais, libera uma grande quantidade de patógenos que causam doenças aos homens e contaminam o meio ambiente, sendo, hoje, um dos maiores problemas na saúde pública; por isso, se faz necessária a educação ambiental e a conscientização dos órgãos responsáveis pela ação de descarte, fiscalização e manutenção de cemitérios e aterros sanitários.

Para Pereira & Barbosa (2006), o aumento na taxa de crescimento de uma população, associado à concentração das pessoas nos centros urbanos, demandou do Estado uma maneira efetiva de regular e interferir na relação sociedade e meio ambiente.

A partir do século XXI, Merten & Minela (2002) relataram o surgimento de uma forte argumentação para a preservação do meio ambiente, levando em consideração questões de disponibilidade dos recursos escassos, evitando práticas nocivas de contaminação, visto que esta é resultante de abordagens diversas e diferenciadas de eliminação de carcaças animais. Assim como Jardim (2006) consideraram que os agentes nocivos que são

liberados desta decomposição, comprometem a qualidade dos solos e da água potável.

Para Silva & Malagutti (2010), a eliminação inadequada de corpos em covas abertas no solo, contamina a área por diversas substâncias orgânicas e inorgânicas, e por patógenos, estabelecendo condições ambientais desfavoráveis.

Conforme a estrutura hidrogeológica do local onde um corpo foi sepultado de forma inadequada, a liberação de necrochorume no solo pode atingir a zona não saturada do local (ALCÂNTARA, 2010).

Em solo argiloso com alto índice de umidade e baixo índice de oxigênio, acontece o processo de saponificação durante a fase final da putrefação, mais especificamente na sexta semana após a morte. Esse fenômeno, ocorre pela quebra das gorduras corporais pelas enzimas bacterianas; desse modo serão produzidos ácidos graxos que exibem alta acidez, o que inibe a ação das bactérias putrefativas, retardando o mecanismo de decomposição, o tornando mais contaminante (KEMERICH *et al.*, 2012).

No que se refere ao sepultamento de animais, Figueiredo Filho *et al.* (2009) explicam que os cemitérios de animais domésticos são fontes potenciais de contaminação do solo, das águas superficiais

e das águas subterrâneas, assemelhando-se às necrópoles humanas. A contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas pode ir a níveis muito além dos encontrados nos cemitérios humanos, por introduzir uma nova fauna de microrganismos presente nos corpos dos animais.

Santos (2012) expõe que o descarte de animais tem relação direta com o meio ambiente, pois provoca contaminação do solo e gera doenças, visto que os microrganismos que penetram o solo e contaminam a água, representam risco epidemiológico e até de morte.

Segundo Bacigalupo (2008), o necrochorume é o principal responsável pela poluição ambiental causada pelos cemitérios. Nele pode conter quantidades elevadas de diferentes tipos de bactérias e muitos tipos de vírus causadores de doenças que podem ser veiculadas hidricamente.

A preservação do meio ambiente é tema de discussão atual em que o foco principal se baseia no propósito de diminuir os impactos das ações humanas sobre o meio ambiente mas apesar disso, as inúmeras práticas e técnicas para reduzir os impactos negativos, ainda não foram suficientes para criar os mecanismos efetivos para se atingir o equilíbrio entre meio ambiente e o planeta.

O meio ambiente é um processo de reconstrução interna (dos indivíduos) que ocorre a partir da interação com uma ação externa (a reciclagem, o efeito estufa, ecossistema, recursos hídricos, desmatamento), na qual os indivíduos se constituem como sujeitos pela plena internalização de significações que são construídas e reelaboradas no desenvolvimento de suas relações sociais.

Segundo Freitas (2016), o maior patrimônio da humanidade contemporânea é o meio ambiente, o que é comprovado devido à abordagem que privilegia os grandes debates que se baseiam no novo Código Florestal Brasileiro.

De acordo com Georjín e Oliveira (2014), as questões ambientais vêm adquirindo uma grande importância na nossa sociedade. Estudos acerca dos problemas ambientais surgem a partir de novos paradigmas que visam uma direção mais sistêmica e complexa da sociedade. A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de fatores do universo social. Tomando-se como referência o fato de a maior parte da população brasileira viver em cidades, observa-se uma crescente degradação das condições de vida, refletindo uma crise ambiental. Isto nos remete a uma necessária reflexão

sobre os desafios para mudar as formas de pensar e agir em torno da questão ambiental numa perspectiva contemporânea.

Oliveira (2003) e Missio (2013) relatam que é importante que se adote medidas de proteção individual nas diferentes profissões, com a finalidade de minimizar o risco de infecção ao manipular cadáveres, animais e os alimentos em geral.

Conforme expõe Andrade *et al.* (2002), o descarte de carcaças requer responsabilidade por parte do profissional que o executa, pois, toda carcaça que seja contaminada ou não, é considerada resíduo sólido, classificado como Grupo A, de acordo com a legislação em vigor.

A resolução nº 5, de agosto de 1993, disposta no Conselho Nacional do Meio Ambiente, regulamenta o descarte de resíduos sólidos. Contudo, o assunto não obteve atenção necessária por parte das entidades de pesquisa e de regulamentação sanitária (MISSIO, 2013).

Pereira e Barbosa (2006) observaram que o descarte ineficiente dos animais gera odores fétidos que atingem distâncias acima de 33 quilômetros, e causa incômodo para as populações vizinhas; isso ocorre devido à decomposição indesejável por meio de bactérias, enzimas e outros constituintes.

O descarte correto de animais deve atuar na área preventiva a fim de eliminar os possíveis microrganismos causadores de doenças. O processo adequado para tal feito vem sendo negligenciado pelos órgãos competentes e responsáveis por fazer o controle, mesmo com o meio ambiente sofrendo as consequências negativas (MATTARAIA *et al.*, 2014).

De acordo com Oliveira (2003), Missio (2013) e Mattaraia *et al.*, (2014), cada vez mais os órgãos e instituições federais, estaduais, municipais e privados têm buscado definir, executar e monitorar práticas de descarte dessas carcaças e eliminação desses compostos, buscando amenizar os impactos da sua decomposição para a saúde humana, animal e do ambiente. Sendo assim, visando a obtenção de resultados positivos, a utilização dos fornos crematórios para a incineração de carcaças de animais sadios ou doentes tem apresentado resultados bons e significativos acerca da proteção a esses indicadores públicos, e consiste no melhor destino para esse tipo de resíduo.

Segundo Jardim (2006), a decomposição de tecidos animais constitui-se um meio ideal de desenvolvimento para microrganismos e perpetuação de patógenos causadores de doenças, com potencial de atingir os seres vivos.

Em um estudo realizado sobre a contaminação por sepultamento de cadáveres e partes de animais no solo, Silva e Lima (2014) alegaram que há contaminação do solo e da água por diversos microrganismos importantes para a saúde pública. Esporos de certas bactérias representam risco epidemiológico de doenças e morte ao homem e animais, como relatado por Tessari (2008), que exemplificou a presença de *Salmonella* sp. em carcaças de frangos industrialmente processadas, procedentes de explorações industriais do estado de São Paulo, Brasil.

Em face do exposto, do ponto de vista social, justifica-se a realização deste estudo por permitir viabilizar a construção de um empreendimento de um crematório animal, visando o desenvolvimento sustentável no mundo animal.

Do ponto de vista acadêmico, o presente estudo se justifica por possibilitar aprofundamento dos estudos no campo da Medicina Veterinária sobre a implantação de fornos crematórios, que é um tema que vem ganhando cada vez mais destaque nesta área de atuação profissional.

Este estudo busca elucidar e responder o seguinte problema de pesquisa ambiental e de saúde pública: o forno crematório constitui-se como a melhor prática de eliminação de carcaças e

dejetos animais nocivos à saúde humana e aos recursos naturais, sendo possível viabilizar a elaboração de um relatório técnico para a construção de um empreendimento crematório para animais domésticos no mercado brasileiro?

Esta pesquisa objetivou examinar, à luz das teorias e dos estudos bibliográficos, a relevância da utilização dos fornos crematórios para melhor gerenciamento da contaminação dos recursos naturais, com a ênfase na proteção ambiental, na saúde pública e apresentar tópicos e diferenciais na área de investimentos para um crematório animal para o Curso de Graduação em Medicina Veterinária da Universidade de Vassouras.

A metodologia utilizada consiste no esclarecimento detalhado dos procedimentos que foram adotados para a realização da pesquisa, que foi realizada através de um levantamento de estudos de trabalhos da literatura científica voltados para a prática da utilização de um forno crematório na Medicina Veterinária, visando esclarecer quais seus benefícios para o meio ambiente e para a saúde da população. Além disso, buscou-se apresentar a demanda de fornos crematórios e os benefícios da implantação de um forno crematório para animais como um negócio que gera lucro, baseado no princípio da sustentabilidade.

Documentos e Licenças Necessárias para a abertura e comercialização de um forno crematório PET:

- **Licença Prévia (LP)** - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção; atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases e sua implantação.
- **Licenciamento de Instalação (LI)** - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constante dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambientais e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.
- **Licença de Operação (LO)** - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controles ambientais e condicionantes determinados para a operação.

De acordo com a legislação brasileira, todo empreendimento considerado potencialmente poluidor deve realizar o

licenciamento ambiental para a definição de sua localização, instalação e operação junto ao órgão competente (Federal, Estadual ou Municipal).

Caso haja legislação municipal no local de intenção da viabilização do crematório *PET*, estes devem seguir as legislações específicas do município. Caso não haja leis municipais que regulamentam a implantação de um crematório *PET*, serão aceitas as leis que regulamentam os cemitérios, pois estão envolvidos nesse sistema os órgãos públicos que gerenciam a destinação de cadáveres.

Para se obter as licenças ambientais no estado do Rio de Janeiro é necessário acessar o aplicativo do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e responder algumas perguntas pertinentes ao empreendimento, em seguida você receberá um e-mail dizendo qual o enquadramento do empreendimento e quais os órgãos competentes que devem ser procurados para dar-se início ao processo de licenciamento.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) são órgãos ambientais que regulamentam os órgãos crematórios e estes devem atender as exigências para adequação. Em casos onde a geografia do empreendimento ofereça risco ou esteja próximo a áreas de

preservação, deve-se obter licenças especiais junto ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

ETAPA 01- Enquadramento do empreendimento e documentos necessários para iniciar o projeto de licenciamento.

O interessado em empreender um crematório *Pet* usando como exemplo o estado do Rio de Janeiro, deverá fazer o cadastro pessoal no aplicativo INEA Licenciamento, que deve ser baixado no *smartphone*. Esse é o primeiro passo rumo à obtenção de informação dos documentos necessários.

No ícone LICENCIAMENTO informar:

- **Classificação do empreendimento:** no caso de crematório *Pet* este deverá estar enquadrado em micro empresa ou empresa de pequeno porte.
- **Localização:** enviar a informação sobre quais municípios abrangem a atividade a ser licenciada. No caso desse produto da dissertação do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras, o relatório técnico foi baseado na suposição de instalar o empreendimento na cidade de Vassouras-

RJ, abrangendo as cidades de Angra dos Reis, Areal, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Barra Mansa, Barra do Piraí, Belford Roxo, Cabo Frio, Campos dos Goytacazes, Comendador Levy Gasparian, Duque de Caxias, Engenheiro Paulo de Frontin, Itaboraí, Itatiaia, Japeri, Maricá, Mendes, Mesquita, Miguel Pereira, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Paraty, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Petrópolis, Pinheiral, Piraí, Porto Real, Quatis, Resende, Rio das Flores, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Sapucaia, Saquarema, Seropédica, São Gonçalo, São João de Meriti, Teresópolis, Três Rios, Valença, Vassouras, Volta Redonda.

Atividade ou código de Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) que você deseja licenciar - Critério de enquadramento. A atividade ou código CNAE é o 9603-3/02 que corresponde aos SERVIÇOS DE CREMAÇÃO.

Nessa pesquisa em específico, o resultado do enquadramento baseado nas informações fornecidas no questionário do aplicativo INEA que foi encaminhado via e-mail foi:

“Certidão Ambiental de inexigibilidade de licenciamento. Esta atividade possui licenciamento inexigível”.

Para solicitar a certidão, existe um custo da análise do procedimento onde o boleto é gerado no próprio aplicativo do INEA, tem um custo de R\$ 256,58 (75,00 IFIRs), segundo a NOP-002, aprovada pela resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONEMA) nº 51, de 31 de outubro de 2013, em valores de 2020. Antes de entrar com o pedido, deve-se pagar o boleto.

Como obter o documento:

Via internet: acessar o link: “<http://www.inea.rj.gov.br/requerimentoonline>” e siga os procedimentos informados no formulário de requerimento de licenciamento.

Comparecer a uma unidade administrativa do INEA: Neste caso, você deverá agendar, via aplicativo Licenciamento INEA, uma data para seu comparecimento em uma das unidades do INEA.

Documentação Necessária:

1 - Documento de identidade do requerente - cópia do documento de identidade da pessoa física ou do representante legal da pessoa jurídica que assina o requerimento.

- 2 - Cadastro de Pessoas Físicas - cópia do Cadastro de Pessoas Físicas do requerente ou do representante legal da pessoa jurídica que assina o requerimento.
- 3 - Comprovante de residência (para requerentes pessoas físicas).
- 4 - Comprovante de inscrição no CNPJ do ano corrente (para requerentes pessoas jurídicas). Comprovante de inscrição e de situação cadastral de pessoa jurídica deve ser obtida no site da Receita Federal no ano do requerimento.
- 6 - Documento de identidade do contato.
- 7 - Cadastro de Pessoas Físicas - CPF do Contato.
- 8 - Procuração pública ou particular (se for o caso) autenticada e com firma reconhecida.
- 9 - Documento de identidade do procurador (se for o caso).
- 10 - Memorial descritivo da atividade - Breve relatório com a natureza do estabelecimento, número de funcionários por turno, relação dos serviços prestados, das matérias primas empregadas e descrição sucinta do processo industrial ou de serviço. Se houver, também descrever resíduos industriais, resíduos sólidos e seu destino.

Durante a análise do processo do requerimento podem ser exigidos novos custos e documentos complementares.

Tendo como exemplo o município de Vassouras, RJ, para a abertura do processo de licenciamento ambiental é necessário preencher e dar entrada nos documentos: requerimento de licenças, cadastro geral completo e atividade geral, que é fornecido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, conforme modelos abaixo (figura 1).

Figura 1: Formulários fornecidos pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Vassouras

Estado do Rio de Janeiro Prefeitura Municipal de Vassouras Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Para uso da SMMA - Vassouras - RJ
Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras	
REQUERIMENTO	
1 - Solicitação para obtenção de:	
<input type="checkbox"/> Licença Prévia (LP)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Licença de Instalação (LI)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Licença de Operação (LO)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Termo de Encerramento (TE)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<hr/> <hr/>	
2 - Número da Licença Anterior:	Código:
<input type="checkbox"/> LP <input type="checkbox"/> LI <input type="checkbox"/> LO N. °	<hr/> <hr/>
3 - Dados do Requerente:	
Nome Empresarial ou Nome	
Nome Fantasia	
CNPJ/CPF IE	
Local da Atividade	
Cep.	
Bairro / Distrito Município	
4 - Endereço para Correspondência:	
Logradouro	
Cep.	
Bairro / Distrito Município UF	
Telefone Fax e-mail	
5 - Endereço do Escritório do Empreendedor:	
Logradouro	
Cep.	

Vassouras _____ de _____ de _____

Assinatura do Representante Legal

Nome _____

PMV - SMMA		SISTEMA DE CADASTRO - I				Nº PROCESSO	
(DADOS GERAIS)						RUBRICA	FL.
Não preencher os espaços ao lado		ESTADO	MUNIC.	R.A/DIST	N. DE CONTROLE	ATIVIDADES	
<p>APRESENTAR EM ANEXO: Memorial descritivo dos processos. Disposição em planta, se possível, dos equipamentos, setor de utilidades, estocagem (LAY - OUT) se houver. Croquis ou se possível, planta em escala, das tubulações que conduzem os despejos, esgotos sanitários, águas de refrigeração, águas pluviais, diferenciando-as convenientemente. EXEMPLO: Fazer as linhas de tubulação em cores diferentes ou traços diferentes.</p>							
<p>OBSERVAÇÃO: Os dados a serem apresentados deverão referir-se ao ano próximo passado (ANO BASE), porém, se o empreendimento tiver sofrido modificações relevantes neste ano, anexar as alterações.</p>							
SEÇÃO 1: DADOS DE IDENTIFICAÇÃO							
NOME DO EMPREENDIMENTO							
LOCAL						Nº	
COMPLEMENTO			MUNICÍPIO			CEP	
NOME DO REPRESENTANTE				TEL. E RAMAL		HORÁRIO DE PERMANÊNCIA DAS AS HS	
CARGO							
SEÇÃO 2: DADOS ADMINISTRATIVOS							
Nº DE FUNCIONÁRIOS		FUNCIONAMENTO			PORCENTAGEM DA PRODUÇÃO (SE HOUVER)		
		DATA INÍCIO FUNCIONAMENTO			DEZEMBRO/FEVEREIRO		
NA PRODUÇÃO		Nº DE TURNOS/24 HORAS			MARÇO/MAIO		
ÁREA (m ²)		H ₈ FUNCIONAMENTO/DIA			JUNHO/AGOSTO		
PRODUÇÃO		DIAS FUNCIONAMENTO/ SEM.			SETEMBRO/NOVEMBRO		
TOTAL		SEM.FUNCIONAMENTO/ ANO			ANO BASE		
NÃO PREENCHER OS ESPAÇOS AO LADO		FORMULÁRIO A SER DEVOLVIDO ATÉ		RUBRICA DO REPRESENTANTE		RUBRICA DO CADASTRADOR	
		DATA DA DEVOLUÇÃO					
						Nº PROCESSO	
						FOLHA Nº	
						RUBRICA	
SEÇÃO 5: RESÍDUOS ESPECIAIS (SÓLIDOS, SEMI-SÓLIDOS E/OU LÍQUIDOS) SE HOUVER							
SISTEMA	TIPO DE RESÍDUO	ESTADO FÍSICO	ORIGEM	PRINCIPAIS CONSTITUINTES	QUANTIDADE	UNIDADE	
<p>INSTRUÇÕES: INDICAR O SISTEMA UTILIZADO PARA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS ESPECIAIS INFORMAR A ORIGEM (etapa de processamento industrial e/ou tratamento), PRINCIPAIS CONSTITUINTES, QUANTIDADE ANUAL CORRESPONDENTE A CADA SISTEMA E A CADA TIPO DE RESÍDUO COM AS RESPECTIVAS UNIDADES (Ex.: m³, t). EM CASO DE INCINERAÇÃO INDICAR O EQUIPAMENTO NO "LAY-OUT" E DESCRIVER O TIPO (câmara única, câmara múltipla), FREQUÊNCIA DE USO E COMBUSTÍVEL AUXILIAR, INCLUINDO TIPO E QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL CONSUMIDO ANUALMENTE, NA SEÇÃO 2 DA FOLHA II.2.</p>							

Obras de Estrutura Básica (Planta)

- ❖ Não é necessário que o crematório esteja em um ponto central da cidade, porém é interessante que o local tenha transporte público, a fim de facilitar o transporte dos funcionários e clientes que não tenham veículo próprio.
- ❖ Deve ter um jardim para dar leveza ao evento e um local onde poderão ser depositadas as cinzas do animal.
- ❖ Estacionamento para aproximadamente 20 carros.
- ❖ Jardim - onde o cliente poderá depositar as cinzas do animal que servem como adubo, eternizando-o através das plantas que receberam as cinzas. onde estas acabam por simbolizar o animal e também para dar leveza ao ambiente;
- ❖ Recepção - Para contratar os serviços disponibilizados pela empresa;
- ❖ Administração;
- ❖ Loja - produtos físicos disponíveis para a venda;
- ❖ Café-bar;
- ❖ Banheiros / vestiário;
- ❖ Refeitório;

- ❖ Sala mortuária;
- ❖ Sala de preparo do corpo;
- ❖ Capela Ecumênica e Velório (cobrado por hora);
- ❖ Sala de Cremação (não deve ter contato com o ambiente externo);
- ❖ Sala de depósito das cinzas;
- ❖ Espaço destinado ao depósito de gás;
- ❖ Refeitório dos funcionários;
- ❖ Sala de tanatopraxia;
- ❖ Sala de conservação de cadáveres;
- ❖ Garagem para os carros funerários.

Equipamentos para montar um crematório:

- 1 câmara fria;
- *kit* utensílios de limpeza;
- Forno crematório;
- Conjunto completo de chaminés;
- *Software* de gerenciamento e supervisão da cremação;

- Analisador de gases com monitoramento contínuo de CO e O₂;
- *Kit* de ferramentas para tanatopraxia;
- Processador de resíduos mortais - trituração e homogeneização de ossos para cinzas;
- Carrinho para manuseio (com sistema hidráulico);
- Estruturação para as áreas comuns do crematório *Pet*.

Funcionários necessários para o funcionamento do crematório *Pet*:

A escolha na contratação de funcionários é de suma importância para um atendimento de excelência. Durante a avaliação é muito importante analisar o perfil dos candidatos ao cargo, levando em consideração que nem todas as pessoas possuem a sensibilidade para trabalhar neste ramo, e nem todas gostam de animais.

Diretor Presidente

- **Médico Veterinário** - emite atestado da autenticidade e é o responsável técnico;
- **Recepcionista** - entende a dor do cliente, pois irá fazer o atendimento direto ao cliente sensibilizado por sua perda;

- **Motorista** - faz a remoção dos cadáveres;
- **Funcionário para tanatopraxia** - promove uma melhor apresentação do corpo no momento do velório;
- **Operador de forno** - é treinado pela empresa fornecedora do forno crematório;
- **Faxineira** - mantém a limpeza do local;
- **Jardineiro** - faz a manutenção do jardim e cultivo das flores que serão usadas na ornamentação”.

Serviços e Produtos

Um forno crematório para pequenos animais que atenda todas as normas do CONAMA e registro da câmara secundária, com licença de operação emitida pelo órgão ambiental do Estado onde o empreendimento será realizado; sistema de monitoramento contínuo de análise de CO e O₂ medição contínua da câmara de combustão e registro de temperatura da câmara primária e secundária.

O empreendimento crematório *pet*, pode oferecer os serviços de transporte de cadáveres, cobrando por quilo de peso, velório com cerimônia de despedida, serviço de câmeras para velórios virtuais, *online* e em tempo real, urna mortuária, ornamentação da capela e

do caixão, placas para urna com dizeres, cremação individual ou coletiva, variedades de urnas ecológicas (feitas de bambu, com papel), que já vêm com terra e semente, e as cinzas servem como adubo, podendo o proprietário do animal plantar junto a árvores o que acaba por se tornar um santuário e a planta passa simbolizar o animal. Também podem ser fornecidas urnas como objeto de decoração, urnas hidrossolúveis feitas de argila crua, que quando jogadas no mar ou no rio ela solta as cinzas, dando a opção de quando a pessoa quiser esparsar as cinzas elas acabam se dissolvendo e não poluindo a natureza; atestado veterinário certificando que as cinzas correspondem ao animal cremado, colares, porta-retratos e broches com foto do animal, roupas para o animal falecido, cerimônia com certificado de despedida e atestado veterinário comprovando que as cinzas correspondem ao animal cremado, homenagem aos animais em página personalizada no site da empresa, camiseta com foto, broches, medalhão para distribuir para os parentes, diamante feito a partir das cinzas, *buffet* de recepção e tudo poderá ser contratado e encomendado de forma conjunta.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução 316/2002, dispõe sobre Procedimentos e Critérios para

o Funcionamento de Sistemas de Tratamento Térmico de Resíduos:

Art. 1. Disciplinar os processos de tratamento térmico de resíduos e cadáveres, estabelecendo procedimentos operacionais, limites de emissão e critérios de desempenho, controle, tratamento e disposição final de efluentes, de modo a minimizar os impactos ao meio ambiente e à saúde pública, resultantes destas atividades.

As normatizações descritas acima regulamentam a utilização do forno crematório *pet* de forma a preservar o meio ambiente.

Os artigos 17, 18, 19 e 20 referem-se às normas da aparelhagem de um crematório:

Art. 17. Todo sistema crematório deve ter, no mínimo, a câmara de combustão e a câmara secundária para queima dos voláteis.

§ 1º A câmara secundária deverá operar à temperatura mínima de oitocentos graus Celsius, e o tempo de residência dos gases em seu interior não poderá ser inferior a um segundo.

§ 2º O sistema só pode iniciar a operação após a temperatura da câmara secundária atingir a temperatura de oitocentos graus Celsius.

Art. 18. A operação do sistema crematório deverá obedecer aos seguintes limites e parâmetros de monitoramento:

“I - Material particulado (MP): cem miligramas por normal metro cúbico, corrigido pelo teor de oxigênio na mistura de combustão da chaminé para sete por cento em base seca, devendo o monitoramento ser

pontual e obedecer à metodologia fixada em normas pertinentes;

II - Monóxido de carbono (CO): cem partes por milhão volumétrico, base seca, verificados com monitoramento contínuo, podendo o órgão licenciador exigir registro contínuo;

III - Temperatura da câmara de combustão: os limites mínimos serão determinados por ocasião do teste de queima, devendo o monitoramento ser contínuo, podendo o órgão licenciador exigir registro contínuo;

IV - Temperatura da câmara secundária: mínimo de oitocentos graus Celsius, com monitoramento e registro contínuos;

V - Pressão da câmara de combustão: negativa, com monitoramento contínuo, com a utilização de pressostato, podendo o órgão licenciador exigir registro contínuo (nova redação dada pela Resolução nº 386, de 27 de dezembro de 2006, publicada no DOU nº 249, de 29 de dezembro de 2006, Seção 1, página 665)".

Art. 19. Os corpos, fetos ou as peças anatômicas, recebidos no crematório, deverão ser processados, preferencialmente, no prazo máximo de oito horas. Parágrafo único. Na impossibilidade de processamento no prazo estabelecido no *caput*, os corpos, peças ou fetos deverão ser mantidos em equipamento com refrigeração adequada.

Art. 20. A urna funerária, utilizada em crematórios deverá ser de papelão ou madeira, isenta de tratamento, pintura, adereços plásticos e metálicos, à exceção dos casos em que urnas lacradas sejam exigidas por questões de saúde pública ou emergência sanitária".

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução no 33, de 8 de julho de 2011, dispõe sobre o Controle e Fiscalização Sanitária do Translado de Restos Mortais Humano:

Art. 5º - O controle sanitário do translado de restos mortais humanos em áreas de portos, aeroportos e fronteiras somente será realizado pela ANVISA em casos de emergência em saúde pública ou situações que possam significar algum risco à saúde da população, a critério da Gerência Geral de Portos, Aeroportos, Fronteiras e Recintos Alfandegados.

Leis Federais - Brasil

“Segundo a Constituição Federal de 1988, o serviço de crematório é um serviço público de interesse local. Especificamente em seu artigo 30, incisos I, V e VIII, é exposto que este tipo de serviço pode ser prestado por concessão, permissão ou ainda pelo próprio poder público (SEBRAE, 2017)”.

Leis Estaduais

INEA- Instituto Estadual do Meio Ambiente

O Relatório Ambiental Simplificado (RAS), assim como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), tem como objetivo oferecer elementos para a análise da viabilidade ambiental de

empreendimentos ou atividades consideradas potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente.

Cada estado dispõe de Leis e portarias específicas, que dispõe da obrigatoriedade em se apresentar relatórios ambientais para o licenciamento do crematório.

O RAS compreende os estudos relativos aos aspectos ambientais pertinentes à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, que conterà, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e das medidas de controle, de mitigação e de compensação.

Considerando que compete ao órgão ambiental definir os estudos ambientais pertinentes ao processo de licenciamento quando for verificado que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente, conforme reza o parágrafo único do art. 3º da Resolução no 237/1997 do CONAMA.

Considerando que os crematórios não são atividades potencialmente causadoras de significativa degradação ambiental; Resolve:

Art. 1º - Instituir a obrigatoriedade de apresentação de Relatório Ambiental Simplificado - RAS, para o licenciamento de crematórios (código 3.412,10);

Art. 2º - A viabilidade ambiental do crematório também deverá ser verificada por estudo da dispersão das emissões atmosféricas do sistema de tratamento térmico proposto.

Segue abaixo e-mail enviado pelo setor comercial da empresa de fornos crematórios Brucker com a proposta atualizada com valores dos fornos e equipamentos fabricados por ela.

Proposta Comercial

Apresentamos aos Senhores a proposta comercial do FORNO CREMATÓRIO BRUCKER *PETS*.

Desde já agradecemos a oportunidade concedida e nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Gerente de Vendas da Empresa Brucker

PROPOSTA COMERCIAL

1. Apresentação do Produto;
2. Tecnologia e Dados técnicos;
3. Condições Comerciais;

4. Condições de Entrega;
5. Garantia e Assistência Técnica;
6. Condições Gerais de Fornecimento;
7. Validade da Proposta.

1. Apresentação do Produto

Forno crematório da marca Brucker:

Os fornos Brucker são fabricados em território nacional, passaram em todos os testes realizados pela CETESB, obtendo assim a certificação para a fabricação de seus produtos, bem como obtiveram os licenciamentos dos órgãos ambientais na grande maioria do território brasileiro.

Duas portas de inspeção com acesso total na câmara secundária para limpeza, sem a necessidade de técnicos especializados, podendo ser feito pelo próprio operador do forno.

Média de 50 a 120 minutos para cada processo de cremação continuamente, sem necessidade de resfriamento da câmara primária.

Consumo médio de 25 a 35 kg por processo de cremação, com um custo em média de R\$ 100,00 (Cem reais).

Utilização 100% de material refratário especial para altas temperaturas e isolantes térmicos, proporcionando melhor cremação.

Não utiliza fibra cerâmica pelo fato de não suportar continuamente altas temperaturas e ser um possível causador de doença pulmonar chamada silicose (figuras 2-8).

Figura 2 - Imagem meramente ilustrativa do forno crematório/*Pet.*



Fonte - Empresa Brucker.

Informações técnicas do forno crematório Brucker

Conforme e-mail resposta enviado pela empresa Brucker à autora do projeto, segue abaixo as especificações técnicas:

- Temperatura máxima de trabalho na câmara primária (cremação): 1.200 graus centígrados;
- Temperatura máxima de trabalho na câmara secundária: 1000 graus centígrados;
- Estrutura em aço carbono;
- Acabamento externo frontal: em aço inox AISI 304;
- Estrutura interna em material refratário: muito resistente à abrasão, proporcionando durabilidade e segurança;
- Porta guilhotina: com abertura acionada por sistema automático;
- Visor frontal: para inspeção do ciclo de cremação;
- Compartimento frontal: para a retirada das cinzas;
- Comando automático: desliga após a conclusão do ciclo de cremação conforme programação;
- Rolete na entrada da porta: para facilitar o carregamento e descarregamento da carga;
- Reguladores, Válvulas e Detector de Gases: conforme norma de segurança ABNT;
- Combustível: gás liquefeito (G.L.P.);

- Baixo consumo de combustível: através de reguladores inteligentes;
- Tempo de cremação: média de 50 à 120 minutos dependendo da carga;

Figura 3: Conjunto completo de chaminés (7,5 metros acima do nível do solo).



Fonte: Empresa Brucker.

- Revestido internamente com concreto isolante e externamente com pintura especial;
- Fabricada em chapa de aço de 2mm;
- 2 gomos de 1200 mm simples;
- 1 gomo de 1200 mm com duto de inspeção;
- 1 gomo de 1200mm com chapéu;

- Todos os gomos são revestidos;
- Flange para fixação;
- Alarme sonoro informando a finalização do ciclo de cremação conforme programação;
- Monitoramento do nível de oxigênio;
- Monitoramento do nível de CO₂”.

Cadastro completo da operação (exemplos: nome, data de nascimento, número de documentos, registro do óbito etc.):

- Emissão de relatório dos gráficos;
- Campo para anotar as observações;
- Campo para inserir foto;
- Comando automático digital *Touch Screen*.

Figura 4: *Software* de gerenciamento BR-SG 2.0.



Fonte: Empresa Brucker

Figura 5: Analisador de gases com monitoramento contínuo de CO e O₂.



Fonte: Empresa Brucker

Leitura simultânea de:

- “Oxigênio-O₂;
- Monóxido de carbono - CO;
- Dióxido de carbono - CO₂;
- Temperatura dos gases;
- Pressões;
- Excesso de ar;
- Eficiência da combustão;
- Relação CO/CO₂;
- Opções ou expansões futuras para CO/CO₂;
- NO, CO alto”.

Completo com:

- “Saída RS232;
- Sonda Termopar;
- Seleção de combustíveis;
- Computador;
- Memória de dados;
- *Display Backlit*”.

Segundo a empresa Brucker, o equipamento possui todos os requisitos essenciais exigidos para testes de combustão em caldeiras, fornos ou aquecedores a óleo, gás ou biomassa, com registro de todos os dados medidos com data e hora.

O equipamento analisa:

- “Regulagem de queimadores;
- Monitoramento periódico da combustão;
- Controle de parâmetros operacionais e das emissões de CO;
- Bancos e diagnósticos energéticos;
- Certificação de eficiência da queima para fabricantes, inspetores ou instaladores de equipamentos térmicos”.

Figura 6: Analisador profissional.



Fonte: Empresa Brucker

Figura 7: Processador de Resíduos Mortais BR-PR01.



Fonte: Empresa Brucker

O processador de resíduos da empresa Bruckner possui coifa de entrada de resíduos;

- Conjunto de facas especiais para a trituração e homogeneização de ossos para cinzas;
- Motor de 1 cv / 220 V;
- Duto de saída das cinzas;
- Pista hidráulico com pedal;
- Capacidade de 350 kg;
- Plataforma de carregamento;
- 2 Rodízios giratórios e 2 rodízios fixos;

- Fabricado em aço 1020''.

Figura 8: Carrinho para manuseio.



Fonte: Empresa Brucker

2. Tecnologia e Dados Técnicos

2.1. Dados Técnicos

Os dados técnicos podem ser vistos no Quadro 1.

Quadro 1: Temperatura Máxima de Trabalho na Câmara Primária
(Cremação) 1.000 °C.

Temperatura Máxima de Trabalho da Câmara Primária (Cremação).	1.000 °C.
Temperatura Máxima de Trabalho na Câmara Secundária	1.200 °C.
Estrutura	Aço Carbono
Acabamento Externo Total	Aço Inox
Estrutura Interna em Material Refratário	Muito Resistente à Abrasão, Proporcionando Durabilidade e Segurança
Porta Guilhotina	Com Abertura Acionada por Sistema Automático.
Visor Frontal	Para Inspeção do Ciclo de Cremação.
Compartimento Frontal	Para A Retirada das Cinzas
Comando Automático de Controle de Temperatura	Tensão 220 V, Ligação Bifásica ou Trifásica.
Funcionamento Automático	Deslogando Após a Conclusão do Ciclo de Cremação, Conforme Programado.
Rolete na Entrada da	Para Facilitar o Carregamento e Descarregamento da Carga.

