

# Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra

Rain water use for non-potable uses at University Severino Sombra

Juliana Francisco de Souza, Miguel Rascado Fraguas Neto, Marco Antonio Soares de Souza, Diego Macedo Veneu\*

## Resumo

Este trabalho analisa a viabilidade de um sistema de captação e reuso de água de chuva no campus da Universidade Severino Sombra. O índice pluviométrico anual médio foi de 1329,9 mm. O consumo de água potável médio mensal foi de 468,9 m<sup>3</sup>, correspondendo a um custo médio de R\$ 4.478,00. Para o dimensionamento do reservatório foram utilizados três métodos: Azevedo Neto, Rippl e Interação. Foram obtidos volumes de reservatório de 71, 142, 215, 285 e 355 m<sup>3</sup> pelo Método Interativo e custos totais de implantação de R\$ 63.694,71; R\$ 86.997,90; R\$ 110.027,79; R\$ 131.218,97 e R\$ 131.218,97, com tempos de retorno de aproximadamente 7,8; 5,3; 4,5; 4,0 e 3,8 anos levando em consideração os percentuais de aproveitamento de 10, 20, 30, 40 e 50%, respectivamente.

**Palavras-Chave:** Aproveitamento; Água de chuva; Dimensionamento do reservatório; Economia de água.

**Como citar esse artigo.** Souza JF, Neto MRF, Souza MAS, Veneu DM. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. Revista Eletrônica Teccen. 2016 Jan./Jun.; 09 (1): 35-46.

## Abstract

This study analyzed the feasibility of a system to capture and reuse rainwater University Severino Sombra Campus. The average annual rainfall was 1329.9 mm. The consumption of drinking water monthly average was 468.9 m<sup>3</sup>, corresponding to an average cost of R\$ 4,478.00. For the design of the tank three methods were used: Azevedo Neto, Rippl and Interaction. Volumes were obtained by interactive method from reservoirs in the order of 71, 142, 215, 285 and 355 m<sup>3</sup> and total costs of implementation of R\$ 63,694.71; R\$ 86,997.90; R\$ 110,027.79; R\$ 131,218.97 and R\$ 131,218.97 with a return time of approximately 7.8; 5.3; 4.5; 4.0 and 3.8 years taking into account the percentage recovery of 10, 20, 30, 40 and 50%, respectively.

**Keywords:** Utilization; Rainwater; Tank sizing; Saving water.

## Introdução

A falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos. Segundo ANA (2015) desde outubro de 2013, as chuvas registradas na região Sudeste, onde está localizada a Bacia do Paraíba do Sul, estão muito abaixo da média dos últimos 84 anos, sendo que, no ano de 2014, as chuvas e vazões observadas foram as menores compreendidas neste período. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta. Apesar de o Brasil apresentar uma das maiores bacias hídricas do mundo, este problema em diversas regiões tem sido provocado pelo desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola, e a concentração de água (May, 2003).

De acordo com ANA (2010) em um estudo com

projeção de demandas de água para o ano de 2025, mais de 46% de um total de 92 municípios que constituem o Estado do Rio de Janeiro necessitam de investimentos para garantia da oferta de água. O custo destes investimentos representam mais de 1 bilhão de reais e passam por diferentes soluções como novos sistemas conectados, adoção de novos mananciais e adequações de sistemas já existentes. Em virtude deste panorama que cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, passando necessariamente pela busca de novas tecnologias e pela revisão do uso da água pela população (Anecchini, 2005).

Segundo Tomaz, (2003), um programa de conservação da água constitui-se de medidas e incentivos, sendo que as medidas são tecnologias e mudanças de comportamento que resultam em um uso mais eficiente da água e os incentivos são instrumentos como a educação pública, campanhas de conservação, estrutura tarifária e regulamentos que motivam o consumidor a

Afiliação dos autores: Universidade Severino Sombra, Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e da Natureza, Vassouras-RJ, Brasil.

\* Endereço para correspondência: Universidade Severino Sombra, Av. Exped. Oswaldo de Almeida Ramos, 280 - Centro - Vassouras, RJ - CEP 27700-000.  
E-mail: diegomvneu@yahoo.com.br

Recebido em: 04/10/15. Aceito em: 04/04/16.

utilizar o recurso da maneira adequada.

Uma fonte alternativa de consumo é o aproveitamento das águas de chuva e, além disso, as tarefas de captação e armazenamento são maneiras de prevenção de enchentes e enxurradas, já que a água captada não é jogada diretamente na rede de drenagem, reduzindo o escoamento rápido (Cipriano, 2004). Diversos autores relataram ganhos econômicos com o reuso da água de chuva.

Segundo Marinoski & Ghisi (2008), foi possível uma economia de 45,8% de água potável com a substituição da mesma pela água pluvial em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis. Proença (2007), realizou estudos em 10 edifícios comerciais em Santa Catarina e verificou que em alguns edifícios analisados, o consumo de água potável para fins não potáveis (limpeza e bacia sanitária) chegou a 86%, o que indica um grande potencial de redução de água potável.