Porta	
Reguladores, Válvulas e Detectores de Gases	Conforme Norma de Segurança ABNT.
Combustível	Gás Natural ou Gás Liquefeito (G.L.P.).
Baixo Consumo de Combustível	Através de Reguladores Inteligentes.
Através de Reguladores Inteligentes	Através de Reguladores Inteligentes.
Tempo de Cremação	40 A 120 Minutos, Dependendo da Carga.
Chaminé	7.500 Mm de Altura Desde o Nível do Piso.
Peso Aproximado do Produto	7.000, 8.000, 14.000 Kg.

2.2. *Software* de Gerenciamento e Supervisão de Cremação BR-SG 2.0:

- Comando automático digital *Touch Screen*;
- Alarme sonoro informando a finalização do ciclo de cremação conforme programação;

- Monitoramento do nível de O₂ (Oxigênio %);
- Monitoramento do nível CO (monóxido de carbono);
- Cadastro completo da operação (exemplos: nome, idade, documentos, número do óbito etc.);
- Emissão de relatórios dos gráficos;
- Campo de observação;
- Pode ser inserido foto”.

3. Condições Comerciais

As condições comerciais são apresentadas nos Quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2: Condição de Funcionamento de Forno crematório para *Pet* de até 50 kg.

<u>FORNO PET 50</u> <u>KG/PROCESSO</u>	MODELO		
Dimensões externas: A 2210 mm x 1520 mm x P3700 mm >Peso aproximado do equipamento: 7.000 kg			
ACESSÓRIOS INCLUSOS	BR-P1	BR-P2	BR-P3

Conjunto completo de chaminés (7,5 mtrs desde o nível do solo)	X	x	x
Software de gerenciamento BR- SG 2.0 com emissão de relatórios		x	x
Analisador de gases com monitormaneto contínuo de CO ₂ e O ₂		x	x
Processador de resíduos mortais BR - PR01		x	x
Carrinho para manuseio (com sistema hidráulico)		x	x
Painel de controle digital, LCD Touch-screen com IHM industrial		x	x
Computador com monitor de 15"		x	x

Planos para Emissão das licenças (PTQ, PC e PE)		x	x
Assessoria do Licenciamento Ambiental		x	x
Revestimento externo em aço inox			x
Custos em Reais (\$) (valores de 2020)	157.300,00	217.800,00	242.000,00

Quadro 3: Condição de Funcionamento de Forno crematório para *Pet* de até 100kg.

<u>FORNO PET 100</u> <u>KG/PROCESSO</u>	MODELO		
Dimensões externas: A 2600 mm x 2060 mm x P3700 mm >Peso aproximado do equipamento: 8.000 kg			
ACESSÓRIOS INCLUSOS	BR-P1	BR-P2	BR-P3
Conjunto completo de chaminés (7,5 mtrs desde o nível do solo)	X	x	x
Software de gerenciamento BR-SG 2.0 com emissão de relatórios		x	x

Analisador de gases com monitormaneto continuo de CO₂ e O₂		x	x
Processador de resíduos mortais BR - PR01		x	x
Carrinho para manuseio (com sistema hidráulico)		x	x
Painel de controle digital, LCD <i>Touch-screen</i> com IHM industrial		x	x
Computador com monitor de 15"		x	x
Planos para emissão das licenças (PTQ, PC e PE)		x	x
Assessoria do Licenciamento Ambiental		x	x
Revestimento externo em aço inox			x
Custos em Reais (\$)	217.000,00	302.500,00	338.800,00

Quadro 4: Condição de Funcionamento de Forno crematório para *Pet* de até 350kg.

<u>FORNO PET 350 KG/PROCESSO</u>	MODELO
Dimensões externas: A 3115 mm x 2342 mm x P5000 mm >Peso aproximado do equipamento: 14.000 kg	

ACESSÓRIOS INCLUSOS	BR-P1	BR-P2	BR-P3
Conjunto completo de chaminés (7,5 mtrs desde o nível do solo)	x	x	x
Software de gerenciamento BR- SG 2.0 com emissão de relatórios		x	x
Analisador de gases com monitormaneto contínuo de CO ₂ e O ₂		x	x
Processador de resíduos mortais BR - PR01		x	x
Carrinho para manuseio (com sistema hidráulico)		x	x
Painel de controle digital, LCD Touch-screen com IHM industrial		x	x
Computador com monitor de 15"		x	x
Planos para Emissão das licenças (PTQ, PC e PE)		x	x
Assessoria do Licenciamento Ambiental		x	x
Revestimento externo em aço inox		x	x
Custos em Reais (\$)	338.000,00	423.5000,00	459.800,00

3.1. Condições de Pagamento

A Combinar

Financiamentos

- Cartões
- BNDES
- PROGER
- FINAME

4. Condições de Entrega

O prazo de entrega poderá variar de 4 a 6 meses após pagamento inicial.

Incoterm (EXW): Os custos de frete, seguros e demais despesas como retirada, descarregamento, movimentação e instalação correm por conta do cliente.

5. Garantia e Assistência Técnica

Um (1) ano de garantia.

Assistência técnica é permanentemente por meio de equipe especializada.

*Custos de deslocamento, hospedagem e alimentação da equipe técnica correm por conta do cliente.

6. Validade da Proposta

30 dias.

Principais diferenciais da Brucker Fornos Crematórios:

- Produtos com alta tecnologia;
- Alta tecnologia aplicada para um processo automatizado, seguro, com pouca interferência do operador;
- Operação completa do Forno em interface amigável e registro dos dados via *Software*;
- Sistema inteligente de baixo consumo de gás;
- Monitoramento contínuo dos gases.

Pioneirismo

- Atuando no setor desde 2009, com *know-how* de duas grandes empresas, uma do setor funerário e outra com experiência na fabricação de fornos desde 1929. Assim, a Brucker apresenta uma proposta pioneira: utiliza em seus produtos tecnologia 100% nacional, o que garante o melhor custo-benefício para seu negócio, com fácil assistência técnica e manutenção.

- Num mercado em franca expansão e com retorno a curto prazo, a Brucker também oferece o serviço de consultoria e assessoria para abertura e implantação de crematórios.

Consultoria e Treinamento

- Sempre primando pela qualidade no atendimento, a Brucker Fornos Crematórios oferece ao cliente consultoria e assessoria na abertura e implantação de crematórios e na montagem dos fornos, com projetos sob medida, além de completo treinamento para operação dos equipamentos.

- Oferece, também, assessoria em licenciamento ambiental.

Cobertura Nacional

- Os fornos crematórios Brucker são licenciados e estão em operação por todo o país. Como seus produtos são fabricados com tecnologia nacional, a Brucker garante agilidade no atendimento e na assistência técnica, de Norte a Sul do Brasil.

Responsabilidade Ambiental

- Os fornos Brucker são adequados às normas ambientais do CONAMA e customizados para atender às diferentes

características de tensão (rede elétrica), combustão e exigências elétricas nacionais e internacionais.

BRUCKER – Fornos Crematórios - Av. Joaquim Ferreira da Costa no 405 – 5º Distrito Industrial – Votuporanga/SP – CEP: 15505-131
Fone (017) 3421-4516.

e-mail: vendas@brucker.com.br

www.brucker.com.br

Conclusões

O tema sustentabilidade e saúde pública, no que concerne ao seu gerenciamento e ênfase na qualidade de vida, são muito conhecidos no âmbito da produção científica, entretanto, considerando a atuação e relevância dos fornos crematórios como instrumento estratégico para o gerenciamento da contaminação dos solos e lençóis freáticos por agentes nocivos ao organismo, o nível de produtividade acadêmica apresenta reduções significativas ou quase inexistência em alguns aspectos, evidenciando uma lacuna para exploração ou investigação do tema como fonte de melhorias no contexto da saúde pública e meio ambiente.

Verificou-se também que o Brasil é o terceiro maior mercado *pet* do mundo devido ao número crescente de animais de estimação adotados como membro das famílias. Devido ao curto tempo de vida de algumas espécies, as pessoas tendem a adotar mais de dois animais ao longo de sua vida, sendo esses os responsáveis por grande parte dos gastos da família.

O valor sentimental que as pessoas nutrem pelos seus *Pets*, provocou um aumento na procura por uma homenagem de despedida digna aos animais após sua morte. Hoje, a prática de cremação, além de ecologicamente correta, apresenta-se como uma excelente oportunidade de investimento para inserção no mercado brasileiro devido à demanda crescente de procura pelo serviço nas grandes cidades, e é realidade também em regiões menores.

Portanto, o produto desta pesquisa foi a realização de um relatório técnico com instruções técnicas para a construção de um empreendimento crematório animal no mercado *pet* brasileiro, para ser entregue à coordenação do curso de graduação em Medicina Veterinária da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ.

Considerações finais

O crematório *Pet* deve ser bem localizado, ter fácil acesso para transporte particular ou público, de preferência deve estar localizado em uma região estratégica, que atenda os municípios vizinhos carentes do serviço (análise de mercado). Não necessariamente precisa estar próximo ao centro de consumo, pois os resultados da empresa não dependem dessa proximidade com o consumidor; deve estar em uma região com boas condições econômicas. Além do local de origem, a pintura e decoração devem ser de tons uniformes e claros. A empresa deve estar em áreas próximas à natureza, com o intuito de dar leveza para as pessoas que estão passando por esse processo de perda de um ser querido da família. Também deve estar afastada de áreas residenciais, e de preferência distante de corpos hídricos, de áreas de preservação ambiental e não necessitar de supressão da vegetação.

Referências

ANDRADE, A. *et al.* **Animais de Laboratório: criação e experimentação.** Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002.

BACIGALUPO, Rosiane. **Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais,** 2008. Disponível em:<

file:///C:/Users/Administrador/Downloads/4461-17146-1-SP.pdf>Acesso em 12 de maio de 2019.

Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CORTEZ, A. T.; ORTIGOZA, S. A. G. Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2007, p.13.

COSTANZA, R. **Economia Ecológica: uma agenda de pesquisa. Valorizando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável.** Editora Campus, 1994.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antônio dos; Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Caderno Saúde Pública. Rio de Janeiro**, v. 3, n. 17, p. 689-696, mai./jun. 2001.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; PACHECO, A. Avaliação da Contaminação do solo e das águas subterrâneas por sepultamento de carcaças de animais. **In: Encontro Internacional Geografia: Tradições e Perspectivas**, 2008, São Paulo.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr Augusto; PACHECO, Alberto. Cemitérios de animais domésticos e impactos ambientais. **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2010.

FREITAS, M.; FREITAS, M. **Sustentabilidade como paradigma: Cultura, ciência e cidadania.** Editora Vozes Limitada, 2016, p. 31-53.

FREITAS, Marilene Corrêa da Silva; FREITAS, Marcilio de. **Sustentabilidade como paradigma (A): Cultura, ciência e cidadania.** Petrópolis, RJ: Editora Vozes Limitada, 2016.

GEORGIN, Jordana; OLIVEIRA, Gyslaine Alves. Práticas de conscientização ambiental em escolas públicas de Ronda Alta/RS. Revista Monografias Ambientais - **REMOA Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria**. v.14, n.3, mai-ago., 2014, p.03-3382.

GONÇALVES, Diego Lustre. **Monitoramento de áreas de proteção ambiental através de indicadores de sustentabilidade**. 2014. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.

JARDIM, Fernanda BB *et al.* Influência dos sistemas de pastagem e confinamento na contaminação microbiana de carcaças bovinas. **Cienc Tecnol Aliment**, v. 26, n. 2, p. 277-282, 2006.

GEORGIN, Jordana; OLIVEIRA, Gyslaine Alves. Práticas de conscientização ambiental em escolas públicas de Ronda Alta/RS. Revista Monografias Ambientais - **REMOA Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria**. v.14, n.3, mai-ago., 2014, p.03-3382.

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Responsabilidade social: um olhar para a sustentabilidade**. On-line. Disponível em:< <http://www.alfinal.com/brasil/sustentabilidade.html>>. Acesso em 03/05/2018.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha; BIANCHINI, Debora Cristina; FANK, Julia Caroline; BORBA, Willian Fernando; WEBER, Diego Polonia; UCKER, Fernando Ernesto. A questão ambiental envolvendo cemitérios no Brasil. **Revista monografias ambientais - REMOA**. V. 13, n.5 (2014): Edição especial LPMA/UFSM, p. 3777-3785. <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14506/pdf> acesso em: 18/06/2018.

Leis Municipais/ Rio de Janeiro. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de->

janeiro/decreto/1978/145/1453/decreto-n-1453-1978-este-ato-ainda-nao-esta-disponivel-no-sistema Acesso em: 29/08/2018.

Leis Municipais/ Rio de Janeiro. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/decreto/2014/3910/39094/lei-organica-rio-de-janeiro-rj> Acesso em: 29/08/2018.

LOUREIRO, Carlos Frederico B. **Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política.** Cortez Editora, p.55-75, 2014.

MATTARAIA, Vânia Gomes; FACCIOTTI, Patrícia Reginato; VILLAR, Karina de Sena; LOPES, Alessandra Pinheiro; FERREIRA, Ronaldo de Azevedo; SANTOS, Neuzete Maria dos. Adequação do descarte de carcaças no Instituto Butantã. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório**, v. 2, n. 4, p. 343-344, 2014.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MIKHAILOVA, Irina. **Revista economia e desenvolvimento. Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da menstruação prática.** n16, página 25, 2004.

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente.** 8. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, p.14, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Publicado no D. O. U. de 17/02/1986. <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em 10/11/2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 358**, de 29 de abril de 2005. Publicado no D. O. U.

nº 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, páginas 63-65. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>, Acesso em 12 de dezembro de 2017.

MISSIO, Regis Luís. MISSIO, Regis Luís. Características da carcaça de vacas de descarte abatidas com diferentes pesos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 644, 2013.

OLIVEIRA, Sérgio José. Isolamento de *Arcobacter butzleri* de músculos de carcaças de suínos de terminação e de matrizes descartadas abatidos em um matadouro no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 889-892, 2003.

PEREIRA, M. A. V; BARBOSA, C. G. Prevalência da cisticercose em carcaças de bovinos abatidos em matadouros-frigoríficos do Estado do Rio de Janeiro, submetidos ao controle do serviço de Inspeção Federal (SIF-RJ), no período de 1997 a 2003. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, n. 1, p. 83-87, 2006.

ROSA, R. S., SANTOS, K. Representação social de meio ambiente como ponto de partida para ações de educação ambiental: uma ocupação irregular como espaço de educação não escolar. Dossiê Temático Educação Ambiental Não Formal. **Revista de Educação Ambiental**. Vol. 22, n. 1, 2017.

SANTOS, Antônio Carlos Rodrigues dos. **Descarte de animais: uma análise do manejo realizado pelo Centro de Controle de Zoonoses. – Araguaína, Tocantins. Palmas-TO.** Universidade de Brasília (UnB), 2012. Disponível em :<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/3867/1/2012_AntonioCarlosRodriguesdosSan_tos.pdf> Acesso em 12 de dezembro de 2017.

SEBRAE SEBRAE NACIONAL. **O que é ser empreendedor.** 2019. Disponível em: [http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/o-que-e-ser-](http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/o-que-e-ser)

empreendedor,ad17080a3e107410VgnVCM1000003b74010aRCRD

SENADO FEDERAL, 2017. Da conferência das nações unidas para o meio ambiente humano, em Escolmo, a Rio-92: agenda ambiental para os países e elaborar de documentos por comissão mundial; sobre meio ambiente e desenvolvimento. Revista em discussão. **Revista Eletrônica do Senado Federal**. <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-das-nacoes-unidas-para-o-meio-ambiente-humano-estocolmo-rio-92-agenda-ambiental-paises-elaboracao-documentos-comissao-mundial-sobre-meio-ambiente-e-desenvolvimento.aspx> Acesso em: 18/03/17.

SILVA, Eduardo Sá. Empreendedorismo e plano de negócios. **Vida econômica Editorial**, p.24, 2013.

SILVA, LEZÍRO M. Cemitérios: **Fonte Potencial de Contaminação dos Aquíferos Livres**. Montevideú: ALHSUD, 1998.

SILVA, Leziro Marques. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação do lençol freático**. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu/Faculdade de Tecnologia e Ciências Exatas, 2000.

SILVA, Tarcísio Augusto Alves; LIMA, Laíse Soares. Desenvolvimento sustentável: um debate sobre suas impossibilidades. EDUCTE: **Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, v. 1, n. 1, 2014.

TESSARI, Eliana Neire Castiglioni. Ocorrência de *Salmonella* spp. em carcaças de frangos industrialmente processadas, procedentes de explorações industriais do Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2557-2560, 2008.

Sobre os autores

Fernanda Bernabei Duboc Cardoso

Graduada em Medicina Veterinária pela Fundação Educacional Dom André Arcoverde (2002). Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras (2019). Tem experiência na área de Medicina Veterinária, com ênfase em Clínica Cirúrgica Animal.

Marilene de Farias Brito

Graduada em Medicina Veterinária pela UFRPE. Mestre em Medicina Veterinária e doutora em Ciências Veterinárias pela UFRRJ e Pós-doutora pela UFRPE. Professora Titular da UFRRJ. Possui mais de 100 artigos publicados em periódicos indexados. É coautora dos livros Plantas Tóxicas da Amazônia a Bovinos e outros Herbívoros, Plantas Tóxicas do Brasil para Animais de Produção e Deficiências Minerais em Animais de Produção. Docente do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da UFRRJ.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMEF)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 37 - Leptospirose humana no município de Vassouras, estado de Rio de Janeiro, Brasil: um inquérito sobre variáveis ocupacionais e ambientais

Autores: Oswaldo Aparecido Caetano, Carlos Manuel Dutok-Sánchez, Cristiane de Souza Siqueira Pereira, Antônio Neres Norberg, Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: A leptospirose é uma doença infecciosa aguda generalizada, causada por sorovares da *Leptospira interrogans*, cujo espectro clínico é altamente variável e pode ser clinicamente confundida com outras doenças febris como malária, dengue, rickettsiose ou hantavirose. Trata-se de uma zoonose de grande importância social e econômica. Apresenta elevada incidência em determinadas áreas, alto custo hospitalar e perdas de dias de trabalho, nos casos mais graves pode chegar a 40% o risco de letalidade. Sua ocorrência está relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária e alta infestação de roedores infectados. A disseminação e a persistência do agente causal no ambiente são facilitadas pelas inundações propiciando o aumento surtos. A manutenção da bactéria *Leptospira* nas regiões urbanas e rurais do Brasil é favorecida pelo clima tropical úmido e uma vasta população de roedores sinantrópicos (ratos e camundongos), estes

liberam as bactérias através de fezes e urinas que eles utilizam para marcar suas trilhas. Localidades com más condições de saneamento básico são principalmente acometidas de surtos devido à presença de esgoto a céu aberto e lixões, proximidade com córregos, os quais propiciam o contato direto com as águas contaminadas com dejetos de roedores. O crescimento urbano desordenado e a grande quantidade de resíduos (lixo) espalhados sobre vias e terrenos baldios propiciam também um ambiente ideal para a proliferação da população murina, bem como os agentes etiológicos veiculados por eles. O trabalho objetivou determinar a incidência de soros reagentes de *Leptospira* spp. em amostras de sangue de indivíduos atendidos no HUFUSV do município de Vassouras e da população de bairros e distritos do município de Vassouras/RJ, carentes de saneamento básico e relacionar com o número de casos notificados no mesmo município. Caracterizando um estudo de natureza quantitativa, do tipo transversal. Foram coletadas amostras de sangue dos indivíduos através de punção venosa periférica. Este foi coletado em tubo de vidro estéril sem anticoagulante. Após a coagulação, o sangue foi centrifugado a 3000 rpm por cinco minutos. O soro obtido foi transferido para outro frasco estéril para refrigeração e

enviado ao laboratório. Dos 51 exames realizados, (13) 25,49% foram soros-reagentes e (38) 74,51% não reagentes.

Palavras-chave: Leptospirose; Medidas em Epidemiologia; Riscos Ambientais e Ocupacionais.

Introdução

Leptospirose: conceito e diagnóstico clínico

A leptospirose é uma doença infecciosa aguda, generalizada causada por sorovares da bactéria do gênero *Leptospira* e transmitida principalmente através da urina de animais infectados, na qual, os animais domésticos e silvestres são o reservatório e o homem, é o hospedeiro acidental e terminal dentro da cadeia de transmissão. A infecção humana se dá pela exposição direta ou indireta à urina desses animais infectados. O espectro clínico da doença é altamente variável e pode ser clinicamente confundida com outras doenças febris como malária, dengue, rickettsiose ou hantavirose (PANAGOPOULOS *et al.*, 2014; BALASSIANO *et al.*, 2016).

A doença pode se complicar devido à falência múltipla de órgãos, como rins, fígado, pulmões e sistema endotelial vascular (BHARTI *et al.*, 2003), esses autores também afirmam que a leptospirose é

endêmica em todos os estados do Brasil e epidêmica em épocas de chuvas. É importante mencionar, que é uma das doenças de notificação obrigatória, de acordo com as disposições da Portaria GM / MS nº 1.271 de 2014 (BRASIL, 2014), consolidada através do SINAN – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (BRASIL, 2014).

Para um conceito mais completo sobre a doença, é apontado pelo SINAN (2019) que a Leptospirose é uma doença infecciosa febril, de início abrupto, cujo espectro pode variar desde um processo inaparente até formas graves. Trata-se de uma zoonose de grande importância social e econômica. Apresenta elevada incidência em determinadas áreas, alto custo hospitalar e perdas de dias de trabalho, além do risco de letalidade, que pode chegar a 40%, nos casos mais graves. Sua ocorrência está relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária e alta infestação de roedores infectados. As inundações propiciam a disseminação e a persistência do agente causal no ambiente, facilitando a ocorrência de surtos (SINAN 2019).⁴¹

⁴¹ SINAN. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. [Internet]. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/leptospirose> [acesso 21 agosto de 2019].

O quadro clínico da leptospirose apresenta variações entre o estado leve e o mais grave, podendo acometer letalidades. Os sintomas iniciais são refletidos em febre, dor de cabeça, dores pelo corpo, principalmente nas panturrilhas, acarretando também, vômitos, diarreia e tosse. Podendo ser confundida com outras doenças como gripes, viroses, dengue, malária, pneumonia entre outras por apresentarem sintomas parecidos. É importante destacar, que ainda não há critérios clínicos ou testes de confirmação laboratorial sensíveis ou específicos, que levem a diagnósticos precisos. Essa fase evolui de três a sete dias, podendo se manifestar de forma mais grave, acarretando a letalidade (VERONESI & FOCACCIA *et al.*, 2015).

Nas situações em que a doença já se encontra em seu estado mais grave, em sua fase tardia, ela apresenta icterícia, sangramento e alterações urinárias, caracterizando a Síndrome de Weil. O período de incubação pode levar de um a 30 dias, e quando ocorre de fato, entre sete a 14 dias após os riscos submetidos. Aponta-se, que 15% aproximadamente dos pacientes diagnosticados com leptospirose, sofrem evolução da doença para formas mais graves, normalmente após a primeira semana da doença ou até mais cedo. A forma grave da doença se caracteriza através da icterícia, insuficiência renal e hemorragias, sendo a pulmonar a mais

comum. A síndrome de hemorragia pulmonar caracteriza-se por apresentar lesão pulmonar aguda e sangramento pulmonar maciço, e vem sendo cada vez mais notificada no Brasil, apontada como uma exposição distinta e preocupante da leptospirose na fase tardia. De acordo com o Ministério da Saúde, a taxa para letalidade média dos casos confirmados de leptospirose no Brasil, é de 9%, enquanto para a letalidade dos pacientes que desenvolvem hemorragia pulmonar é maior que 50%.⁴²

A icterícia caracteriza uma tonalidade alaranjada muito intensa, o que ajuda no diagnóstico da leptospirose, classificando a fase grave da doença, por se associar à Síndrome de Weil, aparecendo entre o 3º e o 7º dia da doença. Entretanto, é importante lembrar, que a fase grave da doença, como a hemorragia pulmonar e insuficiência renal, podem ocorrer em pacientes anictéricos. Os casos da “forma pulmonar grave da leptospirose” podem evoluir para insuficiência respiratória aguda, hemorragia maciça ou síndrome de angústia respiratória do adulto. Muitas vezes precede o quadro de icterícia e insuficiência renal. O óbito (morte)

⁴² BRASIL. Ministério da Saúde. [internet]. [acesso em 5 jul. 2019]. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>

pode ocorrer nas primeiras 24 horas de internação (VERONESI & FOCACCIA *et al.*, 2009).⁴³

Entretanto, informações de levantamentos realizados em hospitais brasileiros subestimam o impacto da leptospirose urbana (KO *et al.*, 1999). Acredita-se, que leptospirose severa acomete 5 a 15% de todas as infecções clínicas (FARR, 1995). Trabalhos anteriores já estimavam que no Brasil existissem aproximadamente 12 mil casos de leptospirose anualmente, a maioria dos quais não é confirmada ou relatada.

Constata-se, que a leptospirose é uma doença de grande ocorrência e que se dá em grandes proporções em épocas de chuvas e enchentes, quando a urina dos ratos presentes em esgotos e bueiros, misturam-se à enxurrada e à lama das enchentes, mas se apresenta também em locais com situações precárias de saneamento básico, alta infestação de roedores e infraestrutura sanitária comprometida, como ausência de esgotos, acúmulo de lixo a céu aberto e inundações nas margens de canais, por exemplo. No entanto, pouco se tem ideia do impacto financeiro da doença sobre o setor da saúde e sociedade.

⁴³ BRASIL. Ministério da Saúde. [internet]. [acesso em 5 jul. 2019]. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>

Localidades com más condições de saneamento básico são principalmente acometidas de surtos devido à presença de esgoto a céu aberto e lixões, proximidade com córregos, os quais propiciam o contato direto com as águas contaminadas com urina de roedores sinantrópicos (ratos e camundongos) e cães errantes (GENOVEZ, 2009; CUZ, 2016).

Diagnóstico laboratorial

No que diz respeito ao diagnóstico da doença, este é realizado através de exames laboratoriais específicos, no entanto, é só na fase tardia da doença que ela pode ser confirmada. Afinal, os critérios de diagnóstico ainda não permitem a identificação precoce dos casos da doença, e ainda, pode ser confundida com outras doenças febris com sintomas parecidos.

O diagnóstico laboratorial envolve os exames específicos e depende da fase da doença em que o paciente se encontra.

Na fase inicial, as bactérias do gênero *Leptospira* podem ser visualizadas no sangue por meio de exame direto, de cultura em meios apropriados, inoculação em animais de laboratório ou detecção do DNA do microrganismo, pela técnica da reação em cadeia da polimerase (PCR). Cabe ressaltar, que a cultura só se

detecta (positiva ou negativa) após algumas semanas, o que assegura apenas um diagnóstico retrospectivo.

Na fase tardia, por sua vez, as leptospiras podem ser identificadas na urina, cultivadas ou inoculadas. Como a realização desses exames apresenta dificuldades, a metodologia sorológica é aplicada para o diagnóstico da leptospirose.

Os métodos sorológicos mais utilizados no país são o teste ELISA-IgM e a micro aglutinação (MAT). Esses exames devem ser realizados pelos LACENs, pertencentes à Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública.

Apontam-se os exames iniciais e de seguimento:

- Hemograma e bioquímica (ureia, creatinina, bilirrubina total e frações,
- TGP, gama-GT, fosfatase alcalina e CPK, Na⁺ e K⁺)
- Radiografia de tórax;
- Eletrocardiograma (ECG);
- Gasometria arterial.

Cabe ressaltar, que na fase precoce da doença, as alterações dos exames laboratoriais podem ser inespecíficas. É na fase tardia da

doença que se confirmam alterações mais comuns nos exames laboratoriais.

Prevenção da Leptospirose

No Brasil, a leptospirose é uma doença endêmica, e epidêmica em épocas de chuva extrema, principalmente nas áreas urbanas, com uma maior aglomeração populacional e de baixa renda, caracterizando também, falta de saneamento básico, condições precárias de moradia, lixões a céu aberto, córregos próximos e uma alta infestação de roedores infectados.

A leptospirose pode ter uma incidência maior também, a um grupo ocupacional, trabalhadores que atuam na limpeza e desentupimento de esgotos, garis, catadores de lixo, agricultores, veterinários, tratadores de animais, entre outros. No entanto, grande parte dos casos se dá através de pessoas que trabalham e/ou moram em localidades com um sistema de saneamento básico precário e expostas à urina de roedores (VERONESI & FOCACCIA *et al.*, 2009).

Dentre as medidas de prevenção da leptospirose, destacam-se:

- Controle de roedores;
- Melhorias nos locais de moradia precária;

- Obras de saneamento básico;
- Evitar o contato com água ou lama de enchentes;
- Desinfetar reservatórios de água diluindo água sanitária (hipoclorito de sódio a 2,5);
- Desassoreamento, limpeza e canalização de córregos;
- Trabalhadores de limpeza de lama, entulhos e desentupimento de esgoto devem usar botas e luvas de borracha (ou sacos plásticos duplos amarrados nas mãos e nos pés);
- Coleta, acondicionamento e destino adequado do lixo;
- Vedação de caixas d'água;
- Manutenção de terrenos baldios, públicos ou privados, murados e livres de mato e entulhos;
- Manutenção de terrenos baldios, públicos ou privados, murados e livres de mato e entulhos;
- Vacinar o seu animal;
- Evitar o consumo de alimentos que entraram em contato com águas de enchente.

A leptospirose possui grande incidência em determinadas áreas, principalmente em locais de moradia precária, que envolvem pessoas de baixa renda. Sendo assim, suas manifestações, sintomas e possíveis letalidades, podem provocar grande impacto socioeconômico, por proporcionar alto custo hospitalar, perda de dias de trabalho e situações de óbito nos casos mais graves, infere-se, que todas as complicações abordadas pela leptospirose, podem influenciar não apenas a saúde, mas também a produtividade e economia da sociedade.

Difusão de informação sobre leptospirose

Cabe ressaltar, que localidades com condições de saneamento básico precárias e acometidas de surtos devido à presença de esgoto a céu aberto e lixões, proximidade com córregos, que provocam o contato direto com as águas contaminadas com urina de roedores sinantrópicos (ratos e camundongos) e cães errantes (GENOVEZ, 2009; CUZ *et al.*, 2016), são fatores para a transmissão da doença.

Afirma-se, ainda, que a leptospirose é uma doença relacionada à pobreza: Relacionada ao nível de renda, escolaridade, acesso a saneamento ambiental e condições de moradia.

A leptospirose é uma doença pouco difundida, nem todas as pessoas e localidades sabem as reais causas da doença, seus sintomas, diagnóstico, prevenção entre outros. Sendo assim, é essencial que as informações a respeito da doença, sejam cada vez mais divulgadas. É necessário levar informações a pessoas em áreas de maior incidência da doença, principalmente. Informar sobre os riscos, prevenção, sintomas, e sobre a importância da procura por profissionais de saúde.

Projetos criados pela Secretaria de Saúde da região para levar informações a esses locais, podem efetivar a divulgação das informações. A princípio, é necessário que se faça um levantamento dessas localidades, condição das moradias, saneamento e posteriormente, encaminhá-las aos postos de saúde para consultas realização de exames.

Por fim, torna-se viável também, depois de todo esse processo, levar essas mesmas informações a todo o município, independentemente da situação das localidades, obtendo fatores de risco ou não.

Impacto para a Sociedade

Além de ser considerada como epidemia em épocas extremas de chuva, enchentes e inundações, a leptospirose é ainda, apontada

como uma doença relacionada à pobreza. Por ser propiciada a lugares que apresentam condições precárias de moradia, presença de esgoto a céu aberto e lixões, proximidade a córregos e falta de saneamento básico.

Por apresentar uma elevada incidência em determinadas áreas, alto custo hospitalar e perdas de dias de trabalho, e ainda, óbitos, essa doença se mostra de grande importância social e econômica.

Sua ocorrência está relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária e alta infestação de roedores infectados. As inundações propiciam a disseminação e a persistência do agente causal no ambiente, facilitando a ocorrência de surtos.

No entanto, pouco se é discutido a respeito do contexto social, econômico e político da leptospirose, no que diz respeito ao seu impacto para a sociedade e o quanto afeta o índice de produtividade:

“Trata-se de uma zoonose de grande importância devido aos impactos sociais e econômicos negativos, relacionados a altas taxas de absenteísmos, alto custo hospitalar, alta incidência e letalidade, que pode chegar até a 50% entre as formas mais graves. Contudo, o seu real impacto econômico, ou seja, seu custo social, ainda é pouco estudado no Brasil (PEREIRA, 2014, p.17). Infere-se,

que a carência de medidas voltadas ao controle da doença está relacionada com o desconhecimento de seu real impacto socioeconômico. Sendo assim, é necessário que toda a questão da saúde voltada para a leptospirose, também seja avaliada dentro do âmbito econômico”.

Nessa perspectiva, as informações obtidas através dessa pesquisa, serão fatores essenciais para a atuação dos gestores, contribuindo para a formulação de medidas efetivas e controle da prevenção da doença voltados para a ideia de impacto financeiro e socioeconômico que a doença pode causar. Cabe ressaltar, que é essencial estudar também a ocorrência da leptospirose estritamente em situação de desastres ambientais, para poder entender como esse agravo pode possibilitar a ocorrência de casos e aumentar, conseqüentemente, o custo social da doença (PEREIRA, 2014).

Diante disso, optou-se por apresentar um trabalho de pesquisa envolvido não apenas com a causa da doença, agentes etiológicos, prevenção e cuidados, mas também, um trabalho que pudesse de maneira objetiva, contribuir para o local ao qual a pesquisa foi aplicada, podendo ser ampliado e servir de inspiração para a realização em outros locais e trabalhos posteriores.

Nesse sentido, é possível entender as vertentes desse trabalho. Primeiro, se situar sobre contextualização e objetivos. Em seguida, elaborar os métodos do trabalho para aplicar a pesquisa. Coletar o material de acordo com as amostras disponíveis (os resultados dos exames) e questionários, decodificar e por fim, interpretar os dados. Através do local no qual a pesquisa foi aplicada – município de Vassouras, RJ, toda a conceituação e estudos bibliográficos, é possível começar a entender aspectos sociais, econômicos e políticos voltados para a leptospirose.

Vassouras é um local que possui baixa cobertura do sistema de coleta de esgoto e não apresenta sistema de tratamento desse esgoto, sendo lançado em natura nos rios e córregos da região. Também não possui captação pluvial independente do sistema de esgotamento sanitário. Aproximadamente, 33% das residências não possuem água tratada, tendo uma incidência de pobreza em 22,29% da população total (DATASUS, 2012). O que caracteriza o contexto social da doença, afinal a pesquisa desse trabalho foi aplicada em locais com condições de moradia precárias (GIANSANTE *et al.*, 2014).

Diante disso, os resultados da pesquisa serão fatores essenciais para a conscientização dos gestores da cidade, no intuito de formular políticas públicas destinadas a essa população, sempre

levando em consideração o impacto financeiro que essa doença pode vir a causar em épocas de chuvas extremas, o que resulta em perdas da produtividade, pois pode acarretar além de maiores gastos hospitalares, perda também da produtividade do país, consequência de possíveis letalidades.

Sendo assim, é essencial desenvolver maneiras capazes de minimizar os custos, a incidência, gravidade e letalidade da leptospirose. Afinal, não é somente em épocas de chuvas extremas que a doença pode resultar em grandes gastos, pois se a ocorrência da leptospirose aumentar em locais com moradias precárias e sem saneamento básico, os gastos também serão maiores.

Como a leptospirose é considerada a doença da pobreza, isso ratifica não somente a negligência com a doença, mas também das necessidades sociais básicas. O que caracteriza diversos locais brasileiros: falta de saneamento, a precariedade dos serviços públicos de saúde e a falta de gestão dos ativos ambientais locais, entre outros. Depreende-se, que são fatores somatórios que contribuem para que instrumentos, projetos e programas que favoreçam o controle e a prevenção do agravo se ausentem das agendas das prioridades públicas. O fato de ser recorrente e comum em ambiente urbano, além do fato de que é preciso mais

que a atuação isolada do setor de saúde para seu controle, pode favorecer a postergação de medidas de contenção da leptospirose.

É preciso, portanto, assumir atitudes além do setor de saúde, (o qual é fundamental) a gestão integrada entre os diversos setores da gestão pública, uma vez que não são apenas as medidas específicas em saúde que podem levar a alterações no comportamento da doença, o que contribuirá para a sociedade como um todo.

A falta de abordagem do custo social das doenças leva a subestimação dos impactos dos agravos à saúde, que ficam restritos ao gasto com equacionamento das doenças e mantendo ocultos outros custos à sociedade. O conhecimento do custo social da doença (totalidade dos custos) pode levar à eficiência na aplicação dos recursos em saúde, além de poder facilitar a promoção de estratégias para controle e prevenção desses agravos. Isso, no caso específico de desastres, poderia refletir também na reparação de danos mais coerente com a magnitude das perdas (PEREIRA, 2014, p.19).

Como pesquisa de atuação na área da saúde, esse trabalho justifica-se por buscar uma abordagem mais ampla a respeito da leptospirose, envolvendo além saúde, fatores sociais e econômicos

também, pensando em como todos esses aspectos podem estar interligados para gerar resultados positivos na minimização, prevenção e gravidade da doença. É notório, que a gestão financeira em saúde necessita de instrumentos capazes de trazer uma nova perspectiva aos gestores para atuar em prol das necessidades de saúde.

Avaliações econômicas funcionam como ferramentas de gestão em saúde pública, apoiando a tomada de decisões. Se estas avaliações sinalizarem o efeito social das ações e programas do setor de saúde, certamente as escolhas dos gestores estarão voltadas para alcançar o princípio fundamental dos serviços de saúde, que é de garantir condições saudáveis de vida em níveis crescentes de qualidade (PEREIRA, 2014, p.20). Os resultados desta pesquisa são de cunho regionais, porém com vertentes para a ampliação nacional, podendo contribuir para a sociedade como um todo.

Tratamento da Leptospirose

O tratamento da leptospirose baseia-se no uso de medicamentos, como antibióticos ou outros remédios para aliviar os sintomas e outros meios de auxílio. Quando a doença apresenta sintomas leves, estes são tratados em ambulatório, em contrapartida aos

casos mais graves, que precisam de internação. É essencial que ao suspeitar da doença, por conta dos sintomas e/ou exposição a locais ou situações de risco que envolve a leptospirose, procurar o mais rápido possível um médico, e claro, não se automedicar, pois pode gerar maiores complicações (COURA, 2013; VERONESI & FOCACCIA, 2015).

Um dos meios de auxílio à doença são as medidas terapêuticas de suporte, aplicadas nos casos moderados e graves. Com o intuito de evitar complicações e letalidades, principalmente as complicações renais: reposição hidroeletrólítica, assistência cardiorrespiratória, transfusões de sangue e derivados, nutrição enteral ou parenteral, proteção gástrica etc. É feito o acompanhamento do volume urinário e da função renal, o que facilitará a instalação da diálise peritoneal precoce, o que reduz o dano renal e a letalidade da doença (COURA, 2013; VERONESI & FOCACCIA, 2015).

Este capítulo surge como parte da dissertação do primeiro autor, objetivando analisar a incidência de casos soro-reagentes de *Leptospira* spp. em amostras de sangue obtidas de cidadãos residentes do município de Vassouras/RJ e a relação com os fatores de risco assim como a percepção dos cidadãos sobre os serviços de saúde e de saneamento básico. E nesse sentido se

estabeleceram como objetivos específicos: Realizar a caracterização sociodemográfica dos cidadãos residentes do município de Vassouras/RJ que participaram do estudo; Indagar a percepção dos moradores do município de Vassouras/RJ sobre os serviços de saúde e saneamento básico; Verificar o estado dos principais fatores de riscos aos quais estão expostos os cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes da pesquisa; Analisar o soro contra anticorpos anti-leptospira coletado de cidadãos residentes do município de Vassouras/RJ para determinação do número de casos reagentes assim como os sorovares mais comuns visando à identificação e à alerta de aqueles pertencentes à espécie mais patogénica *Leptospira interrogans* e Relacionar os resultados da soropidemiologia de *Leptospira* com hábitos de vida e fatores de risco aos quais estão expostos os participantes.

A pesquisa realizada foi de tipo transversal, pois se tratou-se de um estudo em que a exposição ao fator ou causa esteve presente ao efeito no mesmo momento ou intervalo de tempo analisado (HOCHMAN *et al.*, 2005). Foi um estudo de natureza quantitativa segundo descrito por Lima (2007), pois se analisou a soropidemiologia de *Leptospira interrogans* em populações expostas a risco ambiental e/ou ocupacional, do Município de

Vassouras/RJ, onde essas estatísticas se apresentam em gráficos, tabelas e quadros demonstrativos com fins de uma abordagem descritiva, foram analisados, observados, registrados e correlacionados aspectos que envolveram fatores ou fenômenos sem manipulá-los.

Este estudo também constituiu uma primeira aproximação do pesquisador com o tema da pesquisa para uma melhor familiarização com os fatos relacionados ao problema, com foco em buscar o máximo e um melhor conhecimento para determinar e conhecer o tipo de relação existente, o que o classifica também em um tipo de estudo como exploratório, FONTELLES (2009). Foram analisados artigos, sites, trabalhos acadêmicos e periódicos que estiveram de acordo com a base do tema proposto.

Definição do plano de amostragem e aspectos éticos

Foi realizado um levantamento dos casos notificados de leptospirose no município de Vassouras utilizando dados da Secretaria de Saúde do Município, do Estado do Rio de Janeiro e do Governo Federal. Aos indivíduos lhes foi realizada uma anamnese e um exame físico para verificar se estes apresentavam, no momento da coleta, sinais e/ou sintomas sugestivos para a doença. O presente estudo esteve constituído por 58 indivíduos

cidadãos do município de Vassouras/RJ escolhidos de forma completamente aleatória. É importante mencionar, que sete participantes se negaram à coleta de amostra. Não houve pacientes que estiveram manifestando sinais e sintomas sugestivos da infecção por leptospiras, sendo assim não foi necessário o encaminhamento ao Hospital Universitário Sul-Fluminense em Vassouras de nenhum deles para uma avaliação médica.

Pesquisas envolvendo seres humanos devem atender às normas éticas e científicas fundamentais, que surgirem o uso do Termo de Consentimento Livre Esclarecido - TCLE dos indivíduos pesquisados, portanto, aos participantes deste estudo lhes foi lido e esclarecido o referido termo, e lhes foi solicitado seu consentimento mediante a assinatura FONTELLES *et al.* (2009). Todos os pesquisadores envolvidos encontravam-se cadastrados na Plataforma Brasil, e a pesquisa foi aprovada pelo comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Vassouras, localizado na Avenida Expedicionário de Oswaldo de Almeida Ramos, 280 - Bloco 6 - Térreo - Centro - Vassouras - RJ, CEP: 27.700-000 Telefone: (24) 2471-8379. E-mail: cep@universidadedevassouras.edu.br com parecer favorável de número: 3.368.640 e CAAE nº 03753618.1.0000.5290.

Após a aprovação do projeto, o estudo se desenvolveu de acordo com os princípios descritos na resolução 466/12, que estabelece as normas que devem ser seguidas em todas as pesquisas que envolvem seres humanos. Assim como sob o estrito cumprimento da Lei Nº 13.123, de 20 de maio de 2015 que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade.

As intervenções não representaram risco no sentido de confrontar os referenciais básicos da bioética, incorporados na resolução nº 196/96, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde, por prever procedimentos que asseguraram a confidencialidade e a privacidade dos indivíduos. Para os participantes desta pesquisa os riscos foram mínimos, devido principalmente a possível constrangimento, desconforto, ou inconveniência ao se realizar a coleta do sangue, pelo qual foi realizada uma abordagem cautelosa, e a entrevista assim como a coleta das amostras foram realizadas em local reservado. Não houve nenhuma intervenção ou modificação nas variáveis fisiológicas ou sociais dos indivíduos, e foi explicado e esclarecido o método que se aplicou assim como sua utilidade. A identificação das amostras foi feita mediante à utilização de códigos (alfabeto aleatório e numeração),

mantendo assim a confiabilidade das informações que fizeram parte de seu próprio direito. Os dados obtidos no decorrer da pesquisa foram e serão estritamente utilizados para fins científicos. Informações contidas no roteiro de entrevista que permitiriam a identificação do indivíduo foram resguardadas, ou seja, não foram nem serão disponibilizadas, garantindo o anonimato dos indivíduos.

Instrumentos, técnica de coleta de amostras e análise dos dados

Se aplicou um questionário semiestruturado como fonte para melhor obter informações sociodemográficas como, idade, sexo, estado civil, ocupação, tempo de trabalho, hábitos de ingerir bebidas alcoólicas e uso de fumos, assim como para avaliação da percepção sobre riscos, sintomas e sistema de saneamento básico entre outros. Foram coletadas amostras de sangue dos indivíduos através de punção venosa periférica. O sangue se coletou em tubos de vidro estéril sem anticoagulante. Após a coagulação, o sangue foi centrifugado a 3000 rpm por 5 minutos. O soro obtido foi transferido para outro frasco estéril para refrigeração e enviado ao laboratório. Todos os indivíduos que participaram da pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

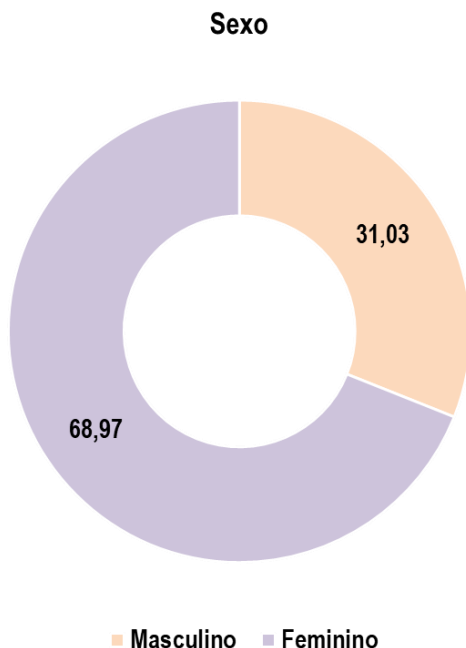
Foi utilizada a técnica de micro aglutinação (MAT), considerada como padrão ouro no estudo sorológico da leptospirose. Seu fundamento consiste na detecção de anticorpos e a determinação de seu respectivo título. A técnica permite a indicação de que sorogrupo pertence ao sorovar infectante, mas raramente permite sua identificação. O soro teste foi misturado com uma cultura de leptospiros e, em seguida, foi avaliado o grau de aglutinação utilizando um microscópio com condensador cardioide (Axioskop 40, Zeiss). Os dados foram tabulados em planilhas do programa Microsoft Excel para o desenho principalmente de tabelas e gráficos de descrição geral do estudo, assim como para correção de erros e estatística descritiva.

Resultados

Caracterização Sociodemográfica e Tabagismo dos Participantes no Estudo

Como resultado da presente pesquisa foram entrevistados e incluídos como participantes 58 indivíduos que constituíram a amostra dentro do Universo possível na Cidade de Vassouras. Na Figura 1 pode se observar a distribuição por sexo dos participantes, sendo a maior representação do sexo feminino um 69,97% e 31,03% do sexo masculino.

Figura 1 - Distribuição por sexo dos cidadãos do município de Vassouras/RJ que participaram no estudo.

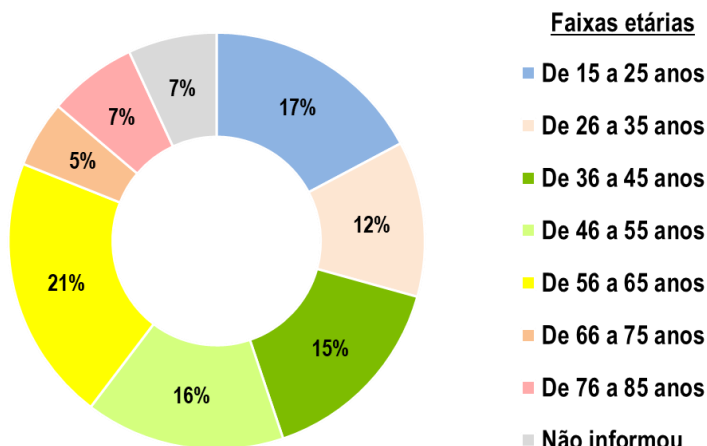


Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Como é possível observar na figura 2, houve uma distribuição por faixa etária bastante heterogênea, abarcando idades desde 16 até 85 anos. O grupo etário majormente representado foi o da faixa etária de 56 a 65 anos em um 21% do total, seguido pelos de 15 a 25 anos (17%), de 46 a 55 anos (16%) e de 36 a 45 anos (15%). Sendo assim, pode-se observar uma distribuição maioritária e quase homogênea de indivíduos entre 15 a 65 anos que representam 81%

do total de estudados, e menor representados os indivíduos idosos acima de 65 anos que representam 19% do total. Sete por cento dos participantes não declarou a sua idade.

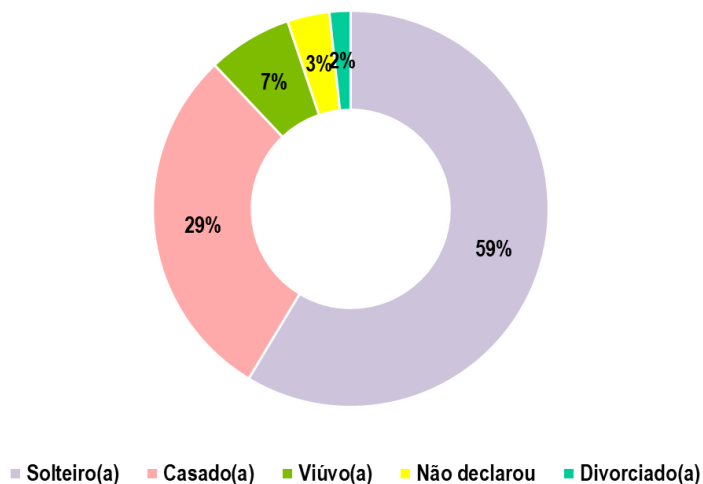
Figura 2 – Distribuição por faixa etária dos cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes da pesquisa.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Ao se verificar o estado civil dos participantes foi possível evidenciar que a maioria deles, um 59%, são solteiros, seguido dos que são casados com um 29%, os viúvos 7% e os divorciados foram minoria representados em 2%. Um 3% dos participantes não declarou seu estado civil (figura 3).

Figura 3 - Estado civil dos cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes no estudo.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Determinar as condições básicas de vida dos participantes em uma pesquisa constitui um dato relevante para fazer inferências e relacionamentos com outros aspectos importantes dentro da própria pesquisa. No presente estudo, se indagou sobre elementos como a localização da residência, se esta possui quintal, quantas pessoas moram nela e quantos cômodos tem (figura 4).

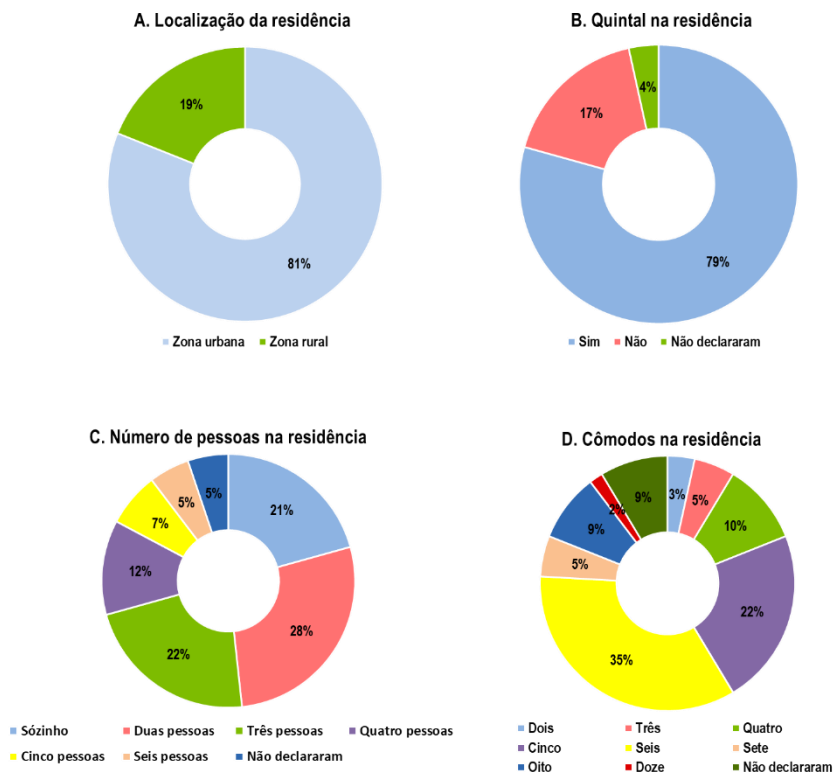
A maioria das residências, um 81%, se encontravam na zona urbana e 19% na zona rural (figura 4A). O 79% das residências possuía quintal, 17% não possuía quintal e um 4% não declarou se

sua residência possuía ou não quintal (Figura 4B). A maioria dos indivíduos entrevistados (28% moravam em um núcleo familiar constituído por duas pessoas, seguido de núcleos de três pessoas (22%), pessoas que moravam sozinhas (21%), núcleos de quatro pessoas (12%) e núcleos de cinco e seis pessoas 7% e 5%, respectivamente menos representados. Neste aspecto 5% dos indivíduos não declarou o número de pessoas que constituíam o núcleo familiar deles (figura 4C).

A maioria das residências onde os participantes moravam possuíam entre seis, cinco, quatro e oito cômodos principalmente representados em 35%, 22%, 10% e 9% dos casos, respectivamente. Indivíduos com morada de três e sete cômodos representaram 5%, de dois cômodos 3% e houve um 2% pouco comum de morar em uma casa ade 12 cômodos. Do total de entrevistados 9% deles não quis declarar a quantidade de cômodos que a residência deles possuía (figura 4D).

Se ter pets ou animais criados no curral é uma responsabilidade que vai desde a condição afetiva, alimentação, saúde do animal e principalmente da higiene para garantir a salubridade do lar e consequentemente a boa saúde do próprio pet, da família e da vizinhança em geral. No presente estudo se evidenciou que 51% dos participantes não possuía animais em casa, já o 49% possuía

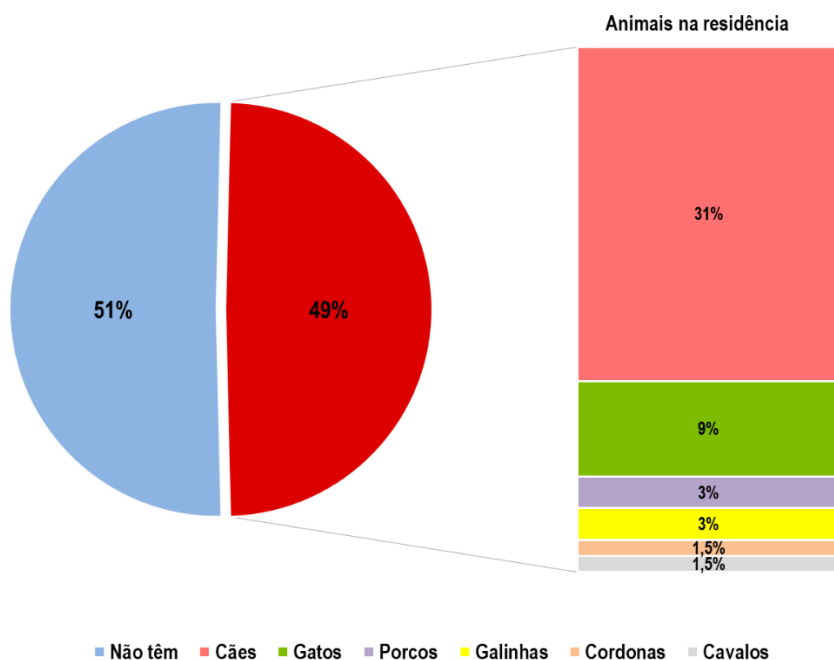
Figura 4 – Condições básicas das residências dos participantes.
 A: Localização da residência, B: Presença ou não de quintal na residência,
 C: Número de pessoas que moram na residência e D: Quantidade de
 cômodos que possui a residência.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

pele menos um animal morando com a família ou algum animal de criação no quintal (figura 5).

Figura 5 – Presença de animais nas residências dos cidadãos do município de Vassouras que participaram no estudo.



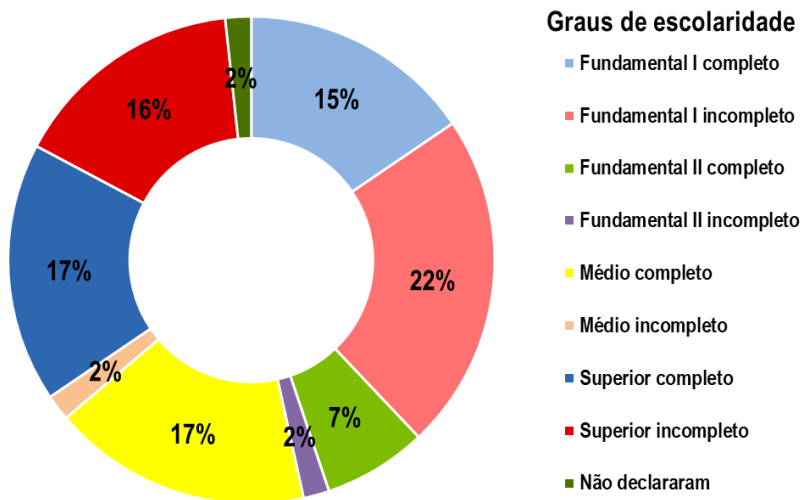
Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Como é muitas vezes de se esperar os cães foram os mais comuns nas vivendas, representando um 31% dos indivíduos que possuíam animais, seguidos de gatos (9%), porcos e galinhas (3%), o caso de uma codorna (1,5%) e de um cavalo também 1,5%.

Quando indagado sobre o grau de escolaridade dos participantes do estudo se evidenciou que o grau fundamental I incompleto foi

o que mais prevaleceu (22%), seguido do ensino médio completo e o superior completo representados em 17% dos casos cada, depois o superior incompleto (16%) e o fundamental I completo (15%). Já o fundamental II completo foi atingido por 7% dos indivíduos, e muita menor quantidade, 2% cada, o ensino fundamental II incompleto e o ensino médio incompleto (figura 6).

Figura 6 - Grau de escolaridade dos cidadãos de Vassouras/RJ participantes da pesquisa.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Quando se perguntou sobre as respectivas profissões de cada um, se constatou que a as mais representadas no estudo (13,79%) eram mulheres dedicadas ao lar, seguidas de estudantes representados pelo 12,07% e 10,34% eram aposentados. A profissão de médico e professor tiveram uma frequência de 5,17% cada. Em uma quantidade menor representando um 3,45% cada, encontraram-se as profissões: enfermeiro, doméstica, auxiliar de escritório e auxiliar administrativo respectivamente. E finalmente em quantidades iguais de 1,72% cada uma, profissões como: vigia, técnico em radiologia, técnico em alimentos, pintor, peão de cavalo, merendeira, gestor ambiental, frentista, faturista, eletricitista, consultor de vendas, camareira, biólogo, auxiliar de serviços gerais, autônomos, agricultor e nesse mesmo patamar um desempregado (figura 7).

Na figura 8 que trata sobre o hábito de tabagismo nos participantes da pesquisa pode se observar que a maior parte deles, um 81%, não fuma, que são fumadores um 14% e que um 5% não declarou seus hábitos relacionados ao tabagismo.

Figura 7 - Profissão dos cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes da pesquisa.

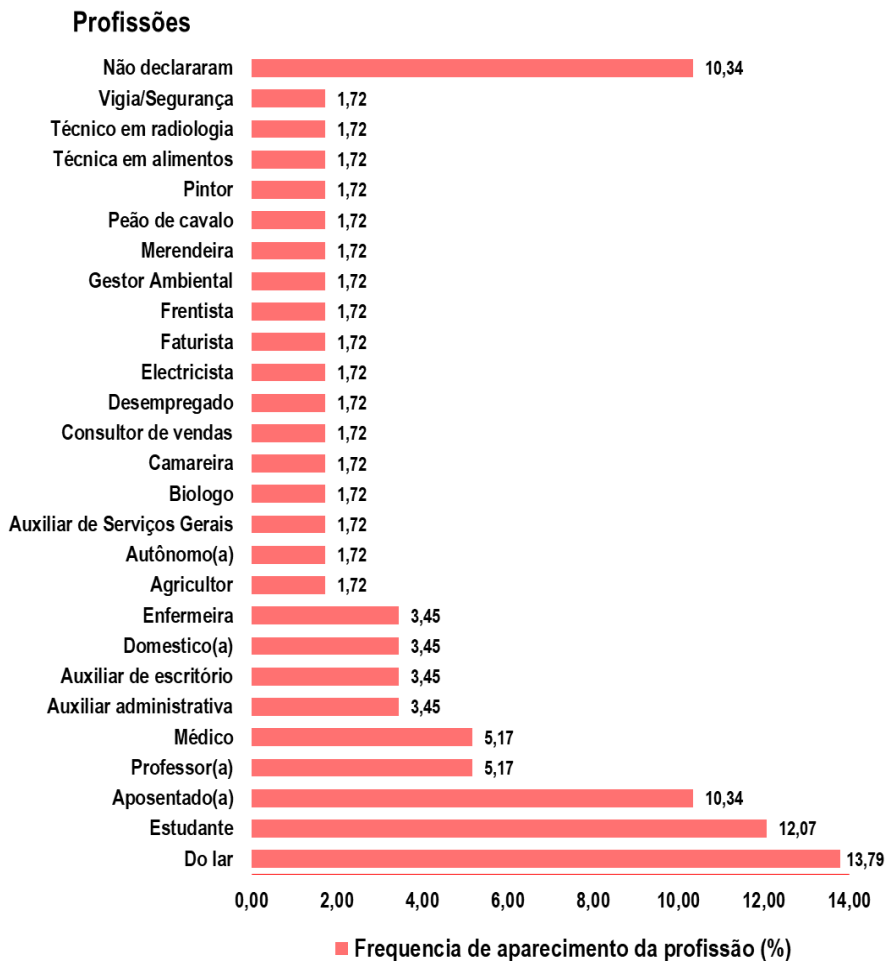
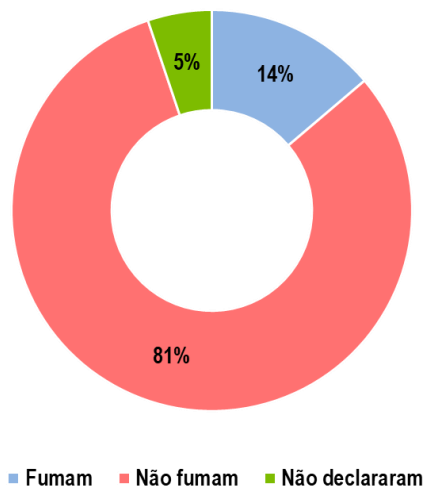


Figura 8 – Frequência de aparecimento do hábito de tabagismo nos cidadãos de Vassouras/RJ participantes da pesquisa.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

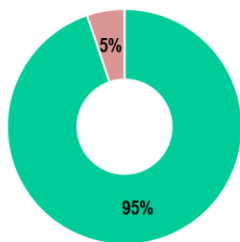
Avaliação do acesso aos Serviços de Saúde e da qualidade do Saneamento Básico a partir da Percepção dos Participantes

Na figura 9 pode se visualizar que 95% dos participantes do estudo declarou ter fácil acesso às unidades de saúde e apenas um 5% tinha dificuldades quanto a este parâmetro (figura 9A). Também foi importante a revelar a percepção sobre a distância das residências até as unidades de saúde, onde o 50% dos participantes declarou que moravam a menos de um quilômetro de algum serviço de saúde, 36% informou que moravam de um a

cinco quilômetros para chegar numa unidade de saúde, 4% de seis até dez quilômetros e já um pouco mais distante o 10% declarou que o serviço de saúde mais próximo ficava a mais de 10 quilômetros (figura 9B).

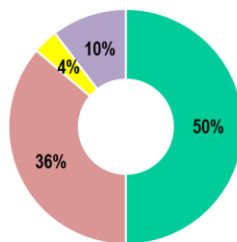
Figura 9 - Acesso aos serviços de saúde dos cidadãos de Vassouras/RJ participantes da pesquisa. A: Facilidade de acesso dos participantes às unidades de saúde. B: Distância das residências dos participantes até uma unidade de saúde.

A: Tem acesso fácil às Unidades de Saúde?



■ Sim, é fácil ■ Não, não é fácil

B: Distância até a Unidade de Saúde



■ Menos de 1 Km ■ De 1 a 5 Km ■ De 6 a 10 Km ■ Mais de 10 Km

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

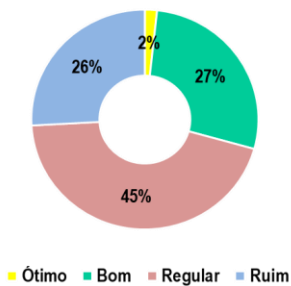
A evolução da humanidade tem descoberto ao longo do processo de desenvolvimento de várias civilizações, que garantir uma vida de qualidade depende significativamente da existência de serviços de saneamento de qualidade. Quando analisado este aspecto no presente estudo foi possível expor na figura 10 a partir da percepção dos participantes desta pesquisa que 2% acreditam que

de maneira geral os serviços de saneamento básico no município de Vassouras/RJ são ótimos, 27% declara serem ótimos, 45% tem o critério que o saneamento básico do município é regular e um 26% opina que são ruins (figura 10A).

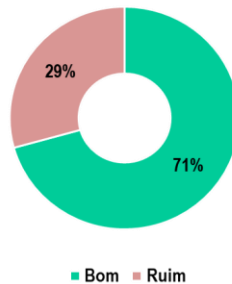
A análise por cada serviço de forma individualizada também se mostra na figura 10. No quesito serviço de água encanada (figura 10B) um 71% dos participantes considera que é de boa qualidade enquanto 29% declara este serviço como ruim. Quando verificada a opinião sobre o serviço de esgoto canalizado 60% dos entrevistados refere que o serviço é bom e 40% já não tem o mesmo critério (figura 10C). A coleta de lixo, outro elemento importante, resultou ser a de melhor aceitação por parte de população estudada, onde o 74% declara que o serviço é bom e 26% o avalia como ruim (figura 10D). Estes resultados mostram que ainda no município estes serviços não atingiram a excelência e que dos três serviços analisados de forma individualizada o de esgoto canalizado resultou ser o pior de todos (figura 10E).

Figura 10 - Avaliação da qualidade dos Serviços de Saneamento Básico a partir da Percepção dos Participantes.

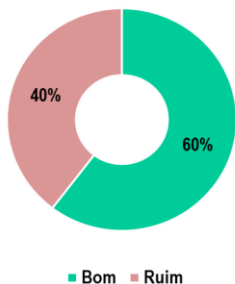
A: Avaliação dos serviços de saneamento básico



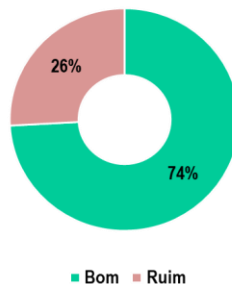
B: Serviço de água encanda



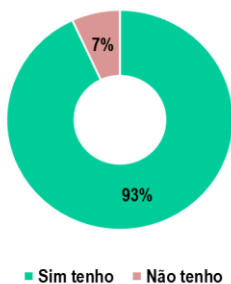
C: Serviço de esgoto canalizado



D: Serviço de coleta de lixo



E: Acesso aos serviços de saneamento básico



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

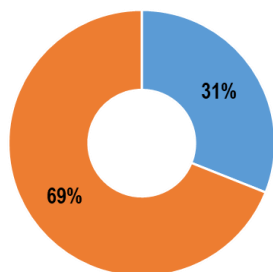
Estudo dos fatores ambientais de risco que facilitam a transmissão da leptospirose

A prevenção realizada a partir da identificação e educação sobre dos fatores de risco de qualquer doença é na maioria dos casos o elemento chave para se evitarem índices elevados no número de pessoas afetadas e se evitar o surto de epidemias e pandemias. No caso da leptospirose é importante serem analisados fatores como a existência de enchentes nas áreas de risco, o contato com urina, fezes ou água derivadas de alagamentos, a existência de terrenos baldios com o consequente descarte irregular de lixo, a presença de animais silvestres e mais diretamente o contato com roedores.

Na figura 11A se mostra a percepção dos participantes da pesquisa sobre se existem enchentes nas proximidades das residências onde moram. Pode se observar que 69% deles moram em zonas que não alagam e um 31% declara que estão com risco de se expor a alguma enchente perto da residência. Um resultado parecido foi achado quando perguntado sobre terem tido algum tipo de contato com urina, fezes ou água de enchentes, onde 72% não teve contato, porém um 28% teve algum tipo de contato com algum destes fatores de risco (figura 11B).

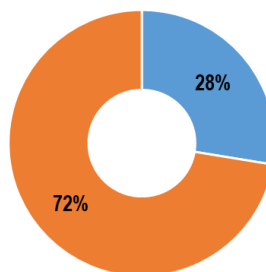
Figura 11 – Percepção dos participantes cidadãos da cidade de Vassouras/RJ que participaram do estudo sobre o contato deles com urina, fezes ou águas de enchentes. A: Existência de enchentes perto da residência. B: Contato com urina, fezes ou água de enchentes.