Em algumas empresas como a Viação Campos Gerais S.A. e a Indústria Fundação Hubner que implantaram sistemas de reaproveitamento de água de chuva em suas instalações, a economia com água potável chegou a 70% e 50%, respectivamente (Giacchini & Filho, 2005).

De fato, a maioria dos estudos de reuso da água de chuva evidenciam o grande potencial de reutilização desta água para uso na irrigação de jardins e/ou para descarga de vasos sanitários. Coelho (2008) analisou os usos finais da água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau/SC e observou que existem diferenças no consumo de água entre homens e mulheres. O maior consumo estimado por parte do consumidor masculino é proveniente do chuveiro e da mangueira do jardim, com 31,4 e 26,9%, respectivamente. Já o consumo feminino, a maior percentagem foi obtida através da torneira da cozinha e da bacia sanitária, com 31,6 e 26,4%, respectivamente. A percentagem de água não potável utilizada pelos homens foi de 64,8% e das mulheres de 57,5%.

Segundo Martini (2009), o aparelho que mais consome água é a bacia sanitária, podendo variar seu percentual de 20 a 40%, tendo um total residencial de consumo de água para fins não potável uma variação entre 45 e 55%. De acordo com Anecchini (2005), 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis. No Reino Unido, o uso da água da chuva é incentivado, visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária (Fewkes, 1999). Segundo Tomaz (2000), na Holanda, 41% da água residencial é consumida nos vasos sanitários, 3% na limpeza e 3% na rega de jardim.

Outro aspecto importante é o dimensionamento adequado das instalações e equipamentos em um sistema de aproveitamento de águas pluviais, já que do

contrário podem ocorrer gastos excessivos de recursos ou ainda inviabilizar a eficiência do projeto, havendo desperdícios nas duas formas.

De acordo com May (2004), o reservatório de acumulação é o componente mais dispendioso de um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva. Dessa forma busca-se, no dimensionamento dos mesmos, determinar a capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível a demanda, com um menor custo de construção. Dependendo do método utilizado, pode-se chegar a valores proibitivos da capacidade do reservatório, quer seja por razões físicas ou econômicas (Carvalho *et al.*, 2007).

Para May (2004), o problema do tamanho do reservatório pode ser visto através da quantidade de água necessária para suprir a demanda e por encontrá-la com um grau de confiabilidade alto. Diversos trabalhos encontrados na literatura apresentam tabelas contendo parâmetros para auxiliar nas estimativas de consumo de água não potável, tanto para uso interno, quanto para uso externo. Contudo, Tomaz (2003) cita que ocasionalmente há dificuldade para se aplicar tais parâmetros, devido ao grande volume de informações necessárias, nem sempre disponíveis.

De qualquer forma, o aproveitamento da água de chuva está sendo utilizado por indústrias, escolas, postos de gasolina, entre outras atividades que consomem um volume elevado de água para fins não potáveis, já que representa uma economia no consumo de água tratada (Giacchini e Filho, 2005). Estima-se uma economia de 30% da água pública tratada quando se utiliza as águas pluviais (Tomaz, 2003).

O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade técnica de um sistema de captação e reuso da água de chuva no campus da Universidade Severino Sombra, localizada no município de Vassouras/RJ. Para tal finalidade, foi levantado o potencial pluviométrico local, o volume a ser captado pelas diferentes metodologias adotadas, além de propor um sistema que seja viável e sustentável com todos os equipamentos necessários ao reuso da água de chuva.

## Material e Métodos

A metodologia de estudo foi dividida em: (i) levantamento das informações do local e área, (ii) consumo de água, (iii) dados pluviométricos, (iv) coeficiente de escoamento, (v) métodos de dimensionamento de reservatórios e (vi) dispositivos utilizados no sistema para análise econômica.

O local e área de estudo foi baseado em informações de posição do campus extraídas do Google Maps, planta do campus e informações extraídas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e de visitas *in loco*.

O consumo de água potável foi estimado com base no levantamento dos boletos mensais de cobrança da concessionária local para o ano de 2012 e o consumo de água não potável para a demanda no campus foi realizada levando-se em conta estimativas percentuais de 10, 20, 30, 40 e 50% do consumo de água potável.

Os dados pluviométricos locais para os cálculos foram extraídos com base no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O valor do coeficiente de escoamento superficial utilizado foi baseado em um valor intermediário para a faixa de 0,7 a 0,95 recomendada para telhados em geral (Wilken, 1978).