A: Existência de enchentes



■ Sim alaga ■ Não alaga

B: Contato com urina, fezes ou água de enchentes



■ Sim tiveram contato ■ Não tiveram contato

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

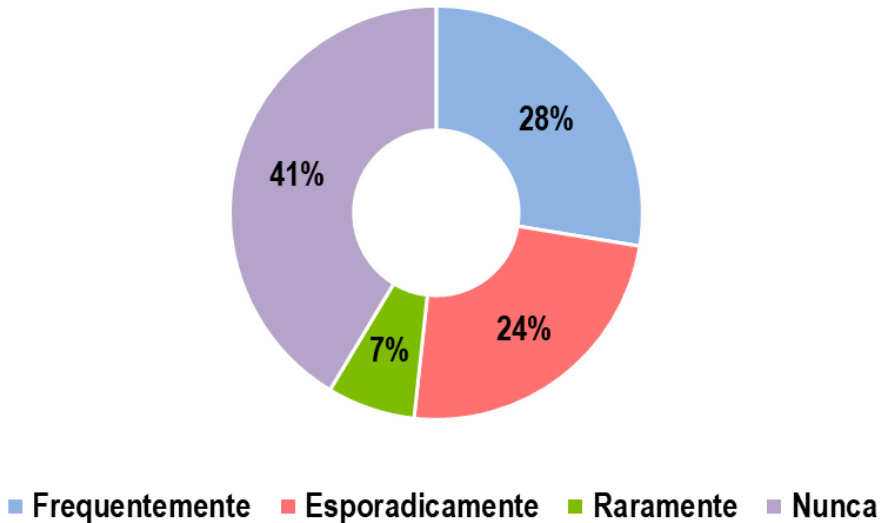
A existência de um terreno baldio oferece a possibilidade além do crescimento de vegetação que favorece a propagação de vetores como o mosquito, que o local seja utilizado para descarte irregular de lixo por parte de pessoas, instituições ou empresas com pouca consciência e comprometimento social. Este entorno degradado de forma antrópica constitui o local perfeito para a proliferação de roedores.

Quanto à existência de terrenos baldios e descarte irregular de lixo nas proximidades das residências dos participantes (figura 12),

resultando em que 28% deles declarou que frequentemente e criado um destes depósitos irregulares ou terreno com vegetação elevada perto da morada onde habita, 24% declarou que esporadicamente, 7% declarou que raramente e 41% dos entrevistados felizmente não estava sujeito a ter um terreno baldio o local de cúmulo de lixo irregular perto da moradia.

Figura 12 – Aparecimento de terrenos baldios e acúmulo de lixo irregular perto das residências dos indivíduos cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes da pesquisa.

Terrenos baldios e lixo perto da residência

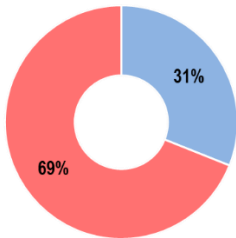


Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Quanto a exposição a animais silvestres ou roedores na figura 13A pode se observar que 69% dos participantes declarou não terem animais silvestres nas proximidades das residências enquanto 31% diz que há presença de animais silvestres perto de casa. Já no Figura 13B se mostram os resultados depois de ser feita a pergunta: Você teve alguma vez contato com roedores? Onde 7% falou ter tido contato frequente, 17% esporadicamente, um 22% raramente e positivamente 54% declarou não ter tido nunca contato com roedores.

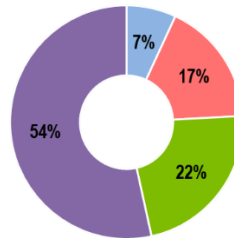
Figura 13 – Contato com a fauna de risco como fator de risco para leptospirose. A: Existência de animais silvestres perto das residências dos participantes. B: Declaração de contato ou não por parte dos participantes da pesquisa.

A: Animais silvestres perto da residência



■ Sim tem ■ Não tem

B: Contato com roedores



■ Frequentemente ■ Esporadicamente ■ Raramente ■ Nunca

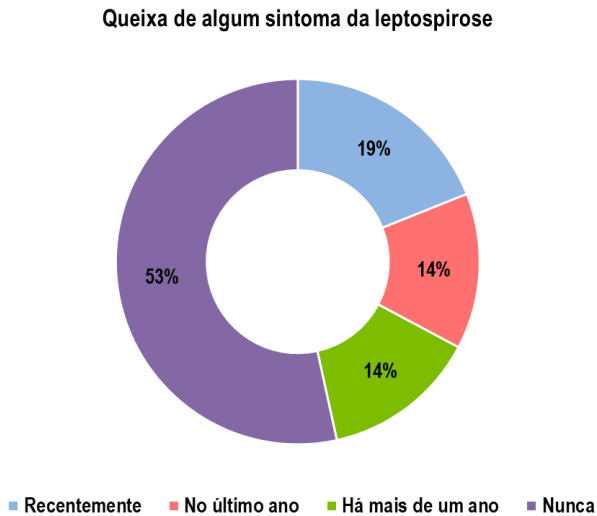
Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Avaliação dos sintomas e o conhecimento dos participantes sobre a leptospirose

A sintomatologia da leptospirose também foi indagada no presente estudo. A figura 14 mostra a frequência expressada em percentual da quantidade de participantes que apresentaram algum dos sintomas clássicos da leptospirose. Pode se observar que o 53% dos entrevistados nunca apresentaram nenhum dos sintomas compatíveis com os clássicos da leptospirose. Já um 19% apresentou pelo menos um dos sintomas recentemente, 14% apresentaram no último ano e também um 14% declarou ter experimentado pelo menos um desses sintomas a mais de um ano.

Os sintomas clássicos da leptospirose se mostram na figura 15, onde o mais frequente foi a cefaleia (dor de cabeça) relatado pelo 50% dos participantes, a artralgia (dor nas articulações) pelo 32,76%, a mialgia (dor muscular) pelo 24,14%, haver estado prostrado foi respondido por 20,69%, a febre com início agudo e duração por mais de sete dias 5,17% e em muitos as manchas pelo corpo 1,72%.

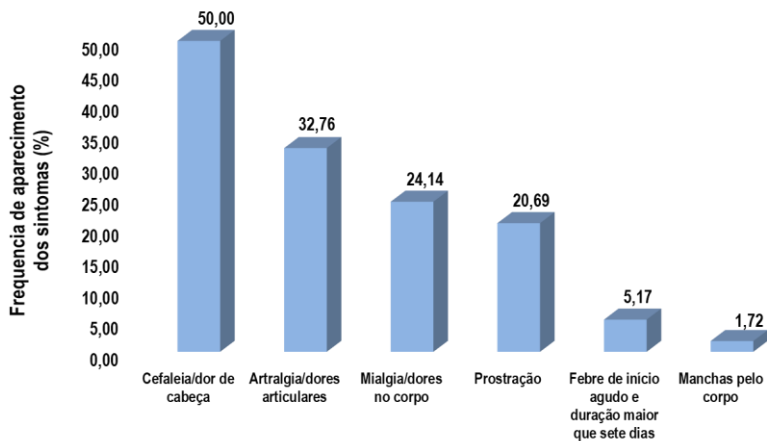
Figura 14 – Aparecimento de sintomas clássicos da leptospirose segundo a autopercepção dos indivíduos entrevistados.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

A pesquisa sobre sintomas mais severos da leptospirose mostrou que o sintoma mais comum foi “dor nas pernas” apresentado por 20,69% dos indivíduos, muito distante em muita menor quantidade indivíduos que apresentaram rigidez de nuca advinda da irritação das meníngeas 1,72% e sintomas como hemorragia

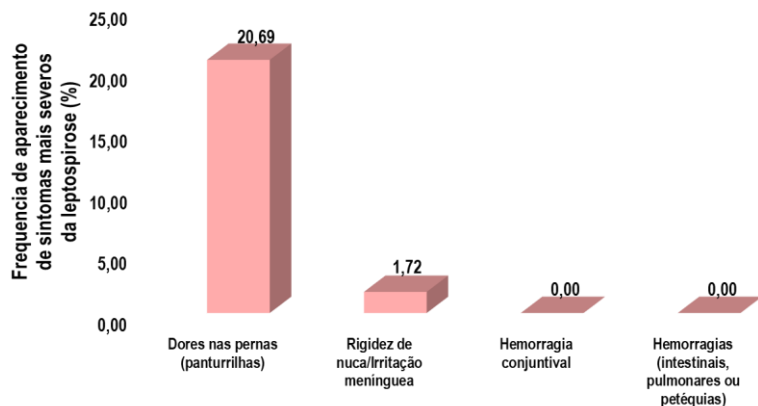
Figura 15 – Evidências dos sintomas clássicos da leptospirose nos últimos 12 meses em cidadãos do município de Vassoura/RJ.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

A pesquisa sobre sintomas mais severos da leptospirose mostrou que o sintoma mais comum foi “dor nas pernas” apresentado por 20,69% dos indivíduos, muito distante em muita menor quantidade indivíduos que apresentaram rigidez de nuca advinda da irritação das meníngeas 1,72% e sintomas como hemorragia conjuntival e hemorragias de tipo intestinal, pulmonar ou petéquias não foram experimentadas por nenhum dos pacientes (figura 16).

Figura 16 – Sintomas clássicos mais severos da leptospirose padecidos pelos participantes.

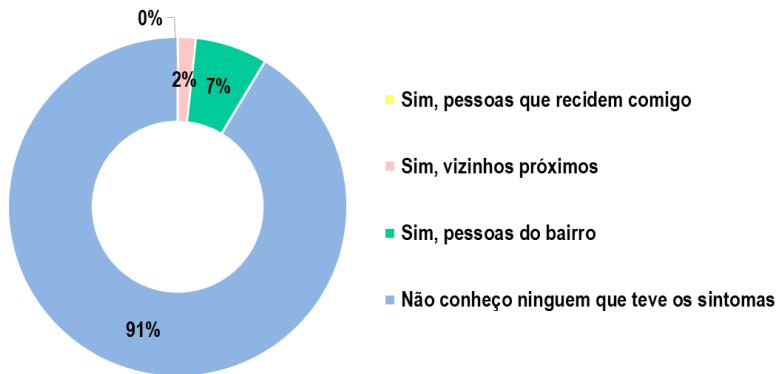


Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Já na figura 17 se apresentam os resultados em percentual de percepção dos participantes sobre a evidência dos sintomas clássicos da leptospirose em outras pessoas, tanto do núcleo familiar quanto, da vizinhança próxima ou do bairro de forma geral. Foi possível verificar que 91% dos participantes não tem nenhuma referência sobre aparecimento destes sintomas em outras pessoas. Nenhum deles identificou os sintomas dentro do

núcleo familiar (0%), uma pequena representação de 2% identificou estes sintomas em vizinhos e 7% em pessoas do bairro.

Figura 17 – Reconhecimento dos sintomas da leptospirose em outras pessoas: do núcleo familiar ou nas proximidades de sua residência.



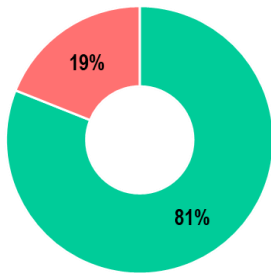
Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

A educação em saúde é uma ferramenta de vital importância para a prevenção de doenças, aspecto este que deve ser considerado e acompanhado constantemente pelos órgãos de saúde e os gestores das políticas públicas voltadas a sanidade do povo. No presente estudo lhes foi perguntado aos participantes: Você sabe o que é leptospirose? Sabe como prevenir a leptospirose? A figura 18A mostra que 81% dos participantes de alguma maneira conhece o que é a leptospirose e que o 19% não conhece. E sobre a prevenção

o 60% declarou que sabia como prevenir e um 40% não tinha conhecimento de como se prevenir da doença (figura 18B).

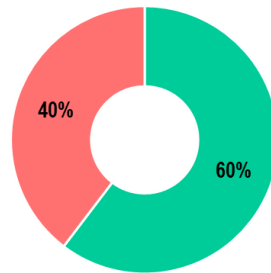
Figura 18 – Autoavaliação sobre o conhecimento sobre leptospirose dos cidadãos de Vassouras/RJ que participaram da pesquisa.

A: Sabe o que é leptospirose?



■ Sim sei o que é ■ Não sei o que é

B: Sabe prevenir a leptospirose



■ Sei como prevenir ■ Não sei como prevenir

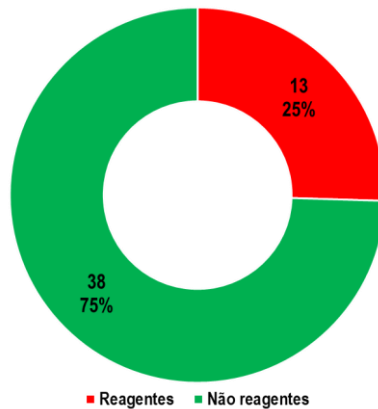
Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Aplicações dos exames e resultados

Ainda quando o estudo previu a solicitação do exame de soroaglutinação para todas as pessoas que também participaram da pesquisa, sete participantes se recusaram a fazer o exame – que se dispuseram apenas a responder o questionário, o que poderia influenciar nos resultados obtidos, pois não se sabe se entre eles existem casos “reagentes” ou “não reagentes”. Sendo assim, o intuito da realização dos exames foi analisar a incidência de soros

reagentes de *Leptospira* sp. em amostras de sangue obtidas de uma população de bairros e distritos do município de Vassouras/RJ. Os resultados se mostram na figura 19.

Figura 19 – Resultados da Soro Aglutinação Microscópica de amostras de sangue dos cidadãos do município de Vassouras participantes da pesquisa para identificação de casos positivos para Leptospirose.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

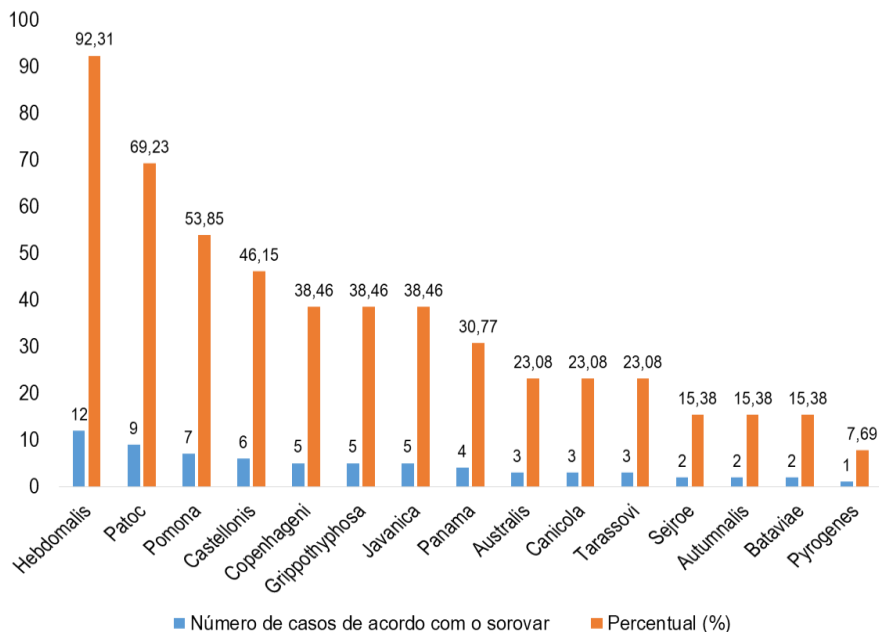
As frequências absolutas e relativas dos sorovares de *Leptospira* sp. encontrados nos treze casos soro-reagentes nos cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes da pesquisa realizada no Hospital Universitário da Fundação Severino Sombra (figura 20). Uma vez que na literatura se reporta que a identificação dos sorovares é de grande importância epidemiológica pois evidenciam uma relação direta com diversos animais

reservatórios que são focos de infecção e distribuição geográfica (BHARTI *et al.*, 2003).

Foi possível verificar que o sorovar mais encontrado na soroaglutinação foi o *Hebdomadis* em 92% dos casos o seja 12 dos 13 indivíduos para os quais foram reagentes os testes. Seguido dos sorovares *Patoc*, *Pomona* e *Castellonis* em 69,23% (nove indivíduos), 53,85% (sete indivíduos) e 46,15% (seis indivíduos) dos casos reagentes respectivamente. A continuação em um patamar menor os sorovares *Copenhagueni*, *Grippothyphosa* e *Javânica* encontrados em 38,46% (cinco indivíduos) dos casos cada; o sorovar *Panama* achado em 30,77% (4 indivíduos) dos casos reagentes. Encontrados em 23,08% (três indivíduos) dos casos os sorovares *Australis*, *Canicola* e *Tarassovi* cada. Em 15,38% (dois indivíduos) dos casos *Autumnalis*, *Bataviae* e *Sejroe* e o menos encontrado apenas em um caso (7,69%) o sorovar *Pyrogenes*.

De acordo com Valverde *et al.* (2008), no sistema convencional existente todas as leptospiras patogênicas pertencem à espécie *Leptospira interrogans*, tal sistema baseasse em critérios sorológicos nos quais as cepas de leptospiras são diferenciadas em sorovares, que é a unidade taxonômica básica utilizada para sua classificação.

Figura 20 – Frequências absolutas e relativas dos tipos de sorovares de *Leptospira* sp. encontrados nos treze casos soro-reagentes nos cidadãos do município de Vassouras/RJ participantes da pesquisa realizada no Hospital Universitário da Fundação Severino Sombra.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

A espécie *L. interrogans* é a principal espécie causadora de Leptospirose humana principalmente nas áreas urbanas do Brasil. Dentro do gênero *Leptospira* são encontradas espécies não patogênicas que vivem exclusivamente no meio ambiente bem como as espécies patogênicas também são capazes de infectar ao homem e animais (FIGUEIRA, 2011). No presente estudo os

sorovares pertencentes à espécie *L. interrogans* foram: *Copenhageni*, *Canicola*, *Pomona*, *Australis*, *Pyrogenes*, *Autumnalis* e *Hebdomalis* que possuem maior patogenicidade. Entretanto, outras espécies saprofíticas ou saprófitas com outros sorovares foram encontradas, como são os casos de *Leptospira kirschneris* sorovar *Grippothyphosa*, *Leptospira borgpetersenii* sorovares *Castellonis*, *Javanica*, *Sejroe* e *Tarassovi*, *Leptospira noguchii* sorovar *Panama* e *Leptospira biflexa* sorovar *Patoc*.

Considerações

Pela análise dos dados, tanto nas pesquisas, como nos exames, constatou-se um número considerável de pessoas que estão expostas a fatores de risco à incidência da Leptospirose nos locais onde moram. Sendo assim, todas as informações obtidas nessa pesquisa, foram disponibilizadas à Secretaria de Saúde do município de Vassouras, com o intuito de conduzir suas ações efetivas, trabalhando em conjunto com a população e profissionais da saúde.

O trabalho prevê também a divulgação de informações sobre a incidência de casos de indivíduos que entraram em contato com o microrganismo, mas não foram diagnosticados clinicamente para a leptospirose. Estas informações também serão disponibilizadas

para a Secretaria de Saúde do Município de Vassouras com a expectativa de tomadas de medidas cabíveis. Além disso, uma campanha poderá ser elaborada para o esclarecimento da população e dos profissionais de saúde do local, quanto à transmissão/prevenção e principais sinais/sintomas da leptospirose.

Projetos criados pela Secretaria de Saúde da região para levar informações a locais de risco, podem efetivar a divulgação das informações. A princípio, é necessário que se faça um levantamento dessas localidades, condição das moradias, saneamento e posteriormente, encaminhá-las aos postos de saúde, realização de exames.

Discussão

Na análise sociodemográfica do presente estudo se evidenciou uma similitude com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE de 2010, no município de Vassouras/RJ existiam 34.410 habitantes, estimando-se que no ano de 2019 a população seria de 36.896 pessoas, a correlação deste resultado é a nível nacional onde o 48,3% da população total de homens no Brasil é do gênero masculino, e 51,7% é composta pelo

gênero feminino, justificando assim a diferença entre homens e mulheres entrevistados na presente pesquisa.

Já a distribuição da idade por faixa etária segundo o censo de 2010 do IBGE, revelou que a idade média do brasileiro está na faixa entre os 20 e os 29 anos em ambos os sexos. Dado que no caso da presente pesquisa esteve mais longe, pois o grosso dos entrevistados estiveram nas faixas incluídas entre 36 até os 65 anos. O fato de que estas faixas etárias fossem as predominantes no presente estudo fazem com que o nível de escolaridade seja diferente e inferior aos dos dados do IBGE (2010) do último censo onde a taxa de escolarização do município atinge 98,8% no grupo etário de 6 a 14 anos de idade.

De acordo com os dados do IBGE do ano de 2018, o nível de escolaridade dos brasileiros que possuíam o ensino fundamental incompleto era de 33,1% em pessoas com 25 anos ou mais, enquanto, 27% possuem o ensino médio completo, sendo estes índices de escolaridade um pouco mais elevados no município de Vassouras/RJ.

Segundo os dados do IBGE do ano de 2011, o setor de Pesquisa nacional por amostra de domicílio - PNAD a porcentagem de pessoas solteiras no Brasil é de 48,1%, enquanto 39,9% eram

casados, este resultado tem uma relação coerente aos achados do presente estudo em moradores do município de Vassouras (o número de solteiros é maior que o número de casados) ainda quando o número de solteiros em Vassouras é um 10% a mais do que a média nacional e o número de casados é um 10% a menos que a média nacional.

O IBGE (2017) reporta para o município de Vassouras que a renda média mensal era de 2.1 salários-mínimos e que a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 23.5%. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário-mínimo por pessoa, tinha 34.2% da população nessas condições, o que o colocava na posição 53 de 92 dentre as cidades do estado e na posição 3728 de 5570 dentre as cidades do Brasil. No presente estudo, apenas 1,72% dos entrevistados encontrava-se desempregado.

Já no acesso aos serviços de saúde, tanto em distância quanto em disponibilidade segundo a percepção dos participantes foi avaliado de muito boa, este resultado pode ser corroborado pelos dados publicados do IBGE do último censo para o município de Vassouras/RJ onde por exemplo as internações devido a diarreias são de 0.2 para cada 1.000 habitantes, parâmetro este que evidencia a eficácia dos sistemas de saúde relacionados à

prevenção de doenças negligenciadas. Ainda quando comparado com todos os municípios do estado, fica na posição 48 de 92 e quando comparado a cidades do Brasil todo, essa posição é 4284 de 5570, respectivamente.

O município de Vassouras/RJ apresenta 73,5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado estando na posição 50 de 92 e já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 1241 de 5570 segundo o IBGE em 2010. Este valor apresentado pelo IBGE é ligeiramente superior ao levantamento feito a partir da percepção dos participantes da presente pesquisa onde este quesito atingiu apenas o 60% dos domicílios dos entrevistados. Os domicílios urbanos em vias públicas que apresentam urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) em 32,7% dos casos (IBGE 2010).

Considerando que a localização do município está dentro do Bioma de mata atlântica os valores obtidos de interação com a fauna da região foi consideravelmente alto, sendo que 31% dos entrevistados declarou ter contado. Valor este próximo do número de casos reagentes no teste de aglutinação 25%. E se correspondendo ademais como a percentagem de indivíduos que declararam terem tido contato direto com águas de enchentes 28%, enchentes frequentes perto de suas residências 31% e terem

frequentemente um terreno baldio com lixo perto de suas residências 28%. Se evidencia no presente estudo uma relação coerente entre o número de casos reagentes encontrados no teste de soro aglutinação sanguínea e os valores de frequência relativas observadas para os fatores de risco ambiental analisados.

A leptospirose é uma doença infecciosa aguda, causada por sorovares do gênero *Leptospira* e transmitida principalmente através da urina de animais infectados, na qual, os animais domésticos e silvestres são o reservatório e o homem, é o hospedeiro acidental e terminal dentro da cadeia de transmissão. A infecção humana se dá pela exposição direta ou indireta à urina desses animais infectados.

Constata-se, que a leptospirose é uma doença de grande causa e que está intrinsecamente ligada a desastres e extremos positivos de chuva, entretanto, a proporção do impacto financeiro sobre o setor da saúde e da sociedade que isso pode causar, ainda é pouco divulgada. Cabe ressaltar, que localidades com condições de saneamento básico precários e acometidos de surtos devido à presença de esgoto a céu aberto e lixões, proximidades com córregos, que provocam o contato direto com as águas contaminadas com urina de roedores sinantrópicos (ratos e

camundongos) e cães errantes (GENOVEZ, 2009; CUZ *et al.*, 2016), são fatores para a transmissão da doença.

O quadro clínico da leptospirose apresenta variações entre o estado leve e o mais grave, podendo acometer letalidades. Os primeiros sintomas são febres, dores de cabeça, dores pelo corpo, principalmente nas panturrilhas, podendo ocasionar ainda, vômitos, diarreias e tosse. Pode ser confundida com outras doenças como gripes, viroses, dengue, malária, pneumonia etc., por apresentarem sintomas parecidos, não havendo ainda critérios clínicos ou testes de confirmação laboratoriais sensíveis ou específicos, que levem a diagnósticos precisos (VERONESI & FOCACCIA, 2015).

No presente estudo os sintomas clássicos “moderados” foram enumerados por 47% dos participantes, sendo que não necessariamente em todos os casos se corresponde com ter tido exatamente leptospirose e sim alguma outra doença com sintomatologia similar como já mencionado. E de todos os sintomas o mais marcado foram as dores nas panturrilhas em 20% dos casos, valor também muito próximo ao valor de casos “positivos”, o seja, reagentes na soroaglutinação que como mencionado resultou ser de 25%. Nas situações em que a doença já se encontra em seu estado mais grave, em sua fase tardia, ela

apresenta icterícia, sangramento e alterações urinárias, caracterizando a Síndrome de Weil. O período de incubação pode levar de um a 30 dias, e quando ocorre de fato, entre sete a 14 dias após os riscos submetidos. Aponta-se, que 15% aproximadamente dos pacientes diagnosticados com leptospirose, sofrem evolução da doença para formas mais graves, normalmente após a primeira semana da doença ou até mais cedo. A forma grave da doença se caracteriza através da icterícia, insuficiência renal e hemorragias, sendo a pulmonar a mais comum. No presente estudo, felizmente casos de sintomatologia extrema grave não foram encontrados com frequência, sendo apenas 1,72% a inflamação meníngea reportada (VERONESI & FOCACCIA, 2015).

A pesquisa envolveu aspectos em saúde, sociais, econômicos e políticos da doença, que contribuem para diversos índices negativos resultando numa atuação mais concreta frente a leptospirose. É importante pensar nesses fatores como somatórios da propagação da doença como um todo. Os resultados apontados na pesquisa, são de grande importância para a aplicação em outros distritos e bairros de Vassouras.

Pelo que foi demonstrado e discutido, assim como pela relevância do objetivo do trabalho, caberá aos gestores decidir ampliar a pesquisa a outros bairros e distritos, levando em conta áreas de

risco. Uma atuação de grande necessidade e que precisa ser planejada para atender as necessidades da população com o intuito de minimizar ou mesmo acabar com a incidência da doença.

Conclusões

Partindo da premissa de que o conhecimento do comportamento geográfico-temporal da doença é um fator de importante consideração para ações de vigilância epidemiológica, o presente estudo permitiu chegar às seguintes conclusões: Como parte da caracterização sociodemográfica dos cidadãos residentes do município de Vassouras/RJ que participaram do estudo se determinou que a maioria era do sexo feminino, com idades variadas desde 16 anos até 85 o que pode se considerar inclusivo assim como o fato de que foram entrevistadas pessoas desde o ensino fundamental até universitários de forma heterogênea ainda quando a maioria era da zona urbana do município e também a maioria possuía quintal em casa.

Segundo a percepção dos moradores do município de Vassouras/RJ, o acesso aos serviços de saúde, tanto em facilidade quanto em distância, pode se considerar bom assim como que a maioria declara que os serviços de saneamento básico são entre

regular e ruins, sendo o serviço de esgoto encanado o menos favorecido quantitativamente pelas respostas. Fatores de risco como existência de enchentes, contato com urina, fezes ou águas de enchentes ou com outras de duvidosa procedência, lixo frequente e animais silvestres perto da residência foram observados em aproximadamente um terço dos participantes da pesquisa.

A análise do sangue permitiu determinar que 25% dos participantes do estudo tiveram resultado “reagente” no teste de soro aglutinação contra leptospirose, o qual pode se considerar um índice muito elevado de risco da população, sendo identificados os sorovares *Copenhageni*, *Canicola*, *Pomona*, *Australis*, *Pyrogenes*, *Autumnalis* e *Hebdomalis* pertencentes à espécie *L. interrogans* que possui maior patogenicidade. Se evidenciou no presente estudo uma relação coerente entre o número de casos reagentes encontrados no teste de soro aglutinação sanguínea e os valores de frequência relativas observadas para os fatores de risco ambiental analisados, assim como para o grau de satisfação (ou percepção) e os serviços de saneamento básico.

Por tudo isso, infere-se que a leptospirose é uma doença que precisa obter uma atenção maior não envolvendo apenas aspectos clínicos da doença, prevenção, cuidados, sintomas, locais de risco,

como também seu impacto ambiental, socioeconômico e político, afinal são fatores que também influenciam no tratamento, incidência e dispersão do agravo.

Referências

BALASSIANO, I. T.; VITAL-BRAZIL, J. M.; DE LIMA BARBOSA, A. T.; MORAES, S. R., MACHRY, L., TIMM, L. N., & PEREIRA, M. M. Aspectos Clínicos de Leptospirose Anictérica em Plantador de Arroz na Região Sul do Brasil. [online]. **Revista de Saúde**, v. 2, n. 1, p. 61-66, 2016.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. [Internet]. [acesso em 5 jul. 2019]. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>

BHARTI, A. R.; NALLY, J.E.; RICALDI, J.N.; MATTHIAS, M.A.; DIAZ, M. M.; LOVETT, M.A.; LEVETT, P.N.; GILMAN, R.H.; WILLIG, M. R.; GOTUZZO, E.; VINETZ, J.M. Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance. [online]. **Lancet Infectious Diseases**, v. 3, p. 757-771, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1271, de 6 de junho de 2014**. Define a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública nos serviços de saúde públicos e privados em todo o território nacional, nos termos do anexo, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), junho 9; Seção 1, p. 67-69, 2014.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Portaria nº 1984, de 12 de setembro de 2014**. Define a lista nacional de doenças e agravos de notificação compulsória, na forma do Anexo, a serem monitorados por meio da estratégia de vigilância em Unidades Sentinelas e suas

diretrizes. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), set 15, Seção 1, p. 59, 2014.

COURA, J. R. **Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2013.

CUZ, J. S.; DAMIÃO, A. O.; OLIVEIRA, D. S.; NERY-JÚNIOR, N. R. R.; SACRAMENTO, G. A. D.; VITORIA, E. M. C.; SOARES, J. C.; SANTOS, I. P.; ANDRADE, R. R. C.; REIS, M. G. & COSTA, F. Incidência de leptospirose em uma comunidade carente de Salvador, Bahia. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 52. Alagoas: **Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, p.9900, 2016.

FIGUEIRA, C. P. **Caracterização de mutantes de *Leptospira* sp. Na identificação de fatores de virulência**. [Tese de Doutorado] Universidade Federal da Bahia. Centro de Pesquisas Gonçalo Moniz. 53 p.

FONTELLES, M. J; SIMÕES, M. G; FARIAS, S. H; FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. [online]. **Rev. Para. Med. (Impr.)**; v. 23, n. 3, jul.-set. 2009.

GENOVEZ, M. E. (2009). Leptospirose: Uma doença de ocorrência além da época das chuvas. **Biológico**, São Paulo, v.71, n.1, p.1-3, jan./jun., 2009

GIANSANTE, A. E.; PINELLI, J. A.; SILVA, A. G; RUBIO, R. A. G.; SIMIÃO, J.; SAGIANI, A.; OLIVEIRA, B. S.; FERREIRA, N. R. S.; D'ANDREA, F.; PINELLI, T. A. *et al.* **Plano municipal de saneamento básico Vassouras - RJ**. Prefeitura do município de Vassouras. 253 p., 2014.

HOCHMAN, B.; NAHAS, F. X.; OLIVEIRA-FILHO, R. S.; FERREIRA, L. M. Desenhos de pesquisa. **Acta Cirúrgica Brasileira** - v.20 (suppl. 2) 2005.

KO, A. I.; REIS, M. G.; DOURADO, C. M. R.; JOHNSON, W. D.; RILEY, L. W. [online]. Urban epidemic of severe leptospirosis in Brazil. **Lancet**, v. 354. n. 9181, p. 820-5, 1999.

LIMA, C.F. **Quantitative analysis of micronuclei in exfoliative cytology specimens of oral mucosa from chemical dependent patients**. [Dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 83f. 2007.

PANAGOPOULOS, P.; TERZI, I.; KARANIKAS, M.; GALANOPOULOS, N. & MALTEZOS, E. Myocarditis, pancreatitis, polyarthritis, mononeuritis multiplex and vasculitis with symmetrical peripheral gangrene of the lower extremities as a rare presentation of leptospirosis: a case report and review of the literature. **Journal of Medical Case Report**, v. 8, n.1, p. 150, 2014.

PEREIRA, CAR. **Custo social da leptospirose no Brasil e o efeito de chuvas extremas em Nova Friburgo para o incremento de casos da doença**. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro, 2014. FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz. ENSP - Escola de Saúde Pública Sérgio Arouca.

SINAN. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação**. [internet]. [acesso em 21 ago. 2019]. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/leptospirose>

VALVERDE, M. L.; RAMÍREZ, J. M.; MONTES DE OCA; L. G.; GORIS, M. G.; AHMED, N, HARTSKEERL, R. A. Arenal, a new *Leptospira* serovar of serogroup Javanica, isolated from a patient in Costa Rica. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 8, pp. 529-533, 2008.

VERONESI, R; FOCACCIA, R. **Tratado de Infectologia. 4ta Ed. Revisada e Atualizada**. São Paulo: Editora Atheneu, FOCCACCIA, R.; DIAMANTE, D.; FERREIRA, M. S.; SICILIANO, R. F. (Editores). pp. 1183-1397, 2009.

Oswaldo Aparecido Caetano

Graduação em Medicina pela Universidade Iguaçu e em Ciências Biológicas pela Universidade de Marília. Especialista em Ginecologia e Obstetrícia pela Universidade Gama Filho. Mestrado Profissional em Ciências Ambientais pela Universidade de Vassouras - UniV. Coordenador do serviço de Ginecologia e Obstetrícia e Professor Assistente na Disciplina Saúde da Mulher - UniV. Preceptor do Internato do Curso de Medicina - UniV. Coordenador do serviço de Ginecologia e Obstetrícia do Hospital Universitário Sul Fluminense.

Carlos Manuel Dutok-Sánchez

Doutor em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz - Fundação Oswaldo Cruz - IOC/FIOCRUZ/RJ. Mestre em Fisiologia Animal pela Universidad de La Habana, Cuba. Graduado em Bioquímica (Bacharelado) na Universidad de La Habana, Cuba, com diploma revalidado pela Universidade Federal de Viçosa de Minas Gerais UFV/MG. Professor de Magistério Superior concursado na Universidade Federal do Amapá - Campus Binacional de Oiapoque.