Para os cálculos de dimensionamento do reservatório foram utilizados três métodos: Método Azevedo Neto, Método *Rippl* e Método de Interação, todos referenciados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR, 15527). Para realizar a análise de viabilidade econômica do sistema foram contabilizados os custos de implantação, incluindo material, e custos com despesas de operação e manutenção do sistema. Contabilizou-se também o benefício gerado pela economia de água potável na edificação.

## Resultados e Discussões

### Local e Área de Estudo

O local onde será realizado o levantamento do potencial de captação de água de chuva, situa-se no estado do Rio de Janeiro, região centro-sul fluminense, no município de Vassouras. Sua localização geográfica se compreende a altitude de 434 m, latitude 22°24'14" S e 43°39'45" O (Figura 1). O município possui uma população total de 34.410 habitantes, com uma taxa de crescimento anual de 1,21% e com uma densidade demográfica de 63,94 hab.Km<sup>2</sup>.

O campus da Universidade Severino Sombra compreende uma área total de telhado de aproximadamente 6.267 m<sup>2</sup>, distribuída em nove blocos prediais, conforme ilustrado na planta do campus apresentada pela Figura 2. Com a área de telhado de cada bloco, foi possível estimar o volume do reservatório de água de chuva a qual seria captada e direcionada pelas calhas para armazenagem e posterior utilização.



Figura 1. Localização do campus da Universidade Severino Sombra.

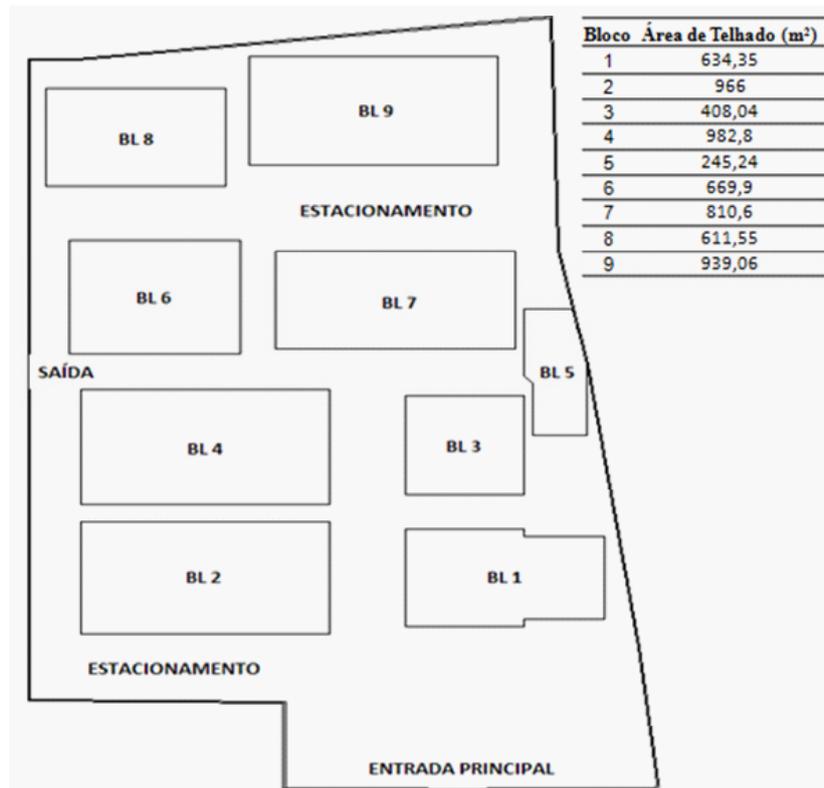


Figura 2. Planta de situação do campus da Universidade Severino Sombra com a distribuição dos blocos e suas áreas de telhado.

## Consumo de Água

Alguns parâmetros de engenharia como área de jardim, vazão de água utilizadas nos vasos sanitários e mictórios, além de atividades de limpeza geral nos prédios, lavagem de carros, dentre outros devem ser

levantados para se prever o consumo de água no campus. Segundo Tomaz (2003), o grande problema é reunir a enorme quantidade de informações necessárias que nem sempre estão disponíveis para serem avaliadas. O consumo e custo de água potável do campus foi analisado através do boleto mensal de cobrança obtido junto a concessionária local (CEDAE) durante o período de um ano, referente ao ano de 2012, podendo ser observado

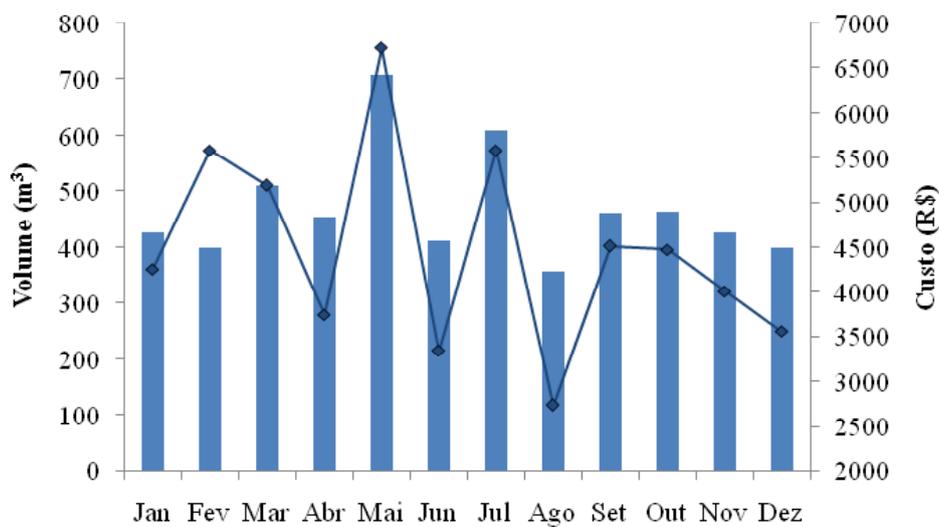


Figura 3. Consumo e Custo Mensal de Água Potável no Campus Durante o Ano de 2012.

na Figura 3.

De acordo com a Figura 3 observa-se que o consumo médio do campus durante este período corresponde a 468,9 m<sup>3</sup>. Os maiores consumos foram observados nos meses de maio e julho que corresponderam a 707,5 m<sup>3</sup> e 609,0 m<sup>3</sup>, respectivamente. Os menores consumos foram observados nos meses de fevereiro (399,9 m<sup>3</sup>) e agosto (357,6 m<sup>3</sup>), meses que iniciam o período letivo de aulas no 1º e 2º semestre. O custo médio de água potável durante o período foi de R\$ 9,55/m<sup>3</sup>. Levando em consideração o consumo médio no campus, o custo médio mensal é de aproximadamente R\$ 4.478,00. O custo total para o ano de 2012, levando em conta o custo real pago, chegou ao valor de R\$ 53.746,55.

A água potável consumida no campus pode ter dois fins distintos, o primeiro diz respeito a utilização para higiene pessoal, bebedouros e na preparação de alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis, o segundo, diz respeito a parcela destinada aos usos não potáveis como lavagem de carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários.

Conforme já visto acima, os usos finais de água para as atividades que não necessitam utilizar água potável variaram bastante. Como os levantamentos de caracterização dos usos finais de água neste tipo de estabelecimento (Ensino Superior) ainda são insuficientes serão adotadas demandas de água pluvial

de 10, 20, 30, 40 e 50% da demanda de água potável, obtendo assim, cenários diferentes para cada percentual de reaproveitamento da água de chuva.

### Dados Pluviométricos

Os dados mensais de pluviosidade e temperatura foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP (INMET) e forneceram para a região de estudo (Vassouras) um índice pluviométrico anual médio de 1329,9 mm e uma temperatura média compensada de 20,8 °C, em uma série histórica de 1961 a 1990, como pode ser visto na Figura 4. Esta série foi utilizada em função da falta de dados mais recentes coletados e disponíveis da estação localizada na área de estudo.

Observa-se de acordo com a Figura 4, que os meses que apresentam os maiores valores de precipitação acumulada mensal e temperatura compensada são os meses de janeiro e dezembro, correspondendo a 249,4 e 246,2 mm; e 23,6 e 22,9 °C, respectivamente. Durante os meses de maio a agosto foram observados os menores índices pluviométricos mensais (< 36 mm) e menores temperaturas média (de 19 a 17,2 °C).

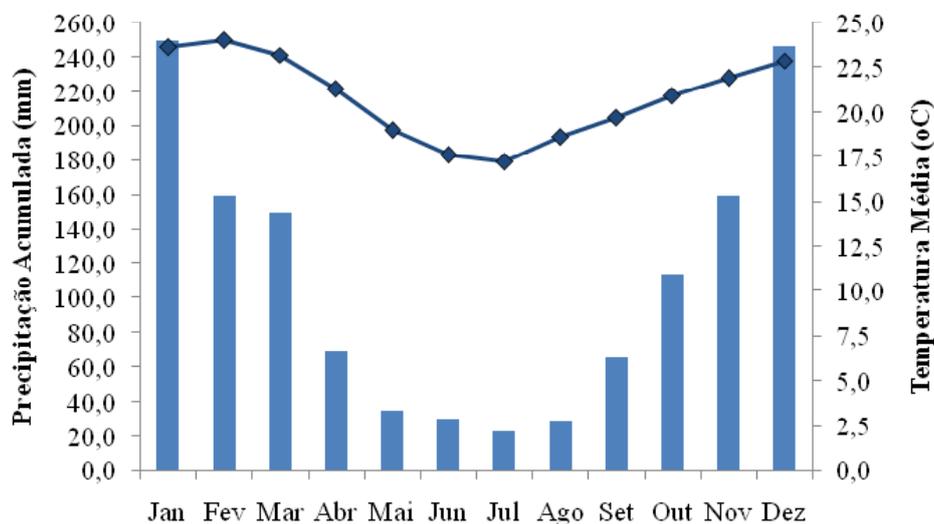


Figura 4. Precipitação Acumulada Mensal e Temperatura Compensada Média dos anos de 1961 a 1990.