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Doutorado em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras. Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras.

Antonio Neres Norberg

Graduado em Medicina pela Fundação Educacional Serra dos Órgãos. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Mestre em Patologia Clínica pela UFRRJ, doutorado em Parasitologia pela UFRRJ. É professor titular no curso de Medicina da FAMESC. Professor titular no Centro Universitário UNIABEU. Coordenador do curso de Medicina da Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC. Membro titular da Academia Brasileira de Medicina Militar.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 38 - Descarte residencial de medicamentos vencidos: uma análise da prática no município de Comendador Levy Gasparian-RJ

Autores: Rosiany Bittar Campos; Paloma Martins Mendonça; Marco Antônio Pereira Araújo; Margareth Maria Carvalho Queiroz

Resumo: O presente capítulo tem o objetivo de apresentar uma análise da prática do descarte de medicamentos vencidos nas residências no município de Comendador Levy Gasparian-RJ, pois sabemos que esse tema é de relevância para o meio ambiente visto que o descarte incorreto pode acarretar contaminação de solos e águas, trazendo danos à saúde da população. Nesse sentido, destacam-se alguns trabalhos pesquisados e que servem como diretrizes na execução dessa pesquisa. Diante desse cenário, foi desenvolvida uma pesquisa de campo dividindo o município em duas amostras (bairros) e aplicado um questionário sobre o conhecimento da população relacionado com a prática correta do descarte desses resíduos e a prática desenvolvida por eles na rotina diária. Após a coleta de dados e análise dos mesmos a pesquisa permitiu apontar a incoerência sobre o conhecimento e a prática da população local quanto ao lixo químico (resíduos farmacológicos) produzido, salientando a necessidade eminente

de um projeto que permita uma intervenção eficaz e urgente para a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Descarte; medicamento vencido; meio ambiente.

Introdução

Os medicamentos são fundamentais para a sobrevivência humana, pois entre seus benefícios estão os tratamentos de doenças através da cura ou do alívio dos sintomas que geraria uma melhor qualidade de vida. O problema maior em relação aos medicamentos é o seu acúmulo nas residências e o futuro descarte quando esses expiram o prazo de validade.

Este capítulo foi elaborado em três seções a saber: revisão sistemática da literatura, aplicação de questionário à população de dois bairros escolhidos no município estudado e análise de dados coletados. Na última seção estão apresentados os resultados e discussões e as considerações finais.

A revisão sistemática da literatura é um estudo secundário, pois se origina de outras pesquisas executadas e tem como objetivo reunir material suficiente para se fazer uma análise sobre o tema abordado.

O método utilizado para o desenvolvimento deste foi uma “string” sobre a temática, cujo objetivo foi detectar os impactos ambientais mais frequentes, associados a resíduos de medicamentos, dos quais podemos citar a genotoxicidade (capacidade em causar mutações genéticas) existente em rios afetados pelos contaminantes, bem como alteração da flora, dos microrganismos, dos insetos. Também se destaca como consequência desta “poluição” a resistência bacteriana a certos medicamentos constituindo um sério problema de saúde pública. A análise e síntese da pesquisa contribuiu para o aprofundamento do tema estudado bem como no desenvolvimento do artigo através de coleta e análise de dados e a interpretação dos resultados.

Utilizou-se como critérios de inclusão: artigos publicados na língua portuguesa, publicados a menos de cinco anos, disponíveis pela web e com foco no tema da pesquisa Quadro 1.

Foi criada uma “string” de busca por artigos que abordassem a problemática do descarte de medicamentos vencidos, a saber: (Descarte OR eliminação) AND (residencial OR doméstico) AND (medicamento OR fármaco) AND vencido AND “Logística reversa” AND “política pública” AND recolhimento.

Quadro 1 - Critérios para a Revisão Sistemática da literatura.

Critério	Descrição
Idioma dos textos pesquisados	Português
Métodos de busca de fontes	Via web
Listagem de Fontes	Google Acadêmico
Fontes Atualizadas	Artigos com menos ou igual tempo de publicação de cinco anos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Foi criado um “string” de busca por artigos que abordassem a problemática do descarte de medicamentos vencidos, a saber: (Descarte OR eliminação) AND (residencial OR doméstico) AND (medicamento OR fármaco) AND vencido AND “Logística reversa” AND “política pública” AND recolhimento.

Como resultado da busca realizada no Google Acadêmico, ferramenta disponível no momento da pesquisa, foram encontrados 92 resultados e que após a leitura foram selecionados 12 artigos apresentados nas referências bibliográficas. Todos os estudos corroboram as pesquisas realizadas nesse trabalho, a saber:

- De acordo com De-Vasconcelos-Feitosa & Dantas-de-Aquino (2016), o Brasil é um dos países que mais consome medicamentos no mundo e estes em sua grande maioria, quando vencidos, são descartados em redes de esgoto comum e sem tratamento, poluindo assim nossos afluentes.
- Em seu trabalho, De-Oliveira & Banaszkeski (2020) citam que o desenvolvimento tecnológico contribuiu bastante para que a população em geral tivesse mais acesso aos medicamentos visto a redução do custo destes, porém isso impactou diretamente na produção de resíduos em domicílio. Neste contexto, o principal objetivo dos autores era refletir sobre a logística reversa no descarte desses insumos. A preocupação dos autores é trazer à sociedade à luz da consciência para que com toda essa oferta a responsabilidade com o meio ambiente também aumentaria. Os autores nos conduzem a uma reflexão sobre a temática.
- Em concordância com De-Oliveira & Banaszkeski (2020), Brasil & Aguiar (2017) abordam o impacto ambiental sobre vários ecossistemas causado pelo descarte inadequado de medicamentos vencidos e sua preocupação com a preservação das espécies.

- Ainda sobre a problemática em questão, Bruckmann & Mello (2017), em seu repositório fizeram uma análise reflexiva sobre uma pesquisa realizada em uma escola no Rio Grande do Sul sobre os hábitos dos alunos e suas famílias quanto ao descarte de medicamentos vencidos em suas residências. O resultado do trabalho evidenciou que a grande maioria dos alunos 92,5% (quase a totalidade pesquisada) desconhecem os malefícios do descarte de medicamentos vencidos no meio ambiente e trouxe para o autor a preocupação em realizar um trabalho educativo frente aos alunos da escola que foi o cenário da sua pesquisa. Assim como nesse trabalho demonstrado sentimos a necessidade de se fazer algo mais pela preservação do nosso ecossistema.
- Ilustramos ainda esse capítulo com a observação de Campanher *et al.* (2016), que abordou a percepção socioambiental do empresário de drogarias frente à logística reversa. Trata-se de um estudo de campo quantitativo direcionado a donos de drogarias em uma cidade do interior de São Paulo quanto ao descarte de medicamentos vencidos em seu estabelecimento e sua percepção quanto a poluição gerada por esses produtos. Nesse estudo o autor nos brinda com a seguinte conclusão sobre a temática: “existe uma

tentativa de se introduzir a política da logística reversa, porém, pouco comprometimento da equipe, sem as orientações devidas sobre o descarte de medicamentos no momento da venda, deixando explorar esse momento para uma verdadeira educação ambiental. Além disso, o interesse dos laboratórios apresenta-se aquém do esperado.”

- De acordo com Souza *et al.* (2018), após analisarem uma comunidade em um município do estado de Santa Catarina sobre descarte domiciliar de medicamentos e o seu impacto ambiental, os autores relataram que o estudo revelou que a população daquela comunidade desconhecia a forma correta de descarte de medicamentos vencidos, descartando estes indevidamente no ambiente.
- Do ponto de vista legal e segundo a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) a lei 12.305/2010 veio para instituir a política nacional de resíduos sólidos e contém instrumentos essenciais para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento de um dos principais problemas ambientais que é o destino dos resíduos. Enfatiza a responsabilidade da geração dos resíduos até seu descarte final auxiliando assim os trabalhos no campo ambiental.

- De acordo com os dados do trabalho em questão, os medicamentos vencidos em domicílio no município de Comendador Levy Gasparian-RJ constituem um grave problema de saúde pública e um desafio para a gestão ambiental do município, pois precisam urgentemente se enquadrarem as normas exigidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.

Metodologia

Segundo a ANVISA (Agência nacional de Vigilância Sanitária), após o término do prazo de validade dos medicamentos, eles podem causar sérios danos à saúde e se descartados no meio ambiente podem ocasionar contaminação do solo, da água e de animais. Dessa forma o descarte incorreto dos medicamentos provoca uma séria preocupação ambiental. Além disso tem-se a preocupação com a contaminação direta dos catadores de lixo que vivem e sobrevivem dos lixões como meio de subsistência.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) através da resolução nº 358 de 29 de abril de 2005 tem por objetivo diminuir os riscos ocupacionais defendendo a saúde do trabalhador e da sociedade em geral, reduzindo a fabricação de resíduos que precisam de um manejo especial como o caso dos medicamentos.

Para Campanher (2016), a problemática do descarte dos medicamentos vencidos e/ou não utilizados por parte da população tem sido cada vez mais discutida no Brasil. A Logística Reversa de medicamentos surge como uma opção para solucionar a questão, uma vez que se trata de um sistema utilizado em alguns países, apresentando resultados positivos. Como o êxito deste estudo depende do conhecimento e da prática das ações da população do município de Comendador Levy Gasparian-RJ frente a esse grave problema ambiental, o objeto deste estudo é pertinente. Dessa forma, realizou-se uma pesquisa com moradores de dois bairros a saber: Grotão e Centro.

Tratou-se de um estudo de campo quantitativo, descritivo e analítico. Foi aplicado um questionário que objetivou avaliar os seguintes pontos:

- a) A percepção do participante frente à questão da contaminação ambiental por resíduos químicos provenientes de medicamentos vencidos descartados em lixo comum;
- b) A importância da sua participação frente à implantação da Logística Reversa;
- c) A análise da prática atual de descarte de medicamentos vencidos por parte da população local.

O Brasil possui legislação sobre o descarte de medicamentos, a Lei Federal 12.305 de 2010, porém, nem todos a conhecem, o que demonstra que apenas sua elaboração não é suficiente para que os danos ao meio ambiente sejam minimizados. Torna-se indispensável nesse caso, a participação do profissional de saúde, inseridos na atenção básica da assistência, orientar a população quanto ao descarte correto dos fármacos vencidos em suas residências a fim de minimizar os danos causados pela prática errada de sua eliminação.

As causas possíveis para sobras dos medicamentos em residências podem estar associadas ao não fracionamento dos medicamentos vendidos nas farmácias fazendo com que as pessoas comprem mais quantidade do que vão utilizar para um tratamento, a interrupção do tratamento, falta de informação quanto ao descarte correto desses produtos vencidos e ainda falta de postos de coletas desses insumos. Faz-se necessário, portanto, investimento em campanhas de conscientização da população em relação ao descarte correto dos fármacos vencidos, bem como, montar postos de coleta para esses produtos.

As legislações vigentes no Brasil não são específicas quando se trata dos medicamentos e seu destino gerando dúvidas para a população, e tem como principais órgãos responsáveis por este

assunto o Ministério da Saúde, o CONAMA e ANVISA. A RDC n o 306/04 (ANVISA, 2004) regulamenta o gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde, dispondo que todo gerador deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, o PGRSS, levando em consideração as características e classificação dos mesmos (EICKHOFF *et al.*, 2009).

O PGRSS (Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Saúde) faz parte da resolução da ANVISA RDC no 306/04 sendo um documento necessário para todo estabelecimento prestador de serviço de saúde, no qual enfatiza etapas pertencentes ao gerenciamento dos resíduos como a identificação, manejo e segregação, acondicionamento, armazenamento, tratamento, transporte e destino final.

Identificação: é um processo de bastante muito importante, pois auxilia no diagnóstico dos resíduos gerados e qual é a melhor maneira de manejá-los com segurança.

Segregação: etapa onde os resíduos vão ser selecionados e então separados de acordo com sua respectiva classificação, além de reduzir a quantidade de resíduos é um alerta para o desperdício.

Acondicionamento: após a segregação dos resíduos, estes vão ser acondicionados em embalagens ou sacos apropriados, que possam evitar possíveis rupturas e contaminações. Os resíduos sólidos devem ser mantidos em sacos resistentes e impermeáveis adequando-se as características e estado físico das substâncias químicas. Já os resíduos líquidos devem ser colocados em recipientes que sejam compatíveis com o que está sendo armazenado, ter tampas vedadas para evitar vazamentos.

Armazenamento: pode ser temporário onde ficarão armazenados em recipientes apropriados, geralmente são localizados próximos às fontes de geração e nesta etapa os resíduos não podem ser retirados dos respectivos recipientes em que foram colocados anteriormente. Há também o armazenamento externo onde os resíduos são armazenados em locais de fácil acesso para os veículos da coleta externa.

Transporte: quando são retirados do ponto gerador e levados a um armazenamento.

Tratamento: visa minimizar os riscos de contaminação e acidentes no manuseio dos resíduos, pode ser realizado pelo estabelecimento que os gerou ou por uma instituição que seja

licenciada pelo CONAMA e passível de fiscalização pela vigilância sanitária;

Disposição final dos resíduos: onde os resíduos vão ser destinados no solo, que foi devidamente preparado para recebê-los de acordo com as características físicas e químicas do que está sendo depositado, tudo de acordo com o licenciamento ambiental.

Estudo de Caso

Este artigo refere-se a uma pesquisa de abordagem exploratória e foi realizado com a população de dois bairros (Grotão e Centro) do município de Comendador Levy Gasparian, RJ, no mês de julho de 2020.

A partir de revisão bibliográfica e normas disponíveis, foi feito inicialmente um estudo da amostra. Na aplicação do questionário foi considerado como critério de exclusão a ausência no momento da visita, presença de menores de 18 anos, impossibilidade para responder ao questionário e a recusa em respondê-lo. Determinou-se como critério de inclusão idade superior a 18 anos, desde que o entrevistado possuísse condições para responder e um entrevistado por residência. As recusas e ausências não levaram a novas tentativas, sendo visitada apenas uma vez cada

residência. Os dados foram coletados através de questionário com perguntas fechadas conforme APÊNDICE 1.

Após análise dos dados foi feito um estudo da prevalência de farmácia caseira e como é realizado o descarte dos medicamentos quando o prazo de validade é expirado.

O estudo irá colaborar para a elaboração de folders e campanhas educativas.

Coleta e Análise Estatística de Dados

O objetivo principal desse estudo é verificar a prática dos moradores de dois bairros do município de Comendador Levy Gasparian quanto ao descarte de medicamento vencidos em suas residências bem como o conhecimento sobre o impacto ambiental que esses fármacos geram quando descartados de maneira inadequado em lixo doméstico.

Foram aplicados 20 questionários sendo 10 em cada bairro e foram escolhidos 2 bairros a saber: Centro (BC) e Grotão (BG) (APÊNDICE 1).

Após a aplicação do questionário foi realizado a análise dos dados coletados e tabulados (Quadro 2) usando o programa estatístico Minitab (2019).

Quadro 2 - Dados da Entrevista – dos dois grupos de moradores do município de Comendador Levy Gasparian (BC = Bairro Centro / BG = Bairro Grotão).

	Bairro	Participante	Conhece Descarte Correto Medicamento	Faz Descarte Correto de Medicamento
1	BC	BC1	1	1
2	BC	BC2	1	1
3	BC	BC3	1	1
4	BC	BC4	1	0
5	BC	BC5	0	0
6	BC	BC6	1	0
7	BC	BC7	1	1
8	BC	BC8	1	1
9	BC	BC9	1	0
10	BC	BC10	1	0
11	BG	BG1	1	0
12	BG	BG2	1	1
13	BG	BG3	0	0
14	BG	BG4	1	0
15	BG	BG5	1	1
16	BG	BG6	0	0
17	BG	BG7	0	0
18	BG	BG8	1	0

19	BG	BG9	1	0
20	BG	BG10	1	0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Resultados

Após pesquisa de campo, foi detectado que no município de Comendador Levy Gasparian-RJ, os moradores têm o hábito de descartar medicamentos vencidos em suas residências no lixo comum e detectou-se também a ausência de caixas coletoras em pontos estratégicos e de conhecimento da população, para o devido descarte. Portanto, se faz necessário desenvolver e fixar caixas coletoras para o devido descarte dos medicamentos vencidos bem como desenvolver folders educativos esclarecendo e orientando a população para a destinação final desse resíduo (lixo), cujo objetivo maior é minimizar a poluição ambiental causada por esses dejetos em solo e água do município.

Análise estatística dos dados apresentados:

Variável 1: Faz descarte correto de medicamentos vencidos

Esta variável representa o total de pessoas entrevistadas por bairro e que realizam o descarte correto de medicamentos vencidos em sua residência (figura 1).

Figura 1 – Estatísticas Descritivas da Variável 1, moradores que fazem o descarte correto dos medicamentos no município de Comendador Levy Gasparian, RJ.

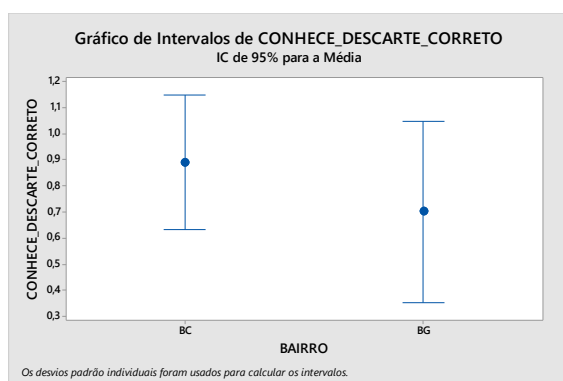
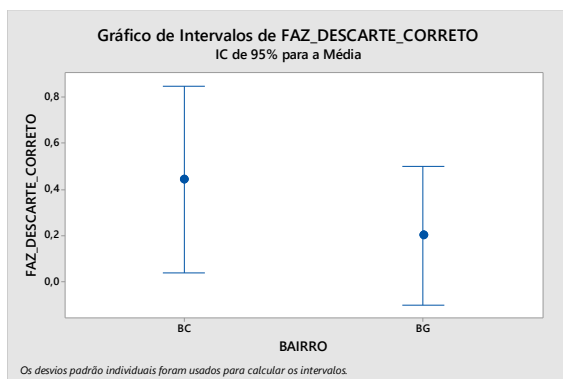
Estatísticas

Variável	BAIRRO	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	
FAZ DESCARTE CORRETO DE MEDICAM	BC	10	0	0,500		0,167	0,527	0,000	0,000	0,500	
	BG	10	0	0,200		0,133	0,422	0,000	0,000	0,000	
Variável	BAIRRO	Q3	Máximo								
FAZ DESCARTE CORRETO DE MEDICAM	BC	1,000	1,000								
	BG	0,250	1,000								

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Comparativos entre dois grupos entrevistados BC e BG e que demonstra o nível de conhecimento de cada grupo sobre o descarte correto de medicamentos vencidos e se cada grupo realiza o descarte correto dos medicamentos vencidos (figura 2).

Figura 2. Gráficos comparativos de intervalos entre dois grupos entrevistados BC e BG apresentando o nível de conhecimento de cada grupo sobre o descarte correto de medicamentos vencidos (a) e se cada grupo realiza o descarte correto dos medicamentos vencidos (b), no município de Levy Gasparian, RJ.



Fonte: Elaborados pelos autores 2020.

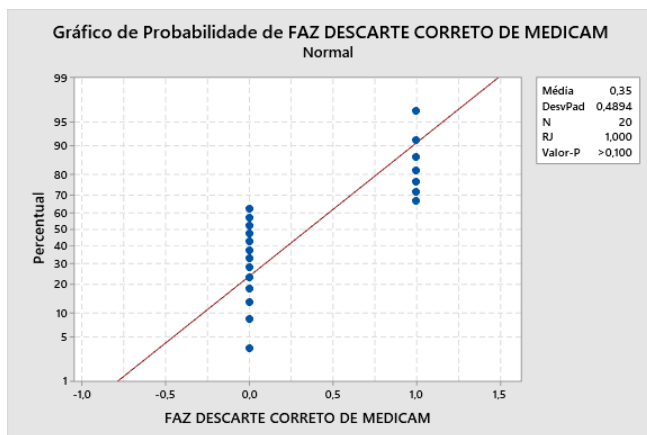
A figura 3 apresenta o Teste de Normalidade Variável 1, entre os moradores dos dois bairros selecionados, que fazem o descarte correto dos medicamentos no município de Levy Gasparian, RJ.

HO: Dados apresentam distribuição normal

H1: Dados não apresentam distribuição normal

Significância=5%

Figura 3 – Teste de Normalidade Variável 1, moradores que fazem o descarte correto dos medicamentos no município de Levy Gasparian, RJ.



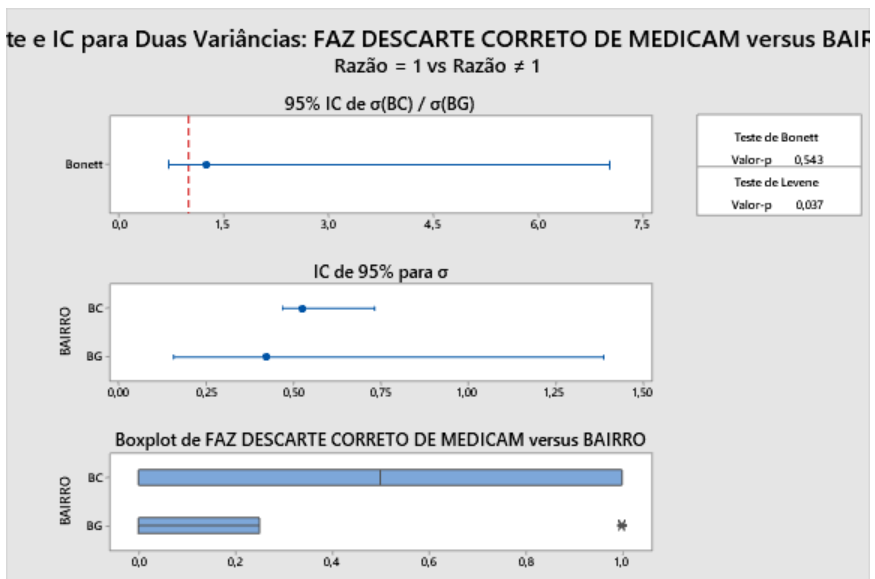
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk uma vez que temos menos de 50 elementos.

Como p-value $>0,100$ é superior ao nível de significâncias estabelecida de 5% ($=0,05$) então pode-se aceitar a hipótese nula (H_0) de que os dados possuem distribuição normal.

Como os dados apresentam distribuição normal, pode-se proceder o teste de homocedasticidade (igualdade de variâncias), figura 4.

Figura 4 – Teste de Homocedasticidade Variável 1, entre os moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que fazem o descarte correto dos medicamentos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Pelo teste de Levene, pode-se observar um p-value=0,037 menor que o nível de significância estabelecido de 5% (=0,05). Assim, não se pode aceitar a Hipótese Nula (H_0) de que os dados apresentam homocedasticidade, ou seja, os dois bairros se apresentam de maneira diferentes na pesquisa.

TESTE NÃO PARAMÉTRICO (pois os dados não são homocedásticos) - Teste de Mann-Whitney.

Devido ao fato de os dados não possuírem igualdade de variâncias, foi utilizado o teste não-paramétrico Mann-Whitney para avaliação da hipótese (figura 5).

Figura 5 - Teste de Mann-Whitney Variável 1, entre os moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que fazem o descarte correto dos medicamentos.

Teste

Hipótese nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

<u>Método</u>	<u>Valor W</u>	<u>Valor-p</u>
Não ajustado para empates	185,00	0,194
Ajustado para empates	185,00	0,102

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

O valor de p-value (0,194) é maior que o nível de significância estabelecido de 5% (=0,05) e aceita-se a hipótese nula de que os grupos são iguais. Portanto, os dois grupos não apresentam diferenças significativas entre eles.

Variável 2: moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que conhecem o como se realiza o descarte correto de medicamentos vencidos (figura 6).

Figura 6 - Estatísticas Descritivas Variável 2, entre os moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que conhecem o descarte correto dos medicamentos.

Estatísticas

Variável	BAIRRO	N	N*	Média	EP	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	
CONHECE DESCARTE CORRETO MEDICA	BC	10	0	0,900		0,100	0,316	0,000	1,000	1,000	
	BG	10	0	0,700		0,153	0,483	0,000	0,000	1,000	
Variável	BAIRRO	Q3	Máximo								
CONHECE DESCARTE CORRETO MEDICA	BC	1,000	1,000								
	BG	1,000	1,000								

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

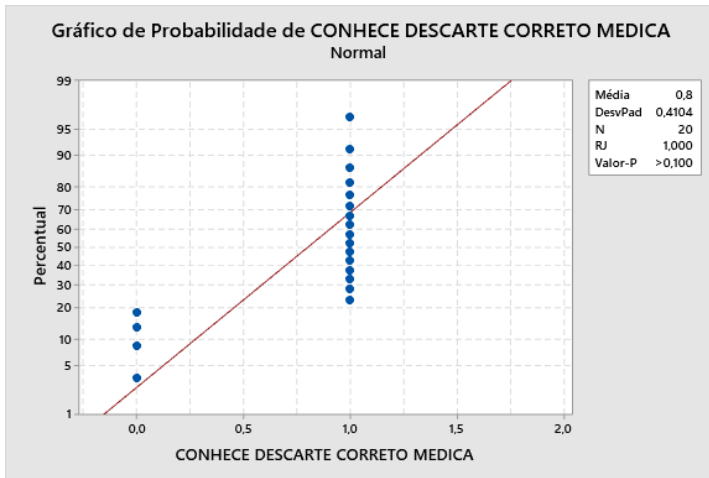
O teste de normalidade está apresentado abaixo, em que os moradores dos dois bairros de Comendador Levy Gasparian conhecem como se realizada o descarte correto dos medicamentos (figura 7).

H0: Dados apresentam distribuição normal

H1: Dados não apresentam distribuição normal

Significância: 5% ($=0,05$)

Figura 7 - Teste de Normalidade Variável 2, entre os moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que conhecem o descarte correto dos medicamentos.

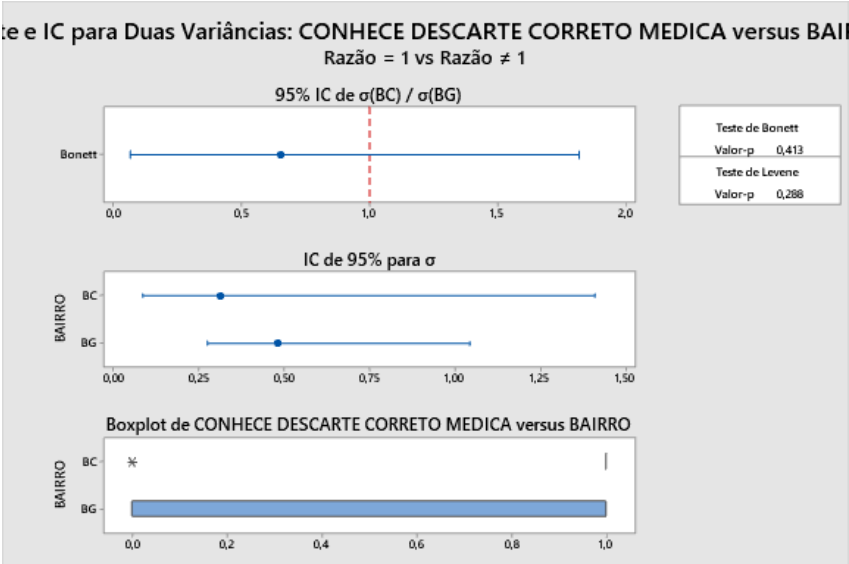


Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Foi utilizado teste de Shapiro-Wilk pois temos menos de 50 elementos na análise. Como p-value $>0,100$ é superior ao nível de significância de 5% então pode-se aceitar a hipótese nula (H_0) de que os dados possuem distribuição normal. Podemos proceder o teste de Homocedasticidade (igualdade de variâncias) (figura 8).

Pelo teste de Levene valor de p-value=0,288 maior que o nível de significância de 5% ($=0,05$), Assim, podemos aceitar a hipótese nula (H_0) de que os dados apresentam homocedasticidade, ou seja, os dois bairros se apresentam de maneira iguais na pesquisa. Aplica-se, portanto, o teste T (figura 9).

Figura 8 - Teste de Homocedasticidade Variável 2, entre os moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que conhecem o descarte correto dos medicamentos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Teste de Hipótese: O teste T mostrou um valor de p-value= 0,291 maior que o nível de significância de 5%, ou seja, a hipótese nula é aceita, portanto não há base para acreditar que as médias sejam estatisticamente diferentes. A partir desta análise podemos concluir que não existe diferença relevante entre os dois bairros no quesito variável: “conhecer o descarte correto de medicamentos vencidos”.

Figura 9 - Teste T Variável 2, entre os moradores dos dois bairros selecionados do município de Levy Gasparian, RJ, que conhecem o descarte correto dos medicamentos.

Teste

Hipótese nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor-T GL Valor-p

1,10 15 0,291

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Considerações Finais

Os resultados indicaram que 80% dos participantes conhecem o descarte correto de medicamentos vencidos e estão conscientes do problema ambiental ocasionado pela sua prática incorreta, acreditando que os resíduos químicos provenientes desse lixo podem influenciar negativamente no meio ambiente causando poluição. Porém, após aplicação de 20 questionários (sendo 10 em no bairro Centro e 10 no bairro Grotão) chegamos à conclusão que 65% dos entrevistados praticam o descarte dos medicamentos vencidos em lixo residencial e apontam a inexistência de postos de coletas para esse fim o que justifica para eles esse modo de descarte.

Baseado nessas informações, cabe ao setor de vigilância sanitária e ambiental do município de Comendador Levy Gasparian a implantação e execução de medidas que garantam o descarte correto dos medicamentos vencidos em domicílio bem como sua destinação final.

Devem-se criar caixas coletoras e postos de coleta de medicamentos vencidos em todo o município, e que sejam de fácil acesso à população. Assim como, material educativo (cartilhas e folderes) orientando a população quanto a problemática.

Seria de grande importância que o questionário aplicado na pesquisa de campo fosse reaplicado à população do município estudado após a implantação dos produtos oriundos dessa pesquisa, ou seja, após a implantação de caixas coletoras e folders educativos sobre a importância do descarte correto para a educação ambiental do município, pois desta forma poderíamos avaliar o impacto positivo causado por este estudo.

Referências

ANVISA-portal.anvisa.gov.br - **Lei 12.305-2010** (Regularização do descarte adequado de medicamentos vencidos).

BRASIL, F. S. F.; AGUIAR, T. D. C.; SOUSA, T. M.; LIMA, L. R. **Descarte inadequado de medicamentos vencidos: revisão de literatura.** 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Necy%20Andrade/Downloads/1987-3978-1-PB.pdf>. Acesso em 1 de janeiro de 2019.

BRUCKMANN, C. S.; MELLO, G. **Análise exploratória do descarte de medicamentos Rio Grande do Sul - Brasil.** 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/8009/6723-10034-1-DR.pdf?sequence=1>. Acesso em 17 de novembro de 2020.

CAMPANHER, R. **Descarte adequado de medicamentos: percepção socioambiental do empresário de drogarias frente à logística reversa.** 2016. Dissertação. (Mestrado em Educação, Ambiente e Sociedade) - Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar, Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino FAE, São João da Boa Vista, 2016.

CUNHA, A. B. **Logística reversa de resíduos de medicamentos domésticos.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Curso Superior de Tecnologia em Logística) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Anápolis, 2019.

COSTA, C. S. R.; LIRA, T. M.; SOUZA, K. A. S.; SILVA, A. K. M.; BARBOSA, A. R. M.; RÊGO, N. T. D. S. Avaliação do conhecimento dos usuários de unidades básicas de saúde sobre os riscos ambientais decorrentes do descarte incorreto de medicamentos. **Boletim Informativo Geum**, v.8, p.23, 2017.

DE-OLIVEIRA, E.; BANASZESKI, C. L. A logística reversa no descarte de medicamentos. **Saúde e Desenvolvimento**, v. 9, n. 17, 2020.

DE-VASCONCELOS-FEITOSA, A.; DANTAS-DE-AQUINO, M. Descarte de medicamentos e problemas ambientais: o panorama de uma comunidade no município de Fortaleza/CE. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1590-1600, 2016.

MINITAB, versão 19. Disponível em:<[www. Minitab.com.br](http://www.Minitab.com.br)> Acesso em: 06 jul.2020.

PADILHA, A. P. A.; GARCIA, D. S.; GRACIA, F. H.; ALMEIDA, A. R. Descarte de Medicamentos e Automedicação: O Uso Consciente Para Salvar Vidas. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v.10, 2018.

RIBEIRO, R. G.; NASCIMENTO M. E. S.; RABELO R. O.; OLIVEIRA, E. L.; CARVALHO, A. M. R. **A Importância do Descarte Correto de Medicamentos.** 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Dowloads/pdf> > Acesso em 20 jul 2020.

SILVA, R. E.; ALMEIDA, A. F. S. Panorama do descarte de medicamentos domiciliares no município de Sete Lagoas-MG. **Revista Brasileira de Ciências e Vida**, v.5, n.1- 2017.

SOUZA, M. R.; FREITAS, M. D.; DALBÓ, S. Descarte domiciliar de medicamentos e seu impacto ambiental: análise de uma comunidade. **Revisão Brasileira de Ciências Aplicadas**, v.2, n.6- 2018.

ANEXO 1:

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa DESCARTE RESIDENCIAL DE MEDICAMENTOS VENCIDOS: UMA ANÁLISE DA PRÁTICA NO MUNICÍPIO DE COMENDADOR LEVY GASPARIAN - RJ. O propósito desta pesquisa é verificar o perfil de usuários sobre o descarte de medicamentos vencidos. Os dados coletados por meio da aplicação de questionário ajudarão a confirmar se os meios de descarte utilizados são coerentes e não colocam em risco a saúde da comunidade. Aqueles que fornecerem dados espontaneamente pós-esclarecimento terão suas identidades preservadas mesmo após elaboração de relatório final deste estudo. O principal objetivo deste estudo é conhecer o comportamento dos entrevistados quanto aos meios de descarte de medicamentos vencidos e verificação do conhecimento sobre os riscos desse descarte quando feito de forma indevida. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Vassouras. Este termo em duas vias é para _____ certificar que eu,

_____, residente
à _____

concordo em participar voluntariamente da pesquisa mencionada e sei que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Estou ciente de que o anonimato daqueles que preencherem este questionário poderá contribuir ou não para esclarecimento sobre as formas de descarte utilizadas pela comunidade e seus prejuízos quando

feito sem o devido conhecimento das consequências. Estou ciente de que a pesquisa não implicará em riscos físicos à minha pessoa nem à comunidade da qual faço parte, porém poderá modificar comportamentos. Finalizando, sou sabedor de que terei todas as dúvidas respondidas a contento pelo pesquisador responsável

_____, no telefone
_____, ou e-mail
_____.

Assinatura do sujeito de Pesquisa

Assinatura do Pesquisador Responsável

Comendador Levy Gasparian, ___ de _____ de 2020.