## Coeficiente de Escoamento Superficial (*runoff*)

Segundo Tomaz (2003), o volume de água da chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. O coeficiente de escoamento superficial, também denominado coeficiente de *runoff* é o coeficiente de perda de água da chuva devido à limpeza do telhado, perda por evaporação, perda na autolimpeza e outras. A Tabela 1 apresenta diferentes valores de *runoff*, adotados por diferentes autores, para diferentes tipos de materiais de cobertura. O valor de *runoff* adotado neste trabalho foi de 0,8.

seca.

Neste estudo, a precipitação média anual foi de 1329,9 mm para o período de 1961 a 1990. Foram identificados quatro meses com precipitações inferiores a 50 mm (valor considerado como de pouca chuva), maio (35,3 mm), junho (29,8 mm), julho (23,3 mm) e agosto (28,3 mm), sendo utilizado este número de meses como os de pouca chuva. A área total dos nove blocos do campus correspondeu a 6.267,35 m<sup>2</sup>. A Figura 5 apresenta os volumes de água de chuva necessários para suprir os percentuais de 10, 20, 30, 40 e 50% da demanda volumétrica de água potável para cada mês.

**Tabela 1.** Valores de coeficiente de runoff.

Material	Coeficiente de escoamento	Autores
Telha de cerâmica	0,8 a 0,90	Hofkes e Frasier (1996)
Telha corrugada de metal	0,70 a 0,90	
Telhados em geral	0,70 a 0,95	Wilken (1978)
Telha de chapa corrugada	0,85	Khan (2001)
Telha de metal	0,90 a 0,95	Waterfall (2002)
Telha de cerâmica	0,75 a 0,95	Van den Bossche (1997)

Fonte. Tomaz (2003)

## Dimensionamento do Reservatório

A fundamentação dos cálculos de dimensionamento de reservatórios deste trabalho segue os padrões da ABNT 15.527. Para a estimativa do volume do reservatório foram utilizados os métodos: Azevedo Neto, *Rippl* e de Interação (ABNT, 2007).

### Método Azevedo Neto

O método de Azevedo Neto calcula o volume máximo de água de chuva que pode ser aproveitado a partir da Equação 1. Para a utilização deste método é necessário conhecer alguns parâmetros que serão definidos a seguir.

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório (L),

P é o valor numérico da precipitação média anual (mm),

A é o valor numérico da área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>) e,

T é o valor numérico de meses de pouca chuva ou

Calculado o volume de água do reservatório segundo o método Azevedo Neto, chega-se a um volume de água de chuva aproveitável, ou seja, do reservatório de aproximadamente 1.400 m<sup>3</sup>. Pode-se dizer que o método interpreta a quantidade de dias com seca ou pouca chuva como um período de estiagem, sendo este volume de reservatório desproporcional ao necessário para suprir as demandas dos 5 percentuais de aproveitamento de água de chuva em estudo.

### Método de *Rippl*

Segundo Schiller & Lathan (1982), o método *Rippl* auxilia na determinação do volume de água no reservatório a cada instante de tempo "t". Neste método, o volume que escoou pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o valor do reservatório para 100% de confiança. Este método geralmente superdimensiona o reservatório, porém é bom utilizá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

Q(t) = C x precipitação da chuva (t) x área de captação

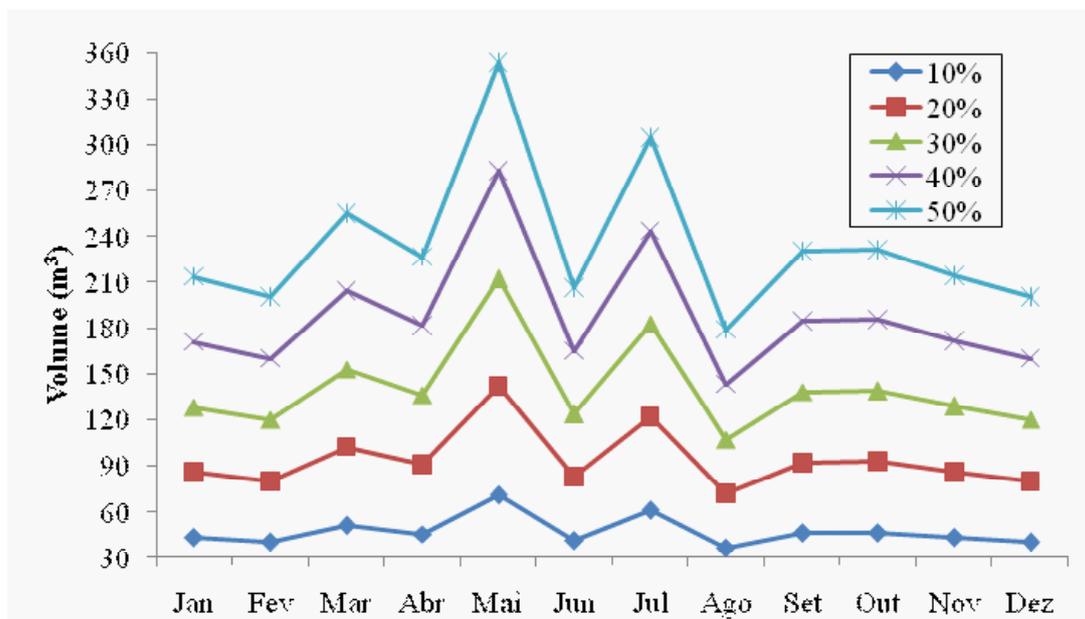


Figura 5. Volumes de água de chuva necessários para suprir os percentuais de 10, 20, 30, 40 e 50%.

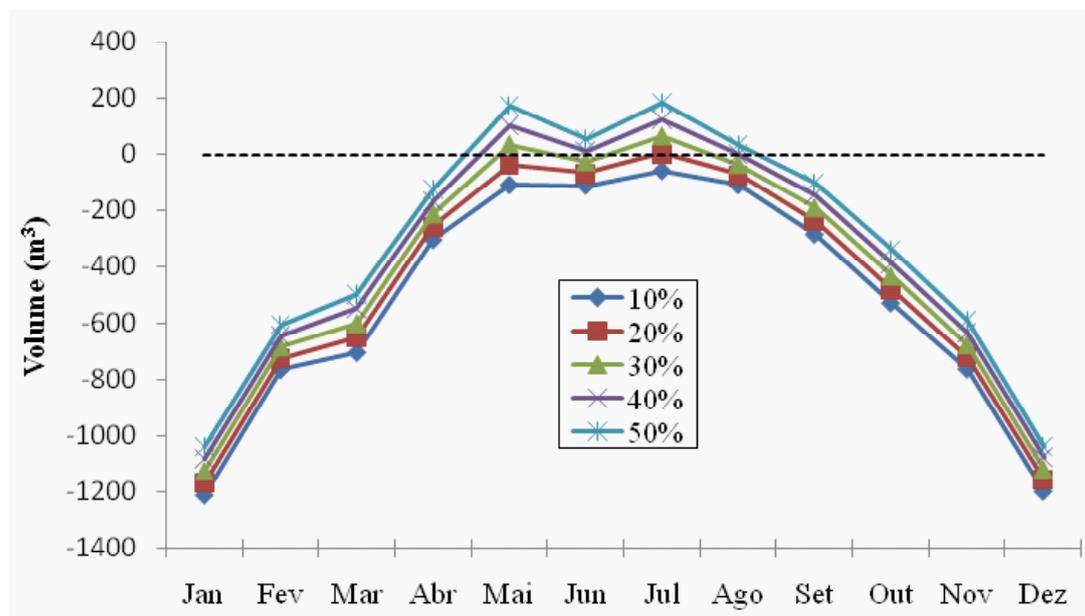


Figura 6. Volumes de água de chuva em cada instante "t" para os percentuais de 10, 20, 30, 40 e 50%.

$V = S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

$D(t) < Q(t)$

Onde:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

Neste método, é possível o uso de séries históricas mensais ou diárias, neste trabalho foi utilizada a série histórica mensal de 1961 a 1990. Na Figura 6 podemos observar o volume em cada instante "t", ou seja, a cada mês. Os resultados negativos observados indicam que há excesso de chuva, já os positivos, indicam falta de chuva, ou seja, o volume demandado é superior ao

volume de chuva possível de ser captado.

Na Figura 6, os volumes dos reservatórios de armazenamentos para todos os percentuais de aproveitamento, 10, 20, 30, 40 e 50% são bem mais elevados que o obtido pelo método Azevedo Neto, correspondendo aos volumes de 6.105,25; 5547,52; 5080,97; 4666,56 e 4312,49  $m^3$ , respectivamente. Podemos observar que, o método de *Rippl* simplesmente faz uma verificação do período crítico do sistema, e retorna como resultado de volume de armazenamento, o somatório do volume de desabastecimento, ou seja, o volume excedente, correspondente a esse período, sem analisar se o sistema é capaz de captar chuva para encher o volume de armazenamento proposto. Como resultado, temos volumes de armazenamento elevados sem, necessariamente, garantir atendimento total à

demanda, pois com um percentual de aproveitamento de 20, 30, 40 e 50%, temos alguns meses que apresentam um volume demandado maior do que o volume possível de ser armazenado (pontos acima da linha pontilhada).