PERFIL DO ENTREVISTADO

1. SEXO

Masculino Feminino

2. IDADE

18 a 25 26 a 35 36 a 45 46 a 55 acima de 55

3. GRAU DE INSTRUÇÃO

Ensino Fundamental Incompleto

Ensino Fundamental Completo

Ensino Médio Incompleto

Ensino Médio Completo

Ensino Superior Incompleto

Ensino Superior Completo

Pós-graduação

4. Você possui medicamentos em sua residência?

sim não

5. Você costuma verificar o prazo de validade dos medicamentos?

sim não

6. Você faz descarte de medicamentos vencidos em sua residência?
- Sim não
7. Qual a forma de descarte que você utiliza para os medicamentos vencidos?
- lixo comum. vaso sanitário
- pia/tanque
- entrega a alguma instituição de saúde
- entrega em órgão de saúde competente – Vigilância Sanitária.
8. Com relação à pergunta anterior, você acha que sua opção de descarte para este medicamento está correta?
- sim não
9. Você conhece as possíveis consequências do descarte indevido de medicamentos?
- sim não
10. Com relação à pergunta anterior, caso a resposta seja “sim”, qual dos problemas abaixo você já ouviu falar:
- contaminação do solo e da água.
- contaminação de alimentos.

- () aumento da resistência de microrganismos aos medicamentos.
- () intoxicação de pessoas relacionadas ao trato do lixo (garis, catadores).
- () todas as opções anteriores

Sobre os autores

Rosiany Bittar Campos

Graduação em Enfermagem e Obstetrícia pela Universidade Católica de Petrópolis- UCP- 1991; Especialista em Enfermagem do Trabalho pela Universidade Gama Filho-Rio de Janeiro-2001; Especialista em Saúde Pública pela Faculdade Pimenta Bueno- Paraná- 2017; Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras-RJ- Brasil.

Paloma Martins Mendonça

Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Santa Úrsula. Especialista em Entomologia Médica pelo Instituto Oswaldo Cruz - IOC/FIOCRUZ. Doutora em Ciências Veterinárias (Parasitologia Veterinária) da UFRRJ. Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz/Fundação Oswaldo Cruz, Professora Adjunta do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras, RJ, Brasil.

Marco Antônio Pereira Araújo

Doutor (2009) e Mestre (1998) em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Professor do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do CES/JF, da FMG e da Universidade de Vassouras. Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras, RJ, Brasil.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMEF)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Capítulo 39 - Segurança do uso de extratos de plantas naturais no ambiente: fluxo de avaliação aplicado na espécie *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist devido a atividade no controle biológico de insetos

Autores: Carlos Manuel Dutok-Sánchez, Idelsy Chil-Núñez, Luiz Eduardo D'Elia Oliveira, Julio César Escalona-Arranz, Paloma Martins Mendonça, Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Resumo: O uso comum como alimento e na medicina etnobotânica do Zapote ou Mamey, classificado taxonomicamente como *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist (Sapotaceae), tem demonstrado um baixo ou ausente nível de toxicidade como fruta e nos extratos preparados a partir das suas sementes. Entretanto é essencial que sejam feitos ensaios que demonstrem a sua segurança para sustentar cientificamente seu uso na terapia com drogas e outras aplicações. O presente estudo teve como objetivo: avaliar a segurança dos extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25%, de sementes de *P. mammosa*. Foi feita a triagem fitoquímica dos extratos sob as Diretrizes 402, 404 e 405 que preconizam os estudos de Toxicidade Dérmica Aguda e Irritação Aguda Dérmica e Oftálmica, assim como foi usada a diretriz 423 Toxicidade Aguda Oral segundo o método das classes de toxicidade emitidas pela Organização para o Desenvolvimento e a Cooperação Econômica

(OECD). Foi determinado em ambos os extratos (aquoso e hidroalcoólico a 25%) a presença em intensidades similares de cumarinas, saponinas, fenóis e taninos, sugerindo quantidades similares destes. Os metabólitos que marcaram as maiores diferenças entre os dois extratos foram os lipídeos e/ou óleos essenciais, aminoácidos, e açúcares redutores que estavam unicamente contidos no extrato aquoso. Alcaloides, quinonas, triterpenos e esteroides foram evidentes somente no extrato hidroalcoólico a 25% of *P. mammosa*. O extrato aquoso foi classificado na categoria: “não classificado como tóxico” (CTA 5), entretanto o extrato hidroalcoólico a 25% foi classificado como “perigoso” (CTA 4). Ambos os extratos podem ser utilizados sem que reações colaterais apareçam quando colocados em contato com a pele, o que permitiu classificá-los como “potencialmente não irritantes”. Os dois extratos de *P. mammosa* provocaram uma irritação reversível e leve dos olhos, sendo classificados como “ligeiramente irritantes”.

Palavras chaves: *Pouteria mammosa*; triagem fitoquímica; avaliação de extratos naturais.

Introdução

Os inseticidas químicos de origem sintética surgiram em meados da década de 1940. Atuam no sistema nervoso dos insetos causando sua morte (BUSS; PARK-BROWN, 2006). É o meio de controle mais utilizado para dípteros sinantrópicos, constituído principalmente por organoclorados e organofosforados (VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2001). Estes possuem diversas propriedades que os tornavam próprios para o uso em grande escala, como baixo custo de produção, longa ação residual e a toxicidade para um amplo espectro de pragas e vetores (SETHAJINTANIN; ANDERSON, 2006), sendo o Brasil, o maior produtor e consumidor de pesticidas na América Latina (ROEL, 2001).

O uso de inseticidas químicos (sintéticos) para o controle de insetos é perigoso, afetando especificamente o homem e outros animais, podendo poluir o ar, a água e a cadeia alimentar (MENDONÇA *et al.*, 2011). São tóxicos tanto para animais vertebrados quanto para insetos polinizadores (AKTAR; SENGUPTA; CHOWDHURY, 2009). Devido à alta lipossolubilidade que apresentam, os compostos clorados são bioacumulativos, ficando retidos no tecido vivo (FUNASA, 2001; RITTER *et al.*, 1995). Concentram-se em tecidos e fluidos animais

com alta quantidade na gordura como a carne, o leite e seus derivados (KLAASSEN; ROZMAN, 1991), podendo gerar danos toxicológicos à população humana e a animais domésticos, tanto a curto quanto em longo prazo (EYER *et al.*, 2004; FARIA, 2003).

Vários estudos realizados na América Latina observaram que a acumulação de organoclorados no sangue, tecido adiposo e leite materno são muito superiores aos níveis observados nos países desenvolvidos (CARVALHO, 1991).

Dentre as vantagens dos inseticidas, destacam-se: ação rápida; único método de controle prático quando a população de insetos causa danos econômicos a um cultivo comercial; disponíveis numa variedade de propriedades; efetivos contra várias espécies e métodos de aplicação; relativamente baratos (KURAMOTO; SHIMAZU, 1997).

O uso excessivo desses tipos de inseticidas também resultou em uma progressiva resistência das pragas a esses químicos, diminuindo sua efetividade e gerando consequências com potenciais negativos, como o aumento da frequência de uso, da dose e de misturas com compostos mais tóxicos (HEMINGWAY; RANSON, 2000). Perdem sua efetividade à medida em que as populações-alvo adquirem resistência genética contra seus

compostos (GULLAN; CRANSTON, 2007). Entre os anos de 1914 a 2007, dos 7740 casos relatados de resistência a inseticidas, a ordem Diptera esteve presente em 2265 (WHALON; MOTA-SANCHEZ; HOLLINGWORTH, 2008).

A resistência está estendida por todo o mundo e afeta a maioria das classes químicas disponíveis. Há referências de resistência de *M. domestica* a organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, benzoilureas, ciromazina, neonicotinoides (imidacloprid, tiametoxam), fenilpirazois (fipronil), avermectinas, espinosades etc. É certo que a resistência às classes químicas mais modernas (neonicotinoides, fenilpirazoles, spinosad etc.) é relativamente pouco frequente, pois estes compostos não têm sido muito utilizados (CAMPBELL *et al.*, 1997).

As populações multirresistentes aumentam cada vez mais. Estas são resistentes simultaneamente a mais de uma classe química (ex. organofosforados, carbamatos e piretroides ao mesmo tempo) (BRINDLEY; SELIM, 1984).

O desenvolvimento de resistência em várias espécies de pragas e vetores, com baixa especificidade, aliado ao impacto ambiental, elevada toxicidade para vertebrados e o alto custo e eficiência questionável dos inseticidas sintéticos de última geração,

demonstraram que o controle de vetores com o uso exclusivo desse tipo de inseticida não garantiria sua eficiência. Como resposta a esses fatores limitantes, a Organização Mundial da Saúde - OMS tem incentivado, nos últimos anos, a busca de novas estratégias de controle de insetos vetores de agentes etiológicos causadores de doenças humanas, dos animais domésticos e silvestres (MÖRNER; BOS; FREDRIX, 2002).

Todo o exposto até agora incrementa o interesse pelos inseticidas alternativos (ALMEIDA; BATISTA-FILHO, 2001). Segundo a Funasa, 2001, o controle químico deve ser utilizado como última alternativa, uma vez que existem outras formas mais eficazes e menos agressivas ao meio ambiente, e que não danificam espécies que agem como controladores naturais. Em resposta a estes fatores, a OMS tem promovido nos últimos anos, a procura por novas estratégias para o controle de vetores de agentes patogênicos (MÖRNER; BOS; FREDRIX, 2002).

Um dos objetivos é a procura de inseticidas naturais, como, por exemplo, os produtos de origem vegetal, que são estáveis e de fácil extração. Várias substâncias sintéticas têm sido utilizadas como repelentes, inseticidas e inibidoras da alimentação destes insetos (VIEGAS JUNIOR, 2003; VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2001). Portanto, uma boa alternativa é o estudo de plantas por serem

conhecidas como uma fonte rica de metabólitos secundários bioativos. A diversidade da flora apresenta um enorme potencial para a produção de compostos secundários. O uso de plantas para tratar doenças tem como origem as culturas indígenas e populações migrantes. Metabólitos secundários são atraentes para a indústria devido à grande aplicabilidade destes na agricultura e na saúde pública. Assim os extratos podem atuar como inseticidas, fungicidas, nematocidas, repelentes, dependendo da planta utilizada (FEINSTEIN, 1952; MATHEW *et al.*, 2009).

O uso de inseticidas é uma das principais técnicas utilizadas no controle de pragas e vetores e seu uso foi o que permitiu alguns dos principais avanços na agricultura e no controle de doenças como a malária, tifo e a febre amarela (EMDEN; PEAKALL, 1996). Os métodos de controle de insetos mais empregados se classificam em químicos e alternativos.

Quando se compara a qualidade de inseticidas sintéticos com os naturais, nota-se que os naturais apresentam inúmeras vantagens, podendo citar a sua obtenção, que é feita através de recursos renováveis, além de sua rápida degradação (VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2001), diminuindo a probabilidade de gerar resistência por parte do inseto (ROEL, 2001). Mesmo com esses

benefícios, os inseticidas botânicos precisam ser utilizados com a mesma precaução que os compostos químicos (BRECHELT, 2004). Zapote (*Pouteria mammosa*), também conhecido como mamey, abricote, mamey sapote ou mata serrano é uma árvore comum em todas as regiões tropicais da América. Do talo e galhos é extraído o látex, geralmente utilizado como inseticida e frequentemente utilizado como uma camada protetora contra mosquitos. Misturado com manteiga, pode evitar infecções da pele, e também ser utilizado no tratamento para doenças do couro cabeludo. Para a fruta foram atribuídas propriedades antibióticas, porém, é sabido que não é tolerada por todas as pessoas (SILVA; SIMEONI; SILVEIRA, 2009). Apresenta um elevado conteúdo energético sendo sugerida como complemento nutricional para pessoas enfraquecidas e convalescentes, além de ser utilizada para tratar transtornos digestivos e da visão (STANLEY, 1923). Na literatura não há relatos de avaliação da atividade inseticida, embora seja um dos principais usos etnobotânicos atribuídos à espécie *P. mammosa*, sendo assim é de grande importância o estudo da segurança no meio ambiente de produtos derivados desta espécie. Algumas substâncias naturais extraídas de plantas apresentam propriedades repelentes frente a insetos, impedindo sua alimentação. Apresentam componentes tóxicos que impedem o

desenvolvimento dos insetos (CABRAL *et al.*, 2007; FEINSTEIN, 1952; MENDONÇA *et al.*, 2011), além de apresentarem hormônios e anti-hormônios que podem ser úteis à proteção de plantas agrícolas de pragas e controle de vetores causadores de doenças (BOWERS, 1984; HODGSON; KUHR, 1990).

Apesar deste amplo conhecimento, o conjunto de produtos de controle de pragas obtidos diretamente das plantas, isto é, os inseticidas botânicos, estão em uso somente em países desenvolvidos. As plantas representam uma variedade de produtos naturais potencialmente úteis e de fato, muitos laboratórios mundiais têm pesquisado milhares de espécies de plantas superiores, não só em busca de produtos farmacêuticos, mas também para o controle de pragas (CABRAL *et al.*, 2008).

São produtos de metabolismo secundário destas plantas, segundo Coley & Barone (1996), estes metabólitos estão relacionados ao mecanismo de defesa quando associados às plantas (COLEY; BARONE, 1996). RATTAN (2010) cita diversas classes de substâncias químicas com atividades inseticidas e diferentes fontes botânicas, como a nicotina, a azadiractina, o timol, silfínenos, rianodinas, sabadilhas e a piretrina. Destas, vários compostos já tiveram sua eficácia testada e comprovada em *M. domestica* (POHLIT *et al.*, 2011) e diversos inseticidas comerciais

já foram elaborados e têm tido seu uso aumentado ao passar dos anos, como por exemplo, o óleo de Nim, extraído de *Melia azedarach* L. que é considerada uma das plantas com atividade inseticida mais importante (BRUNHEROTTO; VENDRAMIM, 2001). Essas substâncias apresentam uma variada gama de atividades biológicas nesses insetos assim como atividade sinérgica (HODGSON; KUHR, 1990) como a azadiractina que apresenta efeitos endócrinos, tóxicos (MORDUE; BLACKWELL, 1993) e inibidores de alimentação (DETHIER, 1982), os rianoides, que causam paralisia imediatamente após a aplicação (FILL; CORONADO, 1988) e as sabadilhas, que matam por perdas das funções nervosas (CLOYD, 2004).

Através de estudos sobre os mecanismos de defesa das plantas, vem se desenvolvendo novos inseticidas que atendam ao requisito de eficácia, segurança e seletividade (VIEGAS JUNIOR, 2003). O piretro, por exemplo, é um dos inseticidas botânicos mais utilizado. O mecanismo de ação das piretrinas são qualitativamente similares ao DDT e muitos inseticidas organoclorados sintéticos, são moderadamente tóxicos para mamíferos (DL_{50} aguda oral em ratos vão de 350 a 500 mg/kg) (ISMAN, 2005).

No ano de 1996 foi avaliado o efeito inseticida de uma lectina, obtida a partir de sementes de *Ricinus communis* (higuereta), sobre moscas domésticas provenientes de San José de las Lajas, Cuba. Os ensaios foram realizados com larvas e adultos. Foi observado aumento da mortalidade em função do aumento do tempo de exposição frente ao extrato, a DL₅₀ após 72 h de exposição foi de 353,4 ppm. Além disso, houve uma diminuição altamente significativa no desenvolvimento pupal na presença do extrato, o que representa sua atividade inseticida (ÁLVAREZ *et al.*, 1996).

Ferreira (2009) investigou a bioatividade de extratos de *Rheedia xanthochymus*, *Garcinia longifolia*, *Plumbago scandens*, *Hovenia dulcis*, *Euphorbia tirucalli* L., *Nerium oleander* e *Malpighia glaba* em ovos de *Anocentor nitens* (Neumann, 1897). Esta espécie é um ectoparasita, o hospedeiro principal são os equinos. As fêmeas grávidas de *A. nitens* foram coletadas de cavalos (*Equus caballus* Linnaeus, 1758). Os resultados de *A. nitens* mostraram que *M. glaba* foi mais efetiva na atividade ovicida. *H. dulcis*, *E. tirucalli* L., *R. xanthochymus*, *G. longifolia*, *P. scandens* geraram ovos inviáveis de *A. nitens* em 98,9, 98,4, 97,4, 96,0 e 93,2 %, respectivamente. O extrato de *Nerium oleander* apresentou o menor efeito ovicida 84,9 % (FERREIRA, 2009).

Dois tipos de inseticidas botânicos podem ser obtidos a partir de sementes da árvore de *Margosa india* a *Azadirachta indica* (Meliaceae). O azeite de Nim, obtido por prensagem de sementes, são eficazes contra insetos e ácaros de corpo macio, mas também são úteis no controle de fitopatógenos. Além dos efeitos físicos do azeite de Nim sobre pragas e fungos, provavelmente contribuem a bioatividade que se refere a resina oleosa extraída das flores secas de piretro margarita, *Tanacetum cinerariaefolium* (Asteraceae) (SCHMUTTERER, 2002). Os extratos de sementes de *Melia azedarach* e sua atividade contra *M. domestica*, foram avaliadas em 2008, onde os bioensaios mostraram inibição no desenvolvimento pós-embrionário da mosca e aumento significativo no período larva-adulto. Além disso, o peso da pupa foi reduzido e a proporção de sexos alterados (CABRAL *et al.*, 2008).

Leyva *et al.* (2008) utilizaram óleos essenciais das espécies botânicas *Eugenia melanadenia* (Myrtales: Myrtaceae); *Psidium rotundatum* Griseb (Myrtales: Myrtaceae) e *Piper aduncum* (Piperales: Piperaceae) na determinação de potencial atividade inseticida. Foram preparadas várias concentrações de cada óleo para avaliar a mortalidade, entre 10 e 100 %, aplicando 1 µL no tórax, para *E. melanadenia* foi obtido valores de DL⁵⁰= 0,21 % e

DL₉₅= 1,33 % e regressão linear $y = 4,82 + 2,05x$. Os valores das doses letais (DL₅₀ e DL₉₅) para o óleo de *P. rotundatum* corresponderam a 0,18 e 2,4 % respectivamente e o óleo de *P. aduncum* mostrou DL₅₀= 0,04 % e DL₉₅= 0,33 %, respectivamente (LEYVA *et al.*, 2008).

Fattah *et al.* (2009) revelaram que os óleos voláteis botânicos utilizados (pilar de oro, *Cupressus macrocarpa* e *Alpinia galanga officinarum*), têm efeitos morfogênicos contra as etapas de desenvolvimento de *Synthesiomyia nudiseta* (ABDEL; KHALAF; KHATER, 2009). Estes incluem estados deformes intermediários de pupa-adulto, adultos deformados com asas enrugadas e/ou deformidade torácica e abdominal. Alguns adultos não emergiram e se mantiveram na pupa. Os efeitos histológicos induzidos pelo tratamento com óleos na parede do corpo foram degeneração e desprendimento da hipoderme. Os efeitos histopatológicos que apareceram no intestino médio foram contração em algumas células e inflamação de outras células epiteliais (FATTAH *et al.*, 2009).

Khater & Khater (2009) avaliaram o efeito inseticida de feno-grego (*Trigonella foenum graecum*), aipo (*Apium graveolens*), rabanete (*Raphanus sativus*) e mostarda (*Brassica compestris*) nos 3 estágios larvais de *L. sericata*, pela primeira vez, através de ensaios de

ingestão. Os valores da DL₅₀ foram de 2,81; 4,60; 6,93 e 7,92 % para o feno-grego, o aipo, o rabanete e a mostarda, respectivamente. A taxa de pupas diminuiu fortemente após tratamento com 16 % feno-grego e aipo. A emergência de adultos foi suprimida depois do tratamento das larvas com 8% de mostarda, 12% de rabanete, e 16% de feno-grego e aipo. Os resultados sugerem que os óleos representam novos e seguros potenciais inseticidas para o controle de *L. sericata* (KHATER; KHATER, 2009).

Urzúa *et al.* (2010) analisaram por cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massas (GC/EM) a composição dos óleos essenciais, procedentes da destilação aquosa das folhas frescas de *Haplopappus foliosus* e *Bahia ambrosoides*. A atividade inseticida de cada óleo foi avaliada contra *M. domestica*, sendo o óleo essencial de *H. foliosus* inseticida mais potente, o qual é promissor como inseticida natural contra as moscas domésticas (URZÚA *et al.*, 2010).

Nas investigações realizadas por (MENDONÇA *et al.*, 2011) a atividade do látex liofilizado de *Parahancornia amapa* (Huber) Ducke (Apocynaceae) no desenvolvimento pós-embrionário de *C. megacephala* (F) relataram que larvas tratadas com 1,0% de látex apresentaram um período mais curto de desenvolvimento pós-embrionário, no entanto, larvas tratadas com 3,0% de látex

induziu um aumento deste período. A viabilidade (53%) foi também muito baixa para o período de neolarva a adulto quando tratadas com 3,0% de látex, o que indica que este látex de *P. amapa* em altas concentrações poderia afetar o desenvolvimento de *C. megacephala*.

Remón-Rodríguez *et al.* (2012) realizaram uma triagem fitoquímica e determinaram a atividade antibacteriana dos extratos secos da tintura a 20% das folhas e cascas do caule de *Mammea americana* L. Foram coletadas folhas e cascas do caule da planta objeto de estudo, que foram lavadas, desinfectadas, secas e pulverizadas. Após foi elaborado as tinturas a 20% pelo método de maceração. Foi comprovada a existência de uma alta diversidade de metabólitos secundários, com predomínio de alcaloides, cumarinas, fenóis ou taninos, quinonas e flavonoides. Os extratos secos mostraram atividade antibacteriana *in vitro* frente à cepa de *Staphylococcus aureus* (ATCC).

A espécie *Pouteria mammosa* “El Zapote”

A espécie *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist pertencente à família das sapotáceas tem sido denominada comumente com os termos “Zapote ou Mamey” estes nomes comuns possuem origem na palavra azteca “tzapotl” (SILVA; SIMEONI; SILVEIRA, 2009).

Mesmo assim existem outras combinações de nomes atribuídos: zapote, zapote mamey, mamey, mamey colorado, mamey de tierra, mamey sapote, mamey zapote, sapota, sapote, sapote colorado, sapote de montaña.

A árvore pode chegar até 30 metros de altura, com sementes robustas, pubescentes o aveludadas. Possui folhas cartáceas, compridas e grossas nas extremidades, ovaladas ou elípticas, com nervuras fortes de 13 a 25 cm de comprimento, pubescentes no lado ventral, e o ápice agudo, abruptamente acuminado, obtuso ou redondo, a base cuneada; os pecíolos de 2 a 4 cm de largo com frequência pubescentes.

As flores são pequenas, densamente acumuladas nos galhos. Sépala ao redor de 10, densamente imbricadas em 3 a 4 séries; redondas, sedosas de aproximadamente 3 mm de comprimento. Corola 5-partida de 10 mm de comprimento. Estames 5, com frequência anteríferos, opostos aos lóbulos da corola, os filamentos pontiagudos, as anteras cordadas. Ovário 5-locular, disco aveludado; estilo cônico. O fruto é uma grande monosperma, rugosa, como de 5 cm de comprimento (ROIG, 2012) (figura 1).

Figura 1. Imagens do Zapote (*Pouteria mammosa*). A: Folhas e frutos na árvore. B: Medição do fruto e mostra da forma interior que deixa ver a semente a e polpa.



Fontes: Descritas na imagem

A espécie *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist possui várias sinonímias taxonômicas mostradas na “*Tervuren Xylarium Wood Database*” 2015 e que se listam a continuação: *Achradelpha mammosa* (L.) O.F. Cook, *Achras mammosa* L., *Achras zapota major* Jacq., *Bassia jussiaei* Tussac, *Calocarpum huastecanum* Gilly, *Calocarpum mammosum* (L.) Pierre, *Calocarpum mammosum* var. *bonplandii* (Kunth) Pierre, *Calocarpum mammosum* var. *candollei* (Pierre) Pierre, *Calocarpum mammosum* var. *ovoideum* (Pierre) Pierre, *Calocarpum sapota* (Jacq.) Merr., *Calospermum mammosum* var. *bonplandii* (Kunth) Pierre., *Calospermum mammosum* var. *candollei* Pierre, *Calospermum mammosum* var. *ovoidea* Pierre., *Lucuma bonplandii* Kunth, *Lucuma mammosa* (L.) C.F. Gaertn.,

Sapota mammosa Mill., *Sideroxylon sapota* Jacq., *Sideroxylum sapota* Jacq., *Itellaria mammosa* (L.) Radlk. y *Calospermum parvum* Pierre. A classificação científica se resume no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação taxonômica do Zapote.

Nome Científico	<i>Pouteria mammosa</i> (L.) Cronquist
Reino	<u>Plantae</u>
Sub-reino	<u>Tracheobionta</u>
Divisão	<u>Magnoliophyta</u>
Classe	<u>Magnoliopsida</u>
Subclasse	<u>Dilleniidae</u>
Ordem	<u>Ericales</u>
Família	<u>Sapotaceae</u>
Subfamília	<u>Chrysophylloideae</u>
Gênero	<i>Pouteria</i>
Espécie	<i>Pouteria mammosa</i>

Este fruto americano e muito difundido desde a época pré-hispânica. A polpa (carne) do zapote é succulenta e tem uma cor rosa exaltado com o doce sabor que satisfaz à maioria dos gostos. As análises químicas mostram que por 100 g da polpa de zapote se obtém 65,6% de água, 1,7 g de proteínas, 0,4 g de lipídeos, 31,1 g de carboidratos, 2 g de fibras, 1,2 g de cinzas, 40 mg de cálcio, 28 mg de fósforo, 1 mg de ferro, 115 mg de vitamina A, 0,01 mg de tiamina, 0,02 mg de riboflavina, 2 mg de niacina e 22 mg de ácido ascórbico (URZÚA *et al.*, 2010).

O frescor natural se adapta aos climas quentes e contém vitaminas A e C, as quais são úteis para combater doenças respiratórias e manter numa boa condição o sentido da visão e a pele (FERREIRA, 2009). Os frutos desta planta têm sido usados tradicionalmente com fins medicinais contra erupção cutânea, a febre, a inflamação, úlcera, náuseas, vômitos e diabetes (SILVA; SIMEONI; SILVEIRA, 2009). O látex tem sido utilizado para destruir verrugas, entretanto o extrato obtido de sementes se usou como cataplasma emoliente para doenças dolorosas da pele (GROSOURDY, 1864). Além disso, a infusão da semente foi usada em Cuba e Costa Rica para tratar as doenças do peito como tosse e bronquites (STANLEY, 1923).

Outras sapotáceas e a atividade inseticida

Muitas espécies da família das Sapotáceas têm sido usadas por diferentes populações como medicina tradicional para o controle de patógenos, é o caso do efeito do Dubard frente à gonorreia e sífilis (CHHABRA; MAHUNNAH; MSHIU, 1993). Também foram descritas diferentes atividades biológicas da *Pouteria venosa* (Mart.), incluída a atividade inseticida. Os quatros triterpenos isolados de Baehni, (taraxerol, ácido ursólico, ácido $3\beta,19\alpha,23$ -trihidroxiurs-12-en-28-oico e ácido $2\alpha,3\alpha,19\alpha,23$ -tetrahidroxiurs-12-en-28-oico) e o fitosteroide (espinasterol), mostraram atividade

larvicida no 4^{to} instar do *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), atividade antimalárica contra a cepa NK-65 de *Plasmodium berghei*; antirradical (DPPH) e anticolinesterásica (MONTENEGRO *et al.*, 2006). Os extratos da madeira e o córtex de *Pouteria guianensis* Aubl. possuem compostos químicos com propriedades repelentes frente a *Nasutitermes* sp. (BARBOSA; NASCIMENTO; MORAIS, 2007). A Pouterina, uma proteína isolada de sementes de *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. resultou ser tóxica para as larvas do inseto *Callosobruchus maculatus* Fabricius 1775 (Coleoptera) quando se incorporou de maneira artificial na sua dieta (concentração final 0,12%, w/w), causando 50% de mortalidade (BOLETI *et al.*, 2007). Segundo Boleti; Kubo; Macedo (2009), esta proteína também mostrou efeito inseticida frente às larvas de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) (BOLETI; KUBO; MACEDO, 2009). Carriço *et al.* (2014) mostraram o efeito inseticida do extrato aquoso de folhas de *Pouteria sapota* (sinonímia dada a *P. mammosa*) na espécie *Chrysomya putoria*, a partir das evidências de que a aplicação tópica deste extrato bruto possui a capacidade de reduzir as percentagens de viabilidade no estágio larval e do período de neolarva a adulto.

Sendo assim, o objetivo deste estudo resultou em avaliar a segurança dos extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25%, de

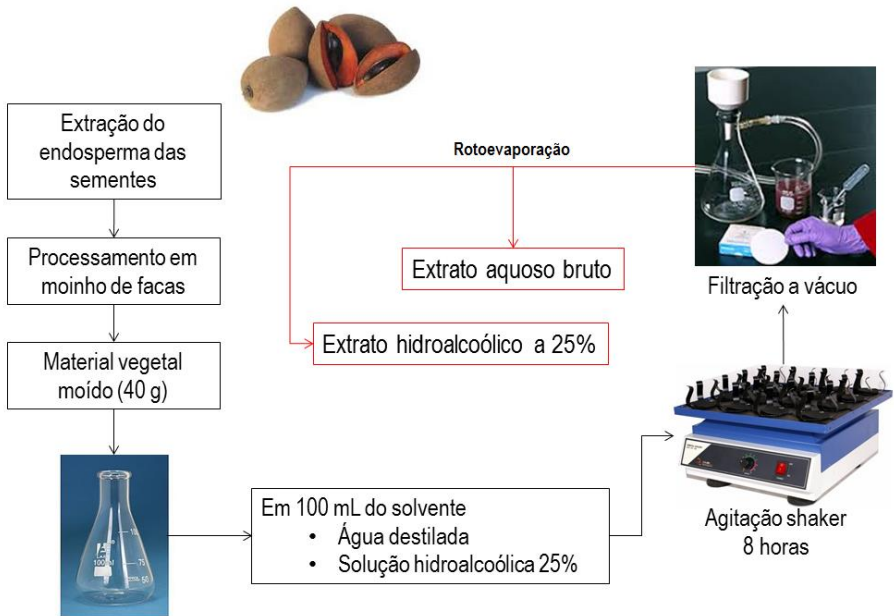
sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist mediante a previa determinação dos parâmetros de controle de qualidade, da composição química, verificação de possíveis efeitos indesejáveis do contato e ingestão através da realização dos testes de: Toxicidade *in vitro* em células cardíacas, Toxicidade Aguda Oral pelo Método das Classes (CTA), Irritabilidade Dérmica, Toxicidade Dérmica Aguda e Irritabilidade Oftálmica que garantam a circulação segura no meio ambiente de produtos etnobotânicos resultantes desta espécie.

Processamento do material biológico

Os frutos de *P. mammosa* foram coletados no povoado “El Caney” de Santiago de Cuba, Cuba. As folhas e sementes foram identificadas por taxonomistas especializados do “*Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO)*” do Museu de História Natural “Tomás Romay” da Cidade de Santiago de Cuba. Este material seco também foi depositado no herbário desta instituição sob o número de registro Hac 468. O endocarpo de sementes de *P. mammosa* foi removido e o endosperma pulverizado. Os extratos, aquoso e hidroalcoólico (25%) foram preparados por maceração numa proporção de 40 g em 100 mL de água destilada ou etanol 25% com agitação em “*shaker*” durante oito horas,

posteriormente foram filtrados e concentrados até 50 mL em rotoevaporador (figura 2).

Figura 2 – Diagrama de fluxo para obtenção dos extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25% de *Pouteria mammosa*.



Fonte: Acervo autores.

Foram realizados os controles de qualidades físico e físico-química dos extratos segundo a “Norma Ramal de Salud Pública 312 - (NRSP:312) (1991). *Extractos fluidos y tinturas. Métodos de*

Ensayos".⁴⁴ (Determinação do pH, a densidade e o valor dos sólidos totais) e finalmente foram estocados a 4 °C em frascos de cor âmbar.

O controle da qualidade químico qualitativa foi feito para determinar a presença de alcaloides, triterpenos e/ou esteroides, quinonas, cumarinas, lipídeos e/ou óleos essenciais, mucos, saponinas, fenóis e/ou taninos, aminoácidos, açúcares redutores glicosídeos cardiotônicos, glicosídeos cianogênicos e resinas (DOMÍNGUEZ, 1979).

Manuseio de animais de laboratório e considerações éticas envolvidas

Todos os animais incluídos no estudo receberam água e comida "*ad libitum*" durante todo o período de vida. Foram mantidos em condições ambientais favoráveis com temperatura de 25 °C, umidade relativa variando entre 40 e 70% e fotoperíodo de 12 horas claro/escuro. Os experimentos foram conduzidos seguindo as diretrizes internacionais estabelecidas para o manuseio de animais de laboratório baseadas nos princípios de redução do número de animais e refinamento no trato do mesmo. A execução

⁴⁴ Norma Ramal de Saúde Pública 312 - (NRSP: 312) (1991). Extratos fluidos e tinturas. Métodos de ensaios.

dos estudos foi aprovada pelo Comitê de Ética da “*Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente – Cuba*”⁴⁵ para serem realizados no “*Centro de Toxicología y Biomedicina (TOXIMED) – Cuba*”⁴⁶ centro de pesquisa credenciado para tais fins.

Para o teste de Toxicidade Aguda Oral foram utilizados seis ratos fêmeas *Sprague Dawley* (que nunca tiveram contato sexual) com idade entre cinco e seis semanas de vida e com massa corporal entre 170 e 206 gramas. No caso do teste de Toxicidade Dérmica Aguda foram utilizados dez ratos (cinco fêmeas e cinco machos) com mesma idade, também *Sprague Dawley* com massa corporal entre 200 e 300 g, fornecidos em todos os casos pelo “*Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB) – Cuba*” com Certificado de Saúde N°. 08001414.

Para os testes de Irritabilidade Dérmica e Irritabilidade Oftálmica usaram-se três coelhos fêmeas da linha Nova Zelândia em cada caso, com idade de 11 a 12 semanas e massa corporal de 2 a 3 Kg. Estas foram fornecidas sob o Certificado de Saúde N°. 0314 pelo “*Centro para la Reproducción de Conejos de El Modelo en Santiago de Cuba – Cuba*”⁴⁷

⁴⁵ Faculdade de Ciências Naturais da Universidade de Oriente – Cuba.

⁴⁶ Centro de Toxicologia e Biomedicina (TOXIMED) – Cuba.

⁴⁷ Centro para a Reprodução de Coelhos de “*El Modelo*” em Santiago de Cuba – Cuba.