### Método Iterativo

Segundo Anecchini (2005), o Método Iterativo é uma adaptação do Método de *Rippl*. Esse método de cálculo também faz um balanço de massa do sistema, utilizando como base a Equação 2. Entretanto, deu-se esse nome ao método pelo fato de ser o programador quem pré-determina o volume do reservatório, passando este a ser um dado de entrada para a planilha de cálculo. Esse método faz o cálculo do volume de chuva captável do sistema, e coloca esse dado à disposição do programador, para que o mesmo possa ter como base, para não pré-determinar nenhum volume acima do mesmo. Determinado o volume do reservatório pelo programador, o mesmo irá verificar se o percentual de demanda atendida está satisfatório, caso não esteja o programador altera o volume do reservatório até achar um valor ideal, o qual vai variar de acordo com as possibilidades físicas e financeiras de cada empreendimento.

Na Figura 7 pode-se observar o balanço hídrico do sistema, onde verifica-se que os percentuais de atendimento as demandas de 10, 20, 30, 40 e 50% propostas para cada mês do ano. Para o percentual de 10%, todos os meses do ano são obtidos percentuais de atendimento a demanda de 99,65%, para o percentual de 20%, todos os meses obtiveram um percentual de 99,65% exceto o mês de julho que apresentou o percentual de 82,25%. Para o percentual de 30%, os meses de janeiro a abril e de setembro a dezembro foram obtidos percentuais de 98,72% de demanda atendida, já os meses de maio, junho, julho e agosto apresentaram os percentuais de 82,33, 69,49, 54,33 e 66%, respectivamente. Para o percentual de 40%, os meses de janeiro a abril e de setembro a dezembro foram obtidos percentuais de 99,3% de demanda atendida, já os meses de maio, junho e agosto apresentaram os percentuais de 62,11, 52,42, 40,98 e 49,79%, respectivamente. Já para o percentual de 50%, os meses de janeiro a março e de outubro a dezembro apresentaram os percentuais de atendimento a demanda mais elevados (99,65%), para os meses de abril a setembro foram obtidos os percentuais de 97,75, 49,86, 42, 32,9, 39,97 e 92,51%. Os percentuais médios de demanda atendida foram de 99,65, 98,22, 88,49, 83,31 e 79,41%,

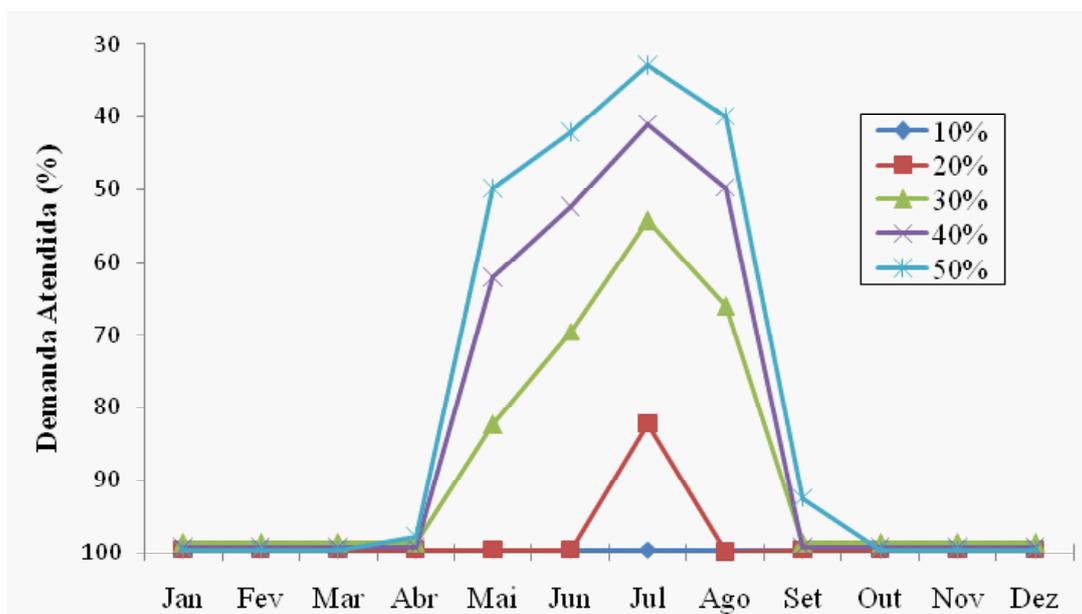


Figura 7. Demanda atendida de água de chuva para os percentuais de 10, 20, 30, 40 e 50%.