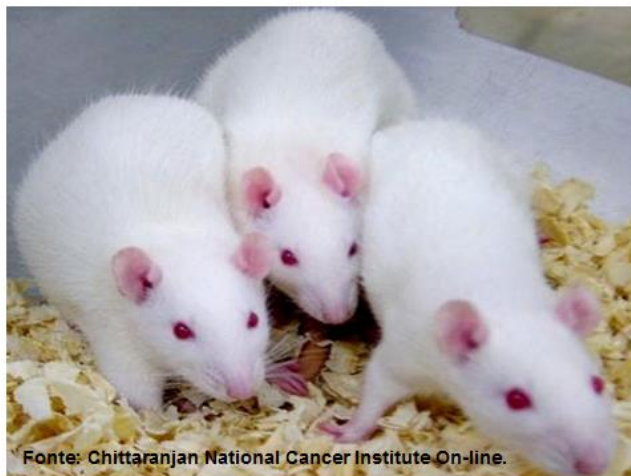
Este permite a estimação da DL_{50} com um intervalo de confiança e a classificação da substância de ensaio de acordo ao Sistema Globalmente Harmonizado donde se estabelecem as faixas das substâncias em classes tóxicas desde: Não Classificada, Perigosa, Tóxica, Muito Tóxica e Altamente Tóxica (quadro 2).

Quadro 2 - Classificação toxicológica das substâncias segundo a Diretriz 423 da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento (OECD/OCDE 423, 2012).

Faixa da DL_{50} (mg/Kg)	CTA	Classificação
$DL_{50} > 2000$ mg/Kg de peso	CTA 5	Não Classificada
$300 < DL_{50} \leq 2000$ mg/Kg de peso	CTA 4	Perigosa
$50 < DL_{50} \leq 300$ mg/Kg de peso	CTA 3	Tóxica
$5 < DL_{50} \leq 50$ mg/Kg de peso	CTA 2	Muito Tóxica
$DL_{50} < 5$ mg/Kg de peso	CTA 1	Altamente Tóxica

Os animais foram selecionados aleatoriamente e colocados em dois grupos de três ratos por caixa (figura 4), um grupo controle e um grupo experimental tratado com o extrato correspondente a cada caso. Foi retirado o alimento a todos os animais 12 horas antes de iniciar o estudo e se determinou a massa corporal momentos antes numa balança *Sartorius* de origem alemã.

Figura 4 - Ratos *Sprague Dawley*.



Fonte: Detalhada na imagem.

Ao grupo experimental lhe foi administrada uma dose de 300 mg/Kg com ajuda de uma Sonda gástrica N° 10 Vygón de origem francesa. As observações clínicas dos animais realizaram-se de 2 a 4 vezes por dia, prestando atenção ao: comportamento, estado físico geral, as mucosas nasais, mudanças na pele e na pelagem, sinais que mostrassem alterações nos sistemas respiratório, circulatório, nervoso central e autónomo e a atividade somatomotora. Além de possíveis aparecimentos de sinais como tremores, convulsões, diarreia, letargia, salivação, pouco reflexo aos estímulos, sono, fotofobia e coma. Realizou-se ainda a palpação do abdômen.

Após 48 horas de observação clínica sem nenhum sinal evidente de toxicidade se procedeu a administração 2000 mg/Kg a um segundo grupo experimental. No sétimo e décimo quarto dia se determinou novamente a massa corporal dos animais. Ao chegar ao ponto final do estudo, os animais foram sacrificados de forma humanizada por administração de uma superdose do anestésico cetamina por via intraperitoneal. Posteriormente foram estudados macroscopicamente os órgãos internos.

Teste de irritabilidade dérmica

Os animais, coelhos (fêmeas) da linha Nova Zelândia (figura 5) foram raspados ou tricotomizados 24 horas antes da aplicação dos extratos no lombo (dorso) e a ambos os flancos (10% da superfície corporal) tendo cuidado de não ferir a pele. Utilizaram-se animais com pele intacta e saudável. Lavou-se essa área do animal com água estéril e se deixou repousar por um período o de 24 horas. Posteriormente foi aplicado 0,5 mL do extrato de estudo em um dos flancos, numa área de seis cm² aproximadamente.

Os animais foram mantidos expostos à ação dos extratos durante quatro horas, fixados em suporte de PVC, passado este tempo os emplastos foram retirados e a zona de aplicação foi lavada com água estéril. As leituras foram realizadas a 1, 24, 48 e 72 horas após

Figura 5 - Coelhos da linha Nova Zelândia.



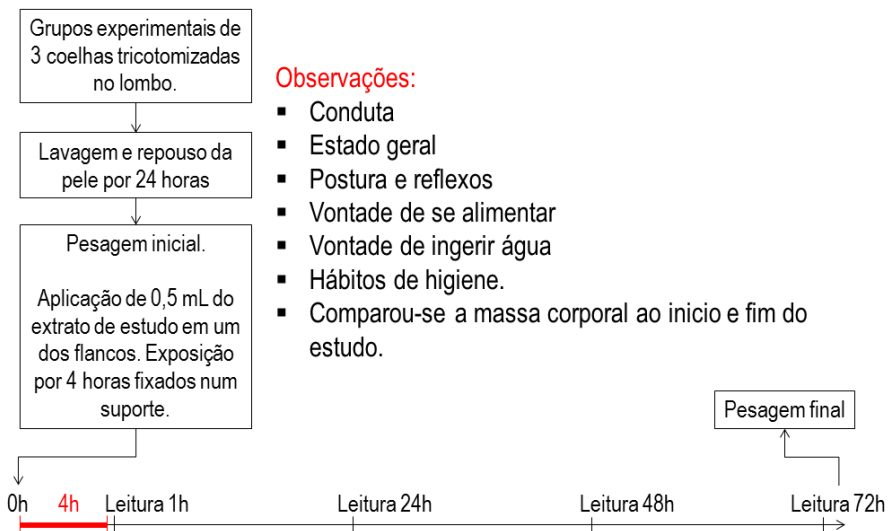
Fonte: Detalhada na imagem.

a retirada dos emplastos. Avaliou-se o comportamento, a conduta, o estado geral, a postura e reflexos, atitude relacionada com a vontade de se alimentar, ingerir água e os hábitos de higiene. Registrou-se e comparou-se a massa corporal ao início e fim do estudo (figura 6).

Realizou-se a avaliação de edema e eritema seguindo os aspectos relacionados no quadro 3 para calcular o Índice de Irritação Primária (IIP) mediante a seguinte fórmula:

$$IIP = \frac{\text{Valor (eritema + edema)}}{\text{Número de animais x Número de observações}}$$

Figura 6 - Diagrama de fluxo do Teste de Irritabilidade Dérmica realizado aos extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25% de *Pouteria mammosa*.



Fonte: Acervo autores.

A interpretação dos resultados se realizou seguindo a escala proposta por Draize; Woodard; Calvery (1944) (quadro 4) e a Diretriz para a Avaliação de Substâncias Químicas emitida pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, através da Metodologia para Determinação do Grau de Irritação/corrosão Dérmica Aguda (OECD/OCDE 404, 2000).

Quadro 4 - Faixas do Índice de Irritação Primária estabelecidos por Draize *et al.* em 1944 para a classificação do efeito irritante das substâncias na pele.

Faixa do índice de Irritação Primária	Classificação da Irritabilidade
$0 < IIP < 0,4$	Não Irritante
$0,4 \leq IIP < 2,0$	Ligeiramente Irritante
$2,0 \leq IIP < 5,0$	Moderadamente Irritante
$5,0 \leq IIP \leq 8,0$	Severamente Irritante

Teste de toxicidade dérmica aguda

Os ratos *Sprague Dawley* foram raspados ou tricotomizados 24 horas antes da aplicação dos extratos no lombo (dorso) e a ambos os flancos (10% da superfície corporal) tendo cuidado de não ferir a pele. Utilizaram-se animais com pele intacta e saudável. Lavou-se essa área do animal com água estéril e se deixou repousar por um período o de 24 horas. Posteriormente se aplicou uma dose de 2000 mg/Kg de peso do extrato de estudo em um dos flancos.

Os animais foram mantidos expostos à ação dos extratos durante 24 horas, com emplastos fixos contendo o extrato sem ser imobilizados. Passado este tempo se retiraram os emplastos e foi lavada a zona de aplicação com água estéril. As observações clínicas foram realizadas até por volta de 14 dias depois de retirados os emplastos. Avaliou-se ainda o comportamento, a conduta, o estado geral, a postura e reflexos, atitude relacionada

com a vontade de se alimentar, ingerir água e os hábitos de higiene. Registrou-se a massa corporal no início do estudo e se comparou com a dos sete dias e a do fim do estudo como principal indicador de injúria nos estudos com animais.

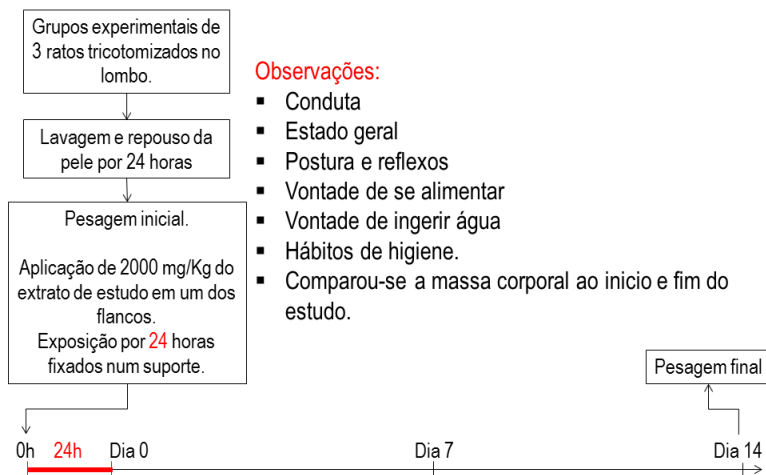
Este estudo complementar ao de Irritabilidade Dérmica refere-se aos efeitos adversos produzidos em um curto período após a aplicação a dose única de uma determinada substância segundo a Diretriz N^o. 402 da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (figura 7).

Teste de irritabilidade oftálmica

Utilizou-se a Diretriz para a Avaliação Substâncias Química emitida pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, seguindo a Metodologia para a Determinação do grau de Irritação/corrosão Oftálmica Aguda (OECD/OCDE 405, 2002) (figura 8).

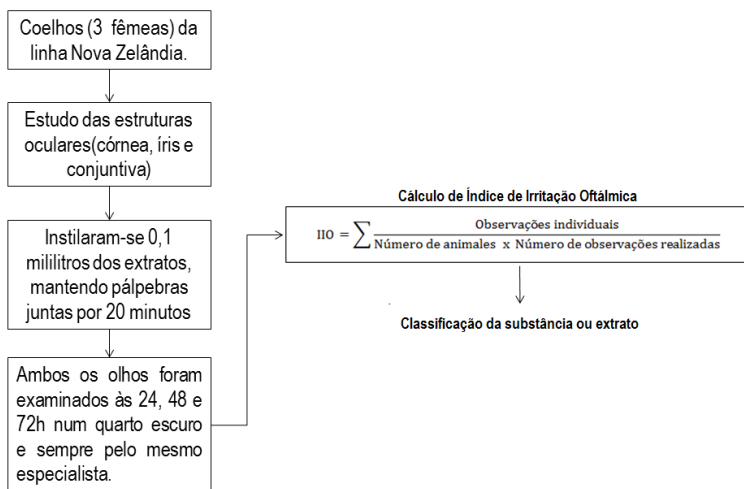
Um total de três coelhos (fêmeas) da linha Nova Zelândia para cada lote de ensaio foram submetidos a um rigoroso estudo das suas estruturas oculares (córnea, íris e conjuntiva), rejeitando qualquer um que tivesse a mínima irritação, defeito ocular ou lesão na córnea.

Figura 7 – Diagrama de fluxo do Teste de Toxicidade Dérmica Aguda realizado aos extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25% de *Pouteria mammosa*.



Fonte: Acervo autores.

Figura 8 – Diagrama de fluxo do Teste de Irritabilidade Oftálmica realizado aos extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25% de *Pouteria mammosa*.



Fonte: Acervo autores.

Instilaram-se 0,1 mililitros dos extratos em cada caso no fundo do saco conjuntival direito, depois de projetada ligeiramente a pálpebra inferior para fora do olho do animal. Mantiveram-se as pálpebras juntas durante 20 minutos após a instilação. Foram examinados ambos os olhos de cada animal às 24, 48 e 72 horas, sempre pelo mesmo especialista. O dano da córnea determinou-se em um quarto escuro com o uso de uma solução de fluoresceína sódica a 2% para aumentar o contraste, irrigou-se logo com solução salina para eliminar restos de extrato e fluoresceína e foi utilizada uma lâmpada de luz ultravioleta para auxiliar na observação. Realizaram-se e registraram observações até 5 dias após aplicação para avaliar reversibilidade dos efeitos e se determinou mais uma vez a massa corporal no final do estudo para comparar variações neste parâmetro. Realizou-se o somatório de todas as áreas orbitais afetadas (córnea, íris e conjuntiva) e se dividiu pelo múltiplo do número dos animais e as observações realizadas (DRAIZE; WOODARD; CALVERY, 1944) para determinar o Índice de Irritação Ocular (IIO).

$$IIO = \frac{\sum \text{Observações individuais}}{\text{Número de animais} \times \text{Número de observações realizadas}}$$

O valor obtido se comparou com as faixas estabelecidas no quadro 5 para dar os resultados de aprovação ou rejeição, sob o critério do Anteprojeto do Método Cubano (GARCÍA-SIMÓN *et al.*, 1988) para a avaliação. Os índices instituídos como limites de aprovação do IIO vão de 0 até 19 e de rejeição valores do IIO desde 20 até 110.

Quadro 5 – Faixas do Índice de Irritação Ocular estabelecidos pelos critérios do Anteprojeto do Método Cubano para classificação da irritabilidade oftálmica.

Faixas do Índice de Irritação Ocular	Classificação da Irritabilidade
$0 < \text{IIO} < 10$	Não Irritante
$10 \leq \text{IIO} < 20$	Ligeiramente Irritante
$20 \leq \text{IIO} < 30$	Moderadamente Irritante
$30 \leq \text{IIO} \leq 110$	Severamente Irritante

Obtenção, registro e análise estatística dos dados

Os dados para cada ensaio foram coletados em planilhas específicas e posteriormente digitalizados no programa Microsoft Excel onde se construíram gráficos e tabelas. Para o processamento da variável massa corporal (0 dias, 7 dias e 14 dias) se utilizou o pacote estatístico Statgraph versão 5.1. Foi realizada uma prova estatística através do Contraste Múltiplo de Faixas com o Teste de Comparação Múltipla de Médias de Tukey das

Mínimas Diferenças Significativas (LSD) a 95% de nível de confiança.

Controle de qualidade física, físico-química e químico-qualitativa dos extratos aquoso e hidroalcoólico 25% de sementes de *Pouteria mammosa*

Muito raramente uma planta inteira possui valor medicinal ou alguma outra aplicabilidade; normalmente os compostos úteis se concentram em alguma das suas partes: folhas, sementes, flores, córtex, frutos e raízes. O uso das plantas e dos produtos derivados destas deve estar acompanhado do máximo cuidado, para garantir o sucesso do tratamento ou aplicação. Contrariamente à crença geral, os melhores resultados nem sempre são obtidos com o uso das plantas frescas ou com preparações caseiras. Fazer extratos de plantas permite obter maior quantidade de princípios ativos.

Os produtos fitoterapêuticos possuem uma composição química variável e, por conseguinte são definidos pelo processo de extração. Sendo assim, dois fatores são de importância fundamental: a qualidade da matéria prima utilizada e a opção para selecionar o solvente para a extração. As plantas medicinais apresentam, normalmente, mais de uma substância ativa e

diversas substâncias inativas que influem na ação dos componentes ativos.

Para satisfazer as exigências em manter constante a atividade da substância, a proporção entre os componentes deve também ser mantida, e é por isso que resulta de grande importância avaliar a qualidade dos extratos. Os casos específicos dos extratos aquoso e hidroalcoólico a 25% obtidos a partir de sementes de *P. mammosa* podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros do controle de qualidade física e físico-química do extrato aquoso bruto e do extrato hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist. (Zapote).

Parâmetros físicos e físico-químicos	Extrato aquoso bruto de <i>P. mammosa</i>	Extrato hidroalcoólico a 25% de <i>P. mammosa</i>
Aroma	Amêndoas amargas	Amêndoas amargas
Características organolépticas	Coloração	Branco
	Transparência	Turvo
	Homogeneidade	Sim
Potencial hidrogeniônico - pH	~6,0	~6,0
Densidade relativa (g/cm ³)	1,013	1,024
Sólidos totais (mg/mL)	134,00	106,40

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Ao realizar o estudo fitoquímico (químico-qualitativo) dos dois extratos determinou-se que ambos, aquoso e hidroalcoólico 25%

evidenciam em intensidades similares: cumarinas, saponinas, fenóis e taninos o que sugere que possuem quantidades similares destes metabolitos. Maiores quantidades de flavonoides e glicosídeos cianogênicos estiveram presentes no extrato aquoso que no extrato hidroalcoólico 25% a partir das evidências visuais. Nenhum extrato mostrou evidências da presença de resinas, glicosídeos cardiotônicos nem mucilagens (tabela 2).

Tabela 2 – Triagem fitoquímica (químico-qualitativa) dos extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist. (Zapote).

METABÓLITOS	TESTES	RESULTADOS	
		Aquoso	Hidroalcoólico 25%
Alcaloides	Dragendorff	-	++
	Mayer	-	+++
	Wagner	-	-
Triterpenos e/ou esteroides	Lieberman-Burchard	-	-
	Solkowski	-	+
Quinonas	Borntrager	-	++
	Variante ácido sulfúrico	-	-
Cumarinas	Baljet	+++	++
	Legal	+	-
	Sudão	+++	-

Lipídeos e/ou Azeites essenciais	Ensaio para óleos essenciais com papel branco sem reagente	+++	+
	Ensaio para óleos fixos	+++	+
Mucilagens	Prova para mucilagens	-	-
Saponinas	Prova de espuma	+	+
Fenóis e/ou Taninos	Prova de Cloreto Férrico	++	+
Aminoácidos	Ninhidrina	+++	-
Açúcares redutores	Fehling	+++	-
	Benedict	+++	+
Glicosídeos cardiotônicos	Kedde	-	-
	Ácido sulfúrico concentrado	+	+
Flavonoides	Shinoda	+	+
	Prova Alcalina (Álcali)	+++	+
	Rosemheim	+++	+
Glicosídeos cianogênicos	Guignard	+++	+
Resinas	Prova de Resinas	-	-

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Os metabólitos que marcaram as maiores diferenças entre os dois extratos foram os lipídeos e/ou óleos essenciais, aminoácidos e açúcares redutores que só estavam presentes no extrato aquoso.

Alcaloides, quinonas, triterpenos e esteroides foram encontrados unicamente no extrato hidroalcoólico a 25% de *P. mammosa*.

Segurança da aplicabilidade dos extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa*

O hábito e a prática acumulados na utilização do “Zapote” ou “Mamey colorado” desde séculos anteriores como alimento e como remédio etnobotânico, são indícios de uma baixa ou nula toxicidade do fruto e dos extratos preparados a partir de sementes desta planta da família Sapotaceae (ROIG, 2012). No entanto, para amparar cientificamente a aplicação e aplicabilidade de qualquer produto, metabólito ou princípio ativo torna-se indispensável realizar testes que demonstrem sua segurança (OECD/OCDE 423, 2012). É por isso que a seguir se apresentam os resultados dos efeitos provocados pelos extratos obtidos a partir de sementes de *P. mammosa* ao interagir in vitro com células cardíacas, ao serem administrados por via oral, bem como ao serem colocados em contato com a pele e os olhos.

Toxicidade aguda oral em ratos tratados com os extratos aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa* pelo Método das Classes de Toxicidade (CTA)

Entre os indicadores importantes para a determinação da toxicidade de qualquer substância estão a determinação das variações da massa corporal e a avaliação das manifestações clínicas, pois permitem conhecer danos associados a lesões em órgãos e sistemas de órgãos, que trazem como resultado alterações nas funções vitais. Além disso, se descreve que toda substância tóxica produz alterações anatômicas e fisiológicas, que se manifestam em modificações no quadro clínico geral, que dependem diretamente da severidade e extensão da lesão, assim como dos sistemas de órgãos envolvidos, duração da exposição, concentração da substância no sangue, idade e saúde prévia geral do animal (HAYES, 1994).

Ao realizar o ensaio foi observado que a dose administrada de *P. mammosa* (2000 mg/Kg) não provocou mudanças nos sinais clínicos dos ratos desde 24 até 72 horas após administração. Depois deste período, um dos animais apresentou pouca resposta aos estímulos e subsequentemente foi ao óbito. Os outros dois ratos foram submetidos a uma estrita observação e rigorosa supervisão clínica durante os 14 dias do estudo. Não apresentaram nenhuma alteração, nem irregularidade nos sinais clínicos.

No caso do extrato hidroalcoólico a 25%, o primeiro nível de dose (300 mg/Kg) não resultou em mudanças significativas referente aos sinais clínicos nos ratos. Dois dias mais tarde (48 horas após a primeira administração) foi administrada a dose superior (2000 mg/Kg) a outros três animais que morreram. Um rato morreu depois das seis horas tendo apresentado cianose, pouca resposta a estímulos e fezes soltas (diarreia) antes da morte. Os outros dois ratos foram ao óbito sete e 12 horas respectivamente depois da administração, mostrando sinais clínicos de hemorragia.

Na necropsia os animais não mostraram alterações macroscópicas dos órgãos, com exceção do rato tratado com dose de 2000 mg/Kg do extrato aquoso de *P. mammosa*, que apresentava o estômago aumentado de tamanho devido a gases. Observou-se além disso exsudado fibrinoso e o ceco distendido, o que pode ser atribuído à existência de glicosídeos cianogênicos contidos neste extrato.

Segundo (ALEMÁN *et al.*, 2000, 1998), assim como Gad; Frith; Goodman (2007), a massa corporal é o indicador mais sensível em um modelo animal como resposta a um efeito adverso. Outros autores como (HAYES, 1989), têm argumentado que variações referentes à massa corporal são resultado da alta sensibilidade deste parâmetro a substâncias químicas com baixa toxicidade. Considera-se que entre os indicadores que fornecem mais

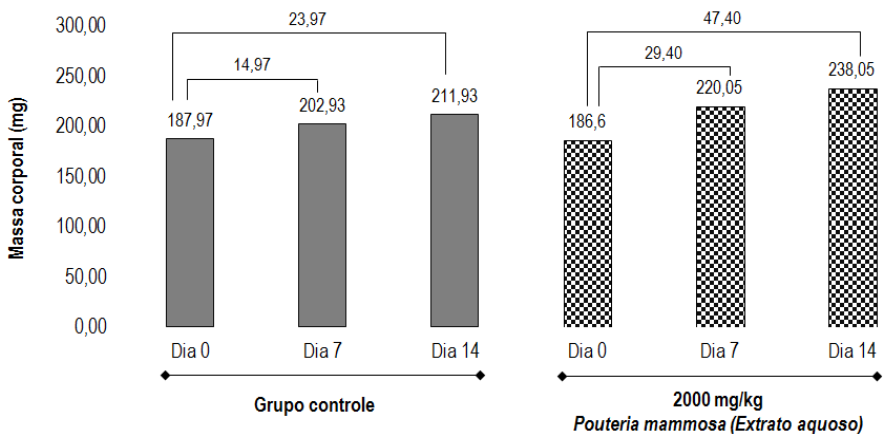
informação nos estudos toxicológicos se encontra a rápida perda de massa corporal (aproximadamente de 15 a 29% num período de cinco a sete dias) (HMA, 1999; OLFERT, 1993).

Observou-se que a massa corporal não foi afetada após a administração dos extratos (figuras 9 e 10), pois mostrou um aumento normal em correspondência com os valores de referência padrões para o uso e tratamento de animais de laboratório, em relação à espécie utilizada (HAYES, 1994; HMA, 1999; OLFERT, 1993). Quando se analisou esta variável no extrato aquoso (figura 9), no caso do grupo tratado com *P. mammosa*, o ganho de massa corporal foi de 47,40 g (21,61%) e um aumento na massa de 23,97 g (representando 11,31%) foi observado no grupo controle. Estes resultados foram corroborados por análise estatística sendo encontradas diferenças significativas ($p < 0,05\%$) no teste não pareado de “t” com a correção de Welch. O grupo tratado com *P. mammosa* a 2000 mg/Kg assimilou a dose máxima de 2000 mg/Kg.

O extrato hidroalcoólico de *P. mammosa* a 25% provou ter um nível superior de toxicidade porque a dose máxima assimilada pelos ratos foi de 300 mg/Kg (figura 10). O grupo controle apresentou um aumento de 27,40 g até o final do estudo que representa um ganho de peso de 12,44% e os animais do grupo tratado tiveram

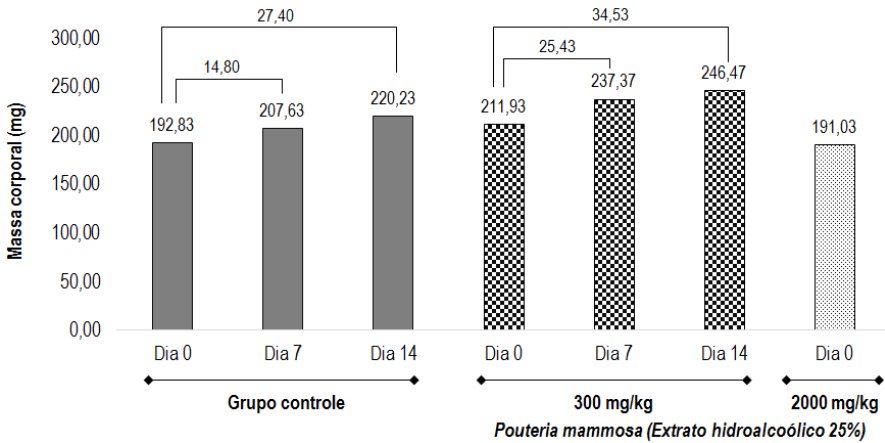
um aumento médio de 34,53 g representando um ganho de peso 14,01%. Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos e o grupo de controle quando realizada a análise estatística. Quando se administrou a dose de 2000 mg/Kg do extrato hidroalcoólico a 25% de *P. mammosa* todos os animais morreram. O ganho de peso foi evidente em todos os animais incluídos no estudo e foi maior no grupo tratado com extratos de *P. mammosa* em ambas as formas, aquoso e hidroalcoólico a 25%.

Figura 9 – Comportamento da massa corporal dos ratos no ensaio de Toxicidade Aguda Oral pelo Método das Classes (CTA) do extrato aquoso bruto de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist (Mamey ou Zapote). Os números sobre as linhas horizontais representam as médias do ganho de massa corporal em miligramas.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Figura 10 – Comportamento da massa corporal dos ratos no ensaio de Toxicidade Aguda Oral pelo Método das Classes (CTA) do extrato hidroalcoólico a 25% bruto de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist (Mamey ou Zapote). Os números sobre as linhas horizontais representam as médias do ganho de massa corporal em miligramas.



Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Este efeito observado para as variações da massa corporal é consistente com os resultados obtidos por Elmnan; Balgees; Mangara (2012); Petit *et al.* (1995); Rao *et al.* (1996); Sharma *et al.* (1996), os quais estudaram os efeitos de sementes de feno-grego (*Trigonella foenum-graecum* L.) sobre o metabolismo de ratos. Eles relataram que as saponinas aumentaram o consumo de alimentos, resultando assim em aumento de ganho de massa nos ratos. No estudo fitoquímico (químico-qualitativo) de *P. mammosa* (tabela 2)

determinou-se que ambos os extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% continham saponinas em intensidades semelhantes, o que poderia justificar o mesmo efeito no presente estudo. Coincidentemente, um resultado análogo foi obtido em organismos invertebrados estudados por (CARRIÇO *et al.*, 2014) quando ao estudarem o efeito de *P. mammosa* (publicado com a sinonímia *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore e Stearn) nos imaturos de *C. putoria*, os autores perceberam que os grupos tratados com o extrato aquoso de folhas resultaram em um aumento no peso corporal das larvas deste díptero.

O grupo tratado com extrato hidroalcoólico a 25% de *P. mammosa* mostrou a mesma evidência para os três ratos mortos na dose utilizada de 2000 mg/Kg: estômago dilatado com paredes sangrentas e cianóticas, intestino edematoso e hemorrágico. Esses resultados poderiam ser esperados considerando a abundância de alcaloides observada na composição química deste extrato hidroalcoólico mostrado no controle químico qualitativo (tabela 2). Algumas substâncias alcaloides de plantas podem atuar sobre os receptores colinérgicos em algumas junções neuroefetoras (atuando como agente colinomimético) e estimular significativamente os plexos mesentérico e entérico interno do trato gastrointestinal digestório. Eles também podem induzir

secreções traqueobrônquicas e estimular a musculatura lisa brônquica, resultando em intensa broncoconstrição e redução da capacidade vital (BRUNTON; CHABNER; KNOLLMANN, 2011).

Considerando todas as evidências obtidas neste ensaio o extrato aquoso bruto de *P. mammosa* foi categorizado como **Não Classificado (CTA 5)**, segundo estabelecido pela Diretriz 423 da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). No entanto, devido à ocorrência da morte de um animal e a manifestação de vários sinais clínicos, sugere-se a avaliação da toxicidade subcrônica por dose repetida durante 28 dias. O extrato hidroalcoólico a 25% na dose de 2000 mg/Kg apresentou sinais clínicos de toxicidade e morte de todos os animais e lesões graves nos órgãos e sistemas de órgãos. O extrato foi classificado como: **Perigoso (CTA 4)**, com uma DL₅₀ na faixa de entre 300 e 2000 mg/Kg.

Potencial irritante do contato com a pele de ratos tratados com os extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa*

Ao avaliar o efeito dos extratos aquoso e hidroalcoólico a 25% sobre a pele mediante o teste de Irritabilidade Dérmica, evidenciou-se que os coelhos não apresentaram sinais de irritação

ou edema. A pele estava intacta quando os emplastos foram removidos e se manteve assim durante as 72 horas posteriores do estudo. O Índice de Irritação Cutânea de ambos os extratos aquoso e hidroalcoólico 25% de sementes de *P. mammosa* foi igual a "0". O peso corporal dos coelhos, principal parâmetro medido para avaliação de uma injúria ao animal, não foi afetado em nenhum caso depois da aplicação dos extratos (tabela 3). Observou-se um aumento normal de peso corporal, correspondente com os valores de massa corporal estabelecidos para animais de laboratório em relação a esta espécie segundo o HMA, 1999 e OLFERT, 1993.

Nenhum dos extratos induziu sinais clínicos adversos aparentes nos animais quando aplicados na pele, demonstrando que estes extratos de sementes de *P. mammosa* podem ser utilizados sem reações secundárias em órgãos internos. Ambos os extratos foram classificados como potencialmente **Não Irritantes**, de acordo com a Diretriz 404 da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), que avalia a irritação/corrosão dérmica aguda das substâncias. Assim em caso de um futuro uso como inseticida não haverá riscos de danos na pele dos funcionários que estejam aplicando o produto ou alguma outra pessoa que tenha contato. Desta forma as irritações que

possam aparecer não serão atribuídas exclusivamente ao produto e sim a uma hipersensibilidade própria dos indivíduos.

Tabela 3 – Avaliação do comportamento da massa corporal e do aparecimento de eritema e edema em coelhos (fêmeas) da linha Nova Zelândia durante o ensaio de Irritabilidade Dérmica dos extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de Zapote (*Pouteria mammosa* (L.) Cronquist).

Extrato	Animais	Massa Inicial (kg)	Massa final (kg)	Eritema				Edema			
				1h	24h	48h	72h	1h	24h	48h	72h
Aquoso	1	1.910	2.043	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1.900	2.080	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2.120	2.300	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidro alcoólico 25%	1	2.013	2.146	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2.121	2.350	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2.341	2.450	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Potencial tóxico agudo do contato com a pele de ratos tratados com os extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa*

A dose de cada extrato administrada (2000 mg/Kg de massa corporal) a cada grupo experimental específico, não ocasionou mudanças significativas nos sinais clínicos dos ratos durante as

primeiras 24 horas. Uma vez transcorrido este tempo, se procedeu a retirar os emplastros com cuidado de não ferir a pele e se lavou bem a área de aplicação não se observando nenhuma mudança aparente e se manteve intacta. Os animais foram submetidos a uma estrita observação e valoração clínica durante todo o período do ensaio. Uma vez transcorridos os 14 dias, os animais foram enviados ao Laboratório de Anatomia Patológica de TOXIMED, onde se realizou a eutanásia. Posteriormente se procedeu ao estudo macroscópico de todos os órgãos, nos quais não foi encontrada nenhuma alteração.

Nos exames realizados pelo Laboratório de Anatomia Patológica não foi encontrada nenhuma alteração anatomopatológica nos órgãos e sistemas de órgãos nos dois animais quando analisados macroscopicamente os seguintes órgãos: coração, pulmões, rins, fígado, estômago, baço e pele. Também não foi observado nenhum sinal clínico atribuído à administração dos extratos aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *P. mammosa*.

O comportamento da massa corporal nos ratos incluídos no estudo não foi afetado depois da administração de ambos os extratos (tabela 4). Observou-se um incremento estatisticamente significativo entre as variâncias ($p > 0,05\%$) entre os dias 0, 7 e 14 para todos os animais. Este resultado se corresponde com as

Normas de Referência para o uso e cuidado de animais de laboratório em relação à espécie utilizada (ALEMÁN *et al.*, 2000, 1998; OLFERT, 1993).

Como resultado do ensaio de Toxicidade Dérmica Aguda, dos animais tratados com os extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25%, obtidos a partir de sementes de *P. mammosa* que foi realizado segundo a Diretriz N° 402 da Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento (OECD), estes extratos são classificados como **Não Tóxicos** para a pele, após aplicação tópica em dose única nos ratos da linha *Sprague-Dawley*. Este resultado obtido corrobora e reafirma o resultado obtido no teste de Irritabilidade Dérmica, anteriormente apresentado, pelo qual estes extratos podem ser considerados inócuos (não agressivos) topicamente por não serem nem tóxicos, nem irritantes ao contato com a pele.

Efeitos do tratamento por contato com os olhos de ratos dos extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa*

Como resultado da aplicação dos extratos aquoso e hidroalcoólico a 25% de *P. mammosa* no Teste de Irritabilidade Oftálmica,

determinou-se que o índice de Irritação Ocular (IIO) foi de 10,5 no caso do extrato aquoso e ligeiramente superior no extrato

Tabela 4 - Variação da massa corporal individual dos ratos tratados com os extratos, aquoso bruto e hidroalcoólico de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist no ensaio de Toxicidade Dérmica Aguda.

Extrato	Grupo	Animal	Sexo	Dose	Massa corporal (g)			Variação da massa corporal		
					0 dias	7 dias	14 dias	D7-D0	D14-D0	
Aquoso bruto	1	3	F	2000 mg/kg	1	188,5	211,4	218,7	22,8	30,2
					2	202,7	216,0	230,3	13,3	27,6
					3	197,2	212,4	228,8	15,2	31,6
					4	184,8	210,5	221,9	25,7	37,0
					5	193,4	216,6	227,5	23,2	34,1
	2	3	M	2000 mg/kg	1	242,5	264,3	288,0	21,8	45,5
					2	259,3	283,5	291,7	24,2	32,4
					3	259,4	295,9	315,1	36,5	55,7
					4	264,7	288,4	319,7	23,8	55,0
					5	256,7	278,5	311,8	21,8	55,2
Hidroalcoó lico a 25% _{v/v}	1	3	F	2000 mg/kg	1	200,7	210,8	228,7	20,1	38,0
					2	180,8	197,8	210,3	17,0	29,5
					3	174,8	193,2	208,5	18,5	33,8

	4		194,46	210,3	221,7	15,9	27,2
	5		171,5	179,7	191,7	18,2	30,2
	1		248,0	288,5	308,4	30,4	50,4
	2		290,5	330,8	349,5	30,3	59,0
2	3	M	251,4	262,3	275,9	21,0	44,6
	4		301,7	325,1	358,6	35,3	68,8
	5		274,1	304,8	331,6	30,7	57,5

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

hidroalcoólico a 25% (IIO = 15,3). Esta diferença de IIO entre um extrato e outro se justifica pela presença de etanol (substância desidratante) como parte da natureza do extrato hidroalcoólico a 25%. O índice para ambos os casos está dentro dos limites aceitáveis, conforme definido por García-Simon *et al.* 1988. Evidenciou-se assim, que os efeitos sobre os olhos eram reversíveis dentro de 96 horas para aqueles que ocorreram na conjuntiva, 72 horas para aqueles que ocorreram na íris, e 48 horas para aqueles na córnea (tabela 5).

O comportamento na variação da massa corporal nos coelhos não foi afetado após a administração dos extratos para as faixas estabelecidas para os animais de laboratório em relação a esta espécie segundo o HMA, 1999 e OLFERT, 1993, o que quer dizer

que a aplicação dos extratos não gerou distúrbios nos animais que os impedissem de se alimentarem (tabela 6). De forma geral não houve sinais clínicos evidentes ou mudanças no comportamento dos animais associados com a administração dos extratos.

Tabela 5 - Número de danos oftálmicos em coelhos (fêmeas) da linha Nova Zelândia causados pelos extratos, aquoso e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist (Zapote) no Teste de Irritabilidade Oftálmica para determinação do Índice de Irritação Ocular.

Horas	Lesões observadas no grupo tratado com o Extrato Aquoso de sementes de <i>Pouteria mammosa</i>			Lesões observadas no grupo tratado com o Extrato Hidroalcoólico a 25% de sementes de <i>Pouteria mammosa</i>		
	Conjuntiva	Íris	Córnea	Conjuntiva	Íris	Córnea
1	34	20	40	26	20	110
24	18	10	10	24	10	20
48	12	5	0	12	0	0
72	8	0	0	8	0	0
96	0	0	0	0	0	0
Total	72	35	50	70	30	130
Total Geral Observações	157		230			
Índice de Irritab. Ocular	10,5		15,3			

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Ambos os extratos obtidos a partir de sementes de *P. mammosa* causaram danos leves e reversíveis nas estruturas oftálmicas.

Como é comum na maioria das substâncias, com exceção da água, que ao entrarem em contato com os olhos provocaram algum tipo de perturbação considerando, entretanto a reversibilidade dos danos e o valor calculado do Índice de Irritação Oftálmica, que ambos os extratos foram classificados como **Ligeiramente Irritantes**, de acordo com a Diretriz 405 da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), que avalia a irritação/corrosão ocular aguda. Esta classificação permite o uso, manufatura e manipulação do produto.

Tabela 6 - Comportamento da massa corporal dos coelhos (fêmeas) da linha Nova Zelândia entre o início e final do estudo de Irritabilidade Oftálmica dos extratos aquoso bruto e hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa* (L.) Cronquist.

Animais	Extrato aquoso bruto de sementes de <i>P. mammosa</i>		Extrato hidroalcoólico a 25% de <i>P. mammosa</i>	
	Peso Inicial	Peso final	Peso Inicial	Peso final
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
1	1.925	2.345	1.910	2.051
2	1.988	2.480	1.900	2.090
3	2.320	2.610	2.120	2.306

Fonte: Acervo autores, resultados da pesquisa.

Considerando o fato de que o extrato hidroalcoólico a 25% de sementes de *Pouteria mammosa* foi classificado como **Perigoso** no Teste de Toxicidade Aguda pelo Método das Classes

estrategicamente os estudos de aplicabilidade (atividade inseticida) da planta serão feitos exclusivamente com o extrato aquoso bruto.

Considerações finais

Ambos os extratos indicaram classes químicas semelhantes, e como esperado, estes apresentaram diferenças no aparecimento de alguns metabólitos coerentes com os tipos de solventes usados para cada extração. Além disso, se identificaram classes químicas reconhecidas pela atividade inseticida e outras que justificaram vários dos comportamentos toxicológicos observados. Sendo que o extrato hidroalcoólico a 25% de sementes de *P. mammosa* resultou ser o mais adverso, sugerindo que, caso venha a ser desenvolvido algum produto a partir deste, deverá ser indicado na etiqueta que caso seja ingerido, podem vir a apresentar episódios de arritmia cardíaca, transtornos e sangramentos gastrointestinais com possibilidade de óbito dependendo se a dose ingerida supera os 300 mg/Kg de massa corporal. O extrato aquoso bruto evidenciou um limite maior de tolerância para aparecerem alguns destes sintomas, sendo menos provável a morte. E contato de qualquer um dos dois extratos com a pele saudável não gera dano nem risco para outro órgão, entretanto

poderá causar uma irritabilidade oftálmica leve reversível entre as 72 a 96 horas para ambos os extratos se estes fossem colocados em contato com os olhos.

Referências

ABDEL, F.; KHALAF, K.; KHATER, K. Biocidal Activity of two botanical volatile oils against the larvae of *Synthesiomyia nudiseta* (Wulp) (Diptera: Muscidae). **Egypt. Acad. J. biolog. Sci.**, v. 2, n. 1, p. 89–101, 2009.

AKTAR, Md. W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. **Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards**. v. 2, mar. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2984095/>. Acesso em: 2 jan. 2021.

ALEMÁN, C. L.; MÁS, R. M.; RODEIRO, I.; NOA, M.; HERNÁNDEZ, C.; MENÉNDEZ, R.; GÁMEZ, R. Reference database of the main physiological parameters in Sprague-Dawley rats from 6 to 32 months. **Laboratory Animals**, v. 32, n. 4, p. 457–466, out. 1998. <https://doi.org/10.1258/002367798780599802>.

ALEMÁN, C. L.; NOA, M.; MÁS, R.; RODEIRO, I.; MESA, R.; MENENDEZ, R.; GAMEZ, R.; HERNÁNDEZ, C. Reference data for the principal physiological indicators in three species of laboratory animals. **Laboratory animals**, v. 34, p. 379–85, 1 nov. 2000. <https://doi.org/10.1258/002367700780387741>.

ALMEIDA, J.; BATISTA-FILHO, A. Banco de Microrganismos **Entomopatogênicos. Biotecnologia Ciencia & Desenvolvimento, Brasilia**, v. 4, n. 20, p. 30–33, 2001.

ÁLVAREZ, M.; DE LA FUENTE, J.; MENÉNDEZ, J.; ORTIZ, L. Actividad biológica de *Ricinus communis* sobre mosca doméstica (*Musca domestica*). **Revista Cubana de Medicina Tropical**, v. 3, n. 48, 1996.

BARBOSA, A. P.; NASCIMENTO, C. S. do; MORAIS, J. W. de. Estudos de propriedades antitermíticas de extratos brutos de madeira e casca de espécies florestais da Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 213–218, jun. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200006>.

BOLETI, A. P. de A.; FREIRE, M. das G. M.; COELHO, M. B.; SILVA, W. da; BALDASSO, P. A.; GOMES, V. M.; MARANGONI, S.; NOVELLO, J. C.; MACEDO, M. L. R. Insecticidal and antifungal activity of a protein from *Pouteria torta* seeds with lectin-like properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 7, p. 2653–2658, 4 abr. 2007. <https://doi.org/10.1021/jf0636317>.

BOLETI, A. P. de A.; KUBO, C. E. G.; MACEDO, M. L. R. Effect of pouterin, a protein from *Pouteria torta* (Sapotaceae) seeds, on the development of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 29, n. 1, p. 24–30, mar. 2009. <https://doi.org/10.1017/S1742758409299590>.

BOWERS, W. Insect-plant interaction: endocrine defenses. *Origins and Development of Adaptation*. n. 102, p. 119–131, 1984.

BRECHELT, A. **O Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. Brasil: Santa Cruz: Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor, 2004.

BRINDLEY, W. A.; SELIM, A. A. Synergism and Antagonism in the Analysis of Insecticide Resistance. **Environmental Entomology**, v. 13, n. 2, p. 348–354, 1 abr. 1984. <https://doi.org/10.1093/ee/13.2.348>.

BRUNHEROTTO, R.; VENDRAMIM, J. D. Bioactivity of Aqueous Extracts of *Melia azedarach* L. on Tomato Pinworm *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 3, p. 455–460, set. 2001. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000300019>.

BRUNTON, L. L.; CHABNER, B. A.; KNOLLMANN, B. C. **Goodman & Gilman's Pharmacological Basis of Therapeutics**. 12. ed. New York, USA: McGraw-Hill, 2011.

BUSS, E. A.; PARK-BROWN, S. G. **Natural Products for Insect Pest Management**, p. 7, 2006.

CABRAL, M. M. O.; CRESCENTE, E. R. F.; MENDONÇA, P. M.; GOMES, C. M. S.; OLIVEIRA, V. C.; KELECOM, A. *Melia azedarach* L. extracts and their activity on *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 699–702, dez. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000500011>.

CABRAL, M. M. O.; MENDONÇA, P. M.; GOMES, C. M. S.; BARBOSA FILHO, J. M.; QUEIROZ, M. M. C.; MELLO, R. P. Biological activity of neolignans on the post-embryonic development of *Chrysomya megacephala*. **Fitoterapia**, v. 78, n. 1, p. 20–24, jan. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.09.011>.

CAMPBELL, P. M.; TROTT, J. F.; CLAUDIANOS, C.; SMYTH, K. A.; RUSSELL, R. J.; OAKESHOTT, J. G. Biochemistry of esterases associated with organophosphate resistance in *Lucilia cuprina* with comparisons to putative orthologues in other Diptera. **Biochemical Genetics**, v. 35, n. 1–2, p. 17–40, Fev. 1997. <https://doi.org/10.1023/a:1022256412623>.

CARRIÇO, C.; PINTO, Z. T.; DUTOK, C. M. S.; CAETANO, R. L.; PESSANHA, R. R.; CHIL-NUÑEZ, I.; MENDONÇA, P. M.; ESCALONA-ARRANZ, J. C.; REYES-TUR, B.; QUEIROZ, M. M. C. Biological activity of *Pouteria sapota* leaf extract on post-

embryonic development of blowfly *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1818) (Calliphoridae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 24, n. 3, p. 304–308, jun. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.07.007>.

CARVALHO, W. A. Fatores de riscos relacionados com exposição ocupacional e ambiental a inseticidas organoclorados no Estado da Bahia, Brasil, 1985. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)**; v. 111, n. 6, dic. 1991, 1991. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/16558>. Acesso em: 2 jan. 2021.

CHHABRA, S. C.; MAHUNNAH, R. L.; MSHIU, E. N. Plants used in traditional medicine in eastern Tanzania. VI. Angiosperms (Sapotaceae to Zingiberaceae). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 39, n. 2, p. 83–103, jun. 1993. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(93\)90024-y](https://doi.org/10.1016/0378-8741(93)90024-y).

CLOYD, R. **Natural Indeed: Are Natural Insecticides Safer and Better Than Conventional Insecticides?** v. 17, 2004.

COLEY, P. D.; BARONE, J. A. Herbivory and Plant Defenses in Tropical Forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 27, n. 1, p. 305–335, 1996. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.27.1.305>.

DETHIER, V. G. Mechanism of Host-Plant Recognition. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 31, n. 1, p. 49–56, 1982. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1982.tb03118.x>.

DRAIZE, J. H.; WOODARD, G.; CALVERY, H. O. Methods for the Study of Irritation and Toxicity of Substances Applied Topically to the Skin and Mucous Membranes. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v. 82, n. 3, seq. Article, p. 377–390, 1 Nov. 1944.

ELMNAN, A.; BALGEES, A.; MANGARA, J. Effect of Fenugreek (*Trigonella foenmgrecum*) Seed Dietary Levels on Lipid Profile and Body Weight Gain of Rats. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 11, p. 1004–1008, 1 Nov. 2012. <https://doi.org/10.3923/pjn.2012.1004.1008>.

EMDEN, H. F. van; PEAKALL, D. B. **Beyond Silent Spring: Integrated pest management and chemical safety**. [S. l.]: Springer Netherlands, 1996. Disponível em: <https://www.springer.com/gp/book/9780412728006>.

EYER, F.; FELGENHAUER, N.; JETZINGER, E.; PFAB, R.; ZILKER, T. R. Acute endosulfan poisoning with cerebral edema and cardiac failure. **Journal of Toxicology. Clinical Toxicology**, v. 42, n. 6, p. 927–932, 2004. <https://doi.org/10.1081/clt-200035456>.

FARIA, M. **Avaliação de Ambientes e Produtos Contaminados por Agrotóxicos In: É Veneno ou é Remédio: agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro, Brasil: Fiocruz, 2003.

FATTAH, A.; KHALAF, A. F. A.; HUSSEIN, K.; KHATER, K. Biocidal Activity of two botanical volatile oils against the larvae of *Synthesiomyia nudiseta* (Wulp) (Diptera: Muscidae). **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology**, v. 2, p. 89–101, 1 jun. 2009. <https://doi.org/10.21608/eajbsa.2009.15496>.

FEINSTEIN, L. **Insects: The YearBook of Agriculture**. Washington, DC: U.S.D.A, 1952.

FERREIRA, J. **Bioatividade dos Extratos *Rheedia longifolia*, *Garcinia xanthochymus*, *Plumbago scandens*, *Hovenia dulcis*, *Malpighia glaba*, *Euphorbia tirucalli* L. e *Nerium oleaner* sobre ovos de *Anocentor nittens* (Neuman, 1897) (Acari; Ixodidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói/RJ, 2009.

FILL, M.; CORONADO, R. Ryanodine receptor channel of sarcoplasmic reticulum. **Trends in Neurosciences**, v. 11, n. 10, p. 453–457, out. 1988. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(88\)90198-1](https://doi.org/10.1016/0166-2236(88)90198-1).

FUNASA. **Controle de Vetores: procedimentos de segurança**. 1. ed. Brasília, Brasil: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2001.

GAD, S. C.; FRITH, C. H.; GOODMAN, D. **Animal Models in Toxicology**. New York, USA: CRC Press, 2007. v. 46.

GARCÍA SIMÓN, G.; PALACIOS ALVAREZ, M.; PÉREZ PUERTA, L.; GARCÍA ALEA, R.; DÍAZ MACHADO, G.; GAZAPO PERNAS, R. Elaboración de una metodología para evaluar la irritabilidad oftálmica: validación con distintos métodos. **Rev. Cub. Farm**, v. 22, n. 2, p. 5–24, jul. 1988.

GROSOURDY, R. El médico botánico criollo. Librería Francisco Brachet. v. 3, n. 6, p. 43, 1864.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. Editora: Grupo Gen – Roca. São Paulo/SP, ISBN: 9788572889896, 2007.

HAYES, A. W. **Principles and Methods of Toxicology**. New York, USA: Raven Press, 1989.

HAYES, A. Wallace. **Principles and methods of toxicology**. New York: Raven Press, 1994.

HEMINGWAY, J.; RANSON, H. Insecticide resistance in insect vectors of human disease. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 371–391, 2000. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.371>.

HMA. **Harvard Medical Asea Guideline, Guidelines for Animal Studies Involving Death as an End Point**. [S. l.]: HMA - Harvard Medical Asea Guideline, 1999.

HODGSON, E.; KUHR, R. **Safer insecticide development and use.** [S. l.]: Ernest Hodgson & Ronald J. Kuhr, 1990.

ISMAN, M. B. **Problems and opportunities for the commercialization of botanical insecticides,** p. 283–91, 2005.

KHATER, H. F.; KHATER, D. F. The insecticidal activity of four medicinal plants against the blowfly *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). **International Journal of Dermatology**, v. 48, n. 5, p. 492–497, Maio 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2009.03937.x>.

KLAASSEN, C.; ROZMAN, K. **Absortion, distribution and excretion of toxicants.** In: Casarrett; Doull's Toxicology: The basic science of poisons. New York: Mc Graw-Hill, 1991.

KURAMOTO, H.; SHIMAZU, M. **Control de las poblaciones de la mosca de la casa por *Entomophthora muscae* (Zygomycotina: Entomophthorales) en el gallinero,** p. 325–331, 1997.

LEYVA, M.; TACORONTE, J. E.; MARQUETTI, M. del C.; MONTADA, D. Actividad insecticida de 3 aceites esenciales de plantas en *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Revista Cubana de Medicina Tropical**, v. 60, n. 3, p. 0–0, dez. 2008.

MATHEW, N.; ANITHA, M. G.; BALA, T. S. L.; SIVAKUMAR, S. M.; NARMADHA, R.; KALYANASUNDARAM, M. Larvicidal activity of *Saraca indica*, *Nyctanthes arbor-tristis*, and *Clitoria ternatea* extracts against three mosquito vector species. **Parasitology Research**, v. 104, n. 5, p. 1017–1025, abr. 2009. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1284-x>.

MENDONÇA, P. M.; LIMA, M. G.; ALBUQUERQUE, L. R. M.; CARVALHO, M. G.; QUEIROZ, M. M. C. Effects of latex from “Amapazeiro” *Parahacornia amapa* (Apocynaceae) on blowfly *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) post-embryonic development, **Veterinary Parasitology**, v. 178, p. 379–382, 2011.

MONTENEGRO, L. H. M.; OLIVEIRA, P. E. S.; CONSERVA, L. M.; ROCHA, E. M. M.; BRITO, A. C.; ARAÚJO, R. M.; TREVISAN, M. T. S.; LEMOS, R. P. L. Terpenoides e avaliação do potencial antimalárico, larvicida, anti-radicalar e anticolinesterásico de *Pouteria venosa* (Sapotaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 611-617, dez. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000500005>.

MORDUE, L. A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**, v. 39, n. 11, p. 903-924, 1 nov. 1993. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(93\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0022-1910(93)90001-8).

MÖRNER, J.; BOS, R.; FREDRIX, M. **Reducing and Eliminating the use of Persistent Organic Pesticides: Guidance on alternative strategies for sustainable pest and vector management**. Geneva, 2002. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67337/a76620.pdf;jsessionid=1A5BF6595583F8644AF514429AF21113?sequence=1>. Acesso em: 26 dez. 2020.

OECD/OCDE 404. **Guideline for Testing of Chemicals. Test Guideline 404: Acute Dermal Irritation/Corrosion, Organization for Economic Cooperation and Development**. 2000. Disponível em: http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects_20745788.

OECD/OCDE 405. **Guideline for Testing of Chemicals. Test Guideline 405: Acute Eye Irritation/Corrosion, Organization for Economic Cooperation and Development**. 2002. Disponível em: http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects_20745788.

OECD/OCDE 423. **Guideline for Testing of Chemicals. Test Guideline 423: Acute oral toxicity - acute toxic**

class method. In: **OECD/OCDE - Organization for Economic Cooperation and Development Guideline for Testing of Chemicals**, OECD. 2012. Disponível em: http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects_20745788.

OLFERT, D. E. **CCAC guidelines on: choosing an appropriate endpoint in experiments using animals for research, teaching and testing**. v. 1, n. 2, p. 33, 1993.

PETIT, P. R.; SAUVAIRE, Y. D.; HILLAIRE-BUYS, D. M.; LECONTE, O. M.; BAISSAC, Y. G.; PONSIN, G. R.; RIBES, G. R. Steroid saponins from fenugreek seeds: extraction, purification, and pharmacological investigation on feeding behavior and plasma cholesterol. **Steroids**, v. 60, n. 10, p. 674–680, out. 1995. [https://doi.org/10.1016/0039-128x\(95\)00090-d](https://doi.org/10.1016/0039-128x(95)00090-d).

POHLIT, A. M.; REZENDE, A. R.; LOPES BALDIN, E. L.; LOPES, N. P.; NETO, V. F. de A. Plant extracts, isolated phytochemicals, and plant-derived agents which are lethal to arthropod vectors of human tropical diseases--a review. **Planta Medica**, v. 77, n. 6, p. 618–630, abr. 2011. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1270949>.

RAO, P. U.; SESIKERAN, B.; RAO, P. S.; NAIDU, A. N.; RAO, V. V.; RAMACHANDRAN, E. P. Short term nutritional and safety evaluation of fenugreek. **Nutrition Research**, v. 16, n. 9, p. 1495–1505, 1 set. 1996. [https://doi.org/10.1016/0271-5317\(96\)00163-7](https://doi.org/10.1016/0271-5317(96)00163-7).

RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, v. 29, n. 9, p. 913–920, 1 set. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.008>.

REMÓN RODRÍGUEZ, H.; ALARCÓN ZAYAS, A.; ALMEIDA SAAVEDRA, M.; VIERA TAMAYO, Y.; RAMOS ESCALONA, M.; BAZAN OSORIO, Y. Tamizaje fitoquímico y actividad antibacteriana de los extractos secos de tinturas al 20% de

Mammea americana L. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 17, n. 4, p. 300–307, dez. 2012.

RITTER, L.; SOLOMON, K.; FORGET, J.; STEMEROFF, M.; O'LEARY, C. **A Review of Selected Persistent Organic Pollutants**. Geneva, Switzerland: [s. n.], 1995.

ROEL, A. R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o desenvolvimento rural sustentável. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 1, n. 2, p. 43–50, 2001.

ROIG, M. J. T. **Plantas Medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba**. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba, 2012. v. 2. ISBN 978-959-05-0060-2.
<https://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1151>

SCHMUTTERER, H. **The Neem Tree**. Mumbai: Neem Found, 2002.

SETHAJINTANIN, D.; ANDERSON, K. A. Temporal Bioavailability of Organochlorine Pesticides and PCBs. **Environmental Science & Technology**, v. 40, n. 12, p. 3689–3695, 1 jun. 2006. <https://doi.org/10.1021/es052427h>.

SHARMA, R. D.; SARKAR, A.; HAZRA, D. K.; MISRA, B.; SINGH, J. B.; MAHESHWARI, B. B. Toxicological Evaluation of Fenugreek Seeds: A Long-Term Feeding Experiment in Diabetic Patients. **Phytotherapy Research**, v. 10, n. 6, p. 519–520, 1996. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1573\(199609\)10:6<519:AID-PTR873>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199609)10:6<519:AID-PTR873>3.0.CO;2-T).

SILVA, C. A. M.; SIMEONI, L. A.; SILVEIRA, D. Genus *Pouteria*: chemistry and biological activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2A, p. 501–509, jun. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000300025>.

STANLEY, P. **Trees and Shrubs of Mexico**. Washington: Smithsonian Institution, 1923.

URZÚA, A.; SANTANDER, R.; ECHEVERRÍA, J.; CABEZAS, N.; PALACIOS, S. M.; ROSSI, Y. Insecticide Properties of the Essential Oils from *Haplopappus foliosus* and *Bahia ambrosoides* Against the House Fly, *Musca domestica* L. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 55, n. 3, p. 392–395, 2010. <https://doi.org/10.4067/S0717-97072010000300026>.

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390–400, maio 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300017>.

VIEIRA, P. C.; MAFEZOLI, J.; BIAVATTI, M. W. **Produtos Naturais no Controle de Insetos**. 1. ed. São Carlos, São Paulo: Editora da UFSCar, 2001.

WHALON, M.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. Global Pesticide Resistance in Arthropods. **CAB Int.**, 28 abr. 2008. <https://doi.org/10.1079/9781845933531.0000>.

Carlos Manuel Dutok-Sánchez

Doutor em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz - Fundação Oswaldo Cruz - IOC/FIOCRUZ/RJ. Mestre em Fisiologia Animal e Graduado em Bioquímica pela Universidad de La Habana, Cuba com diploma revalidado pela Universidade Federal de Viçosa de Minas Gerais. Professor de Magistério Superior concursado na Universidade Federal do Amapá. Líder do Grupo de Estudos de Risco Ambiental e Ocupacional Região Fronteira Franco-Brasileira.

Idelsy Chil-Núñez

Professora Titular da Universidade de Oriente em Cuba. Graduação em Ciências Farmacêuticas-Universidade de Oriente. Mestrado em Tecnologia e Controle de Medicamentos pela Universidad de La Habana e Doutorado em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ/RJ. Experiência na área de farmacotécnica e controle biológico de insetos vetores com substâncias extraídas de plantas.

Luiz Eduardo D'Elia Oliveira

Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Veiga de Almeida. Especialista em Entomologia Médica e Bolsista de iniciação científica no Laboratório de Entomologia Médica e Forense (LEMEF) - Instituto Oswaldo Cruz IOC/FIOCRUZ. Membro colaborador do Grupo de Estudos de Risco Ambiental e Ocupacional Região Fronteira Franco-Brasileira. Mestrando Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde na Universidade Federal do Amapá.

Julio César Escalona-Arranz

Doutorado em Ciências e Professor Titular pela Universidade de Oriente (UO) - Cuba. Graduação em Ciências Farmacêuticas (UO). Mestrado em Medicina Natural e Bioenergética. Universidad de Ciencias Médicas Cuba. Experiência na área de fitoquímica, farmacognosia e produtos naturais, fitoterapia, e desenho de fármacos, isolamento e caracterização dos óleos essenciais, alcaloides e flavonóis com impacto na saúde humana e no controle de vetores.

Paloma Martins Mendonça

Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Santa Úrsula. Especialista em Entomologia Médica pelo Instituto Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. Doutora em Ciências Veterinárias (Parasitologia Veterinária) da UFRRJ. Pós-Doutora em Biodiversidade e Saúde pelo Instituto Oswaldo Cruz/Fundação Oswaldo Cruz, Professora Adjunta do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais na Universidade de Vassouras, RJ, Brasil.

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e doutora em Ciências Veterinárias (UFRRJ); Pós-Doutora em Entomologia Forense (UnB); Coordenadora e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras; Pesquisadora Titular em Saúde Pública do Instituto Oswaldo Cruz - IOC(LEMED)/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq 1C e Cientista do Nosso Estado Bolsista da FAPERJ, RJ - Brasil.

Índice Remissivo

A

análise estatística, 345, 348, 351, 371, 374, 546, 551, 558, 570, 571

Arduino, 321, 325, 329, 330, 332, 334, 335, 337, 338, 341, 342, 348,
354, 359, 360

B

bactérias resistentes, 181, 186, 190, 193, 218, 238, 533, 538

Base Nacional Comum Curricular, 287, 289

biodiversidade, 129, 312, 468, 472, 473, 475, 476, 481, 482, 483, 487,
489, 491, 495, 496, 560, 567, 608, 643, 661, 689, 693, 694, 700, 706,
710, 802, 906, 909, 910, 911, 912, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 923,

924, 927, 929, 930, 934, 936, 939, 1011, 1052, 1055, 1056, 1059,

1068, 1307, 1308, 1342, 1487

C

conservação, 155, 300, 364, 471, 546, 558, 565, 596, 598, 607, 610,

661, 663, 664, 665, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 675, 676, 677,

678, 679, 680, 681, 688, 689, 693, 694, 695, 698, 700, 701, 705, 706,

710, 721, 853, 855, 857, 867, 869, 871, 873, 875, 878, 883, 895, 900,

909, 910, 912, 917, 923, 929, 930, 961, 976, 977, 978, 991, 992,

1012, 1013, 1015, 1023, 1034, 1053, 1057, 1059, 1068, 1178, 1186,

1193, 1228, 1308, 1426, 1487

controle biológico, 180, 181, 202, 208, 211, 216, 218, 223, 238, 631,

632, 650, 658, 659, 660, 733, 734, 739, 969

COVID-19, 33, 102, 114, 499, 502, 517, 518, 740, 742, 743, 744, 765,
767, 768, 847, 850, 853, 868, 873, 881, 887, 888, 889, 890, 891, 892,
896, 897, 900, 902, 971, 981, 1003, 1008, 1015, 1016, 1018, 1023,
1047, 1169, 1205

D

desenvolvimento econômico, 132, 606, 1077, 1112, 1169, 1173,

1297, 1360, 1376

diversidade, 16, 17, 146, 171, 180, 218, 267, 351, 432, 471, 472, 481,

591, 601, 602, 642, 644, 689, 690, 691, 698, 701, 709, 734, 735, 791,

909, 911, 914, 916, 920, 921, 923, 925, 930, 1018, 1041, 1054, 1065,

1085, 1086, 1173, 1209, 1354, 1395, 1572, 1580

E

economia circular, 126, 127, 128, 132, 133, 136, 137, 138, 143, 150,

152, 153, 156, 157, 168, 169, 170, 172, 174, 175, 1269

educação ambiental, 287, 362, 375, 847, 973, 1013, 1073, 1076, 1080

engenharia química, 465, 498, 500, 501, 505, 523, 1186

ergonomia, 75, 76, 78, 81, 82, 84, 85, 87, 89, 97, 106, 107, 108, 109,

113, 114, 115, 122, 123

F

fotovoltaica, 127, 135, 136, 138, 158, 159, 160, 161, 163, 518, 1164

H

hidrocarbonetos, 503, 504, 505, 509, 511

história ambiental, 318, 594, 769, 772, 807, 808, 809

I

Indústria 4.0, 320, 499, 519, 521, 522, 523, 525

inseticida, 199, 209, 210, 383, 384, 385, 566, 954, 958, 963, 1571,

1573, 1575, 1576, 1578, 1579, 1584, 1585, 1614, 1622, 1633

L

Legislação, 19, 173, 701, 844, 1252, 1286, 1288, 1291, 1304, 1386

M

Marco Regulatório, 241

medicamentos, 14, 189, 190, 468, 470, 472, 473, 475, 480, 485, 488,

489, 496, 530, 533, 536, 537, 538, 542, 543, 544, 764, 1002, 1047,

1482, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1540,

1541, 1544, 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1555,

1556, 1557, 1558, 1559, 1560, 1562, 1563, 1564

meio ambiente, 50, 62, 63, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 148,
149, 174, 177, 181, 195, 198, 200, 202, 215, 218, 241, 243, 244, 264,
282, 284, 285, 287, 292, 294, 313, 318, 322, 362, 363, 364, 365, 367,
368, 369, 370, 371, 372, 375, 379, 385, 386, 389, 392, 422, 428, 429,
431, 449, 459, 483, 499, 501, 526, 531, 532, 534, 537, 538, 539, 543,
560, 561, 594, 596, 598, 602, 605, 606, 607, 609, 613, 619, 624, 631,
632, 640, 644, 648, 663, 671, 673, 705, 710, 737, 764, 766, 809, 813,
815, 840, 847, 848, 850, 851, 853, 855, 858, 861, 864, 867, 869, 870,
871, 872, 873, 874, 876, 879, 883, 885, 895, 900, 939, 957, 958, 960,
968, 972, 974, 976, 977, 978, 980, 986, 987, 988, 990, 991, 992, 994,
995, 998, 1010, 1012, 1013, 1015, 1024, 1033, 1038, 1055, 1072,
1074, 1075, 1076, 1077, 1081, 1082, 1084, 1089, 1092, 1093, 1097,
1098, 1109, 1112, 1117, 1119, 1121, 1122, 1128, 1132, 1142, 1186,

1193, 1205, 1218, 1221, 1233, 1238, 1249, 1250, 1254, 1256, 1276,
1291, 1294, 1297, 1299, 1300, 1301, 1302, 1316, 1317, 1324, 1340,
1349, 1350, 1362, 1364, 1370, 1372, 1377, 1392, 1393, 1394, 1395,
1397, 1398, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1408, 1411,
1417, 1430, 1433, 1434, 1455, 1461, 1462, 1531, 1532, 1535, 1536,
1538, 1540, 1556

modelagem computacional, 426, 427, 430, 434

P

patógenos, 181, 186, 218, 567, 660, 914, 924, 1134, 1140, 1147, 1150,
1153, 1210, 1216, 1217, 1221, 1223, 1225, 1401, 1403, 1404, 1409

R

Rio Paraíba do Sul, 320, 323, 343, 344, 351, 380, 381, 382, 387, 388,
389, 393, 397, 400, 413

S

saneamento, 198, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 248, 249, 250,

251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 322, 422, 482, 664,

811, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 828, 829,

831, 832, 833, 834, 837, 840, 841, 842, 843, 844, 1131, 1135, 1145,

1154, 1366, 1386, 1395

segurança dos extratos, 1566, 1586, 1591

simulação, 408, 409, 420, 424, 427, 449, 450, 451, 452, 454, 465, 467,

498, 501, 502, 503, 505, 506, 507, 509, 511, 523, 528, 1069

software, 75, 76, 78, 80, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 113, 115, 116,

117, 122, 124, 329, 345, 420, 437, 441, 442, 451, 457, 498, 505, 523,

551, 590, 1021, 1053

sustentabilidade, 128, 137, 143, 147, 148, 170, 171, 265, 315, 364,
483, 499, 607, 631, 640, 657, 672, 709, 721, 832, 837, 846, 849, 850,
851, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 874, 876, 878, 883, 886, 897, 898,
900, 901, 903, 991, 1011, 1012, 1026, 1072, 1073, 1078, 1079, 1111,
1112, 1121, 1122, 1268, 1307, 1315, 1317, 1330, 1331, 1332, 1335,
1338, 1340, 1342, 1343, 1354, 1377, 1391, 1394, 1395, 1400, 1411,
1455, 1459

T

tecnologias, 80, 97, 98, 101, 126, 127, 133, 135, 136, 137, 138, 139,
148, 151, 155, 156, 157, 158, 169, 171, 220, 309, 325, 363, 367, 438,
472, 500, 520, 610, 612, 643, 644, 650, 732, 834, 836, 837, 842, 958,
1001, 1003, 1011, 1099, 1175, 1185, 1236

tecnologias ambientais, 126, 127, 133, 138, 148, 155, 156, 157, 171

temperatura, 78, 86, 90, 92, 106, 184, 300, 307, 320, 323, 324, 327,
328, 330, 331, 337, 347, 348, 349, 350, 358, 442, 443, 444, 449, 456,
504, 507, 538, 635, 723, 726, 731, 836, 859, 1139, 1428, 1430

Toxicidade, 968, 1566, 1586, 1590, 1591, 1599, 1606, 1610, 1611,
1617, 1618, 1621

tratamento de resíduos, 446, 449, 744