Verificou-se que apesar desse método ter o mesmo princípio de diagrama de massa do Método de *Rippl*, como ocorre a intervenção do programador na escolha do volume do reservatório, os resultados obtidos através desta modelagem foram mais enxutos em termo de volume do reservatório se comparados ao método de *Rippl*. Após realizar todas as modelagens, os volumes do reservatório propostos pelo dimensionamento foram de 71, 142, 215, 285 e 355 m<sup>3</sup> para os percentuais de aproveitamento de 10, 20, 30, 40 e 50%, respectivamente.

correspondentes aos percentuais de aproveitamento de 10, 20, 30, 40 e 50%, respectivamente.

### Dispositivos Utilizados no Sistema

Para armazenar essa água coletada se faz necessário um tratamento, a fim de atender os padrões de potabilidade determinados pela Portaria N° 2.914/11 do Ministério da Saúde (Brasil, 2014). Este tratamento utilizará um *by pass*, filtros, peça direcionadora de fluxo,

cloração, conjunto flutuante de sucção, extravasor e sifão ladrão, e finalmente, a bomba. Tais equipamentos serão detalhados nos itens subsequentes.

### By Pass

As águas dos dez primeiros minutos de chuva serão responsáveis pela lavagem do telhado e conseqüentemente, não serão reaproveitadas. Para impedir que estas águas sejam depositadas no reservatório, quatro *by pass* serão utilizados. Este dispositivo pode funcionar manualmente ou automaticamente. Ao iniciar a chuva o registro que ligará os condutores de água pluvial ao reservatório será fechado e simultaneamente o outro registro responsável pela eliminação será aberto, direcionando a água descartada para a galeria pluvial. Este dispositivo terá sua instalação ligada diretamente na galeria pluvial. Depois dos dez primeiros minutos o procedimento ocorrerá de forma inversa, o registro responsável pelo descarte será fechado e o registro responsável pela condução de água pluvial até o reservatório será aberto, dando continuidade ao processo para o aproveitamento da água captada.

### Filtração

A metragem da área de captação é um dos fatores relevantes para a determinação do tipo de filtro e do volume do reservatório, em um sistema de aproveitamento de água de chuva. Neste estudo, como a área de captação é de 6.267,35 m<sup>2</sup>, e o modelo de filtro adotado atende uma área máxima de 1.500 m<sup>2</sup>, foram adotados quatro filtros modelo “VF 6”, do fabricante 3P Techink.

O princípio deste equipamento consiste em frear a entrada de água de chuva na bacia superior, sendo esta então, conduzida para descer nas cascatas, devido ao seu design. A limpeza preliminar será realizada pelo princípio das cascatas, removendo assim, sólidos grosseiros e as impurezas retidas na tela para a galeria de água pluvial. A água de chuva, livre destas impurezas, passará por uma tela de malhas de 0,55 mm, localizada abaixo das cascatas e encaminhada para o reservatório. Por este filtro ser autolimpante, os seus intervalos de manutenção tornam-se mais espaçados, aumentando assim, a vida útil do equipamento.

### Peça direcionadora de Fluxo

Este material é produzido em polietileno de cor branca. Sua funcionalidade se dá para direcionar o fluxo da água de chuva filtrada no interior do reservatório e conseqüentemente, evitará que haja um turbilhonamento e a suspensão dos sedimentos, depositados no fundo do

mesmo. Ao mesmo tempo, a água que estará estocada no fundo do reservatório, receberá uma injeção de oxigênio. Assim, este oxigênio inibirá a possibilidade de ocorrência de um processo anaeróbio. Para este trabalho, serão adotados 4 peças do fabricante 3P Techink, com diâmetro de 200 mm.

### Cloração

Com base na literatura existente, é possível que a água pluvial coletada para fins não potáveis não necessite de tratamento, porém, caso haja manipulação humana desta água, existe a necessidade de tratamento, mesmo que primário. Como neste trabalho, o intuito é aproveitar a água de chuva captada para fins menos nobres, ocorrerá assim, um contato humano direto com a água captada. Visto isto, o tipo de tratamento que melhor atende as condições deste estudo, sem perder a eficiência no tratamento da água é o clorador flutuante. O clorador flutuante tem a função de realizar dosagens controladas de cloro em tabletes na água do reservatório. Por ser um dispositivo movido assegura a difusão do cloro por toda a cisterna, garantindo a renovação do processo. O modelo sugerido é o clorador flutuante do fabricante Sodramar.

### Conjunto flutuante para sucção de água

A água que deve ser retirada da cisterna não deve ser a água encontrada no fundo do reservatório, pois esta pode conter algum tipo de material sólido sedimentado. Para isso, torna-se necessário a utilização de um conjunto flutuante de sucção que utilizará as águas da parte superior do reservatório, onde se encontram mais limpas. Para isso sugere-se um conjunto flutuante de sucção de duas polegadas, do fabricante 3P Techink.

Este dispositivo possui uma boia, que manterá a entrada de sucção de água logo abaixo da superfície, e por segurança, esta entrada é dotada com mais um pequeno filtro. Uma válvula anti-retorno impedirá a entrada de óleo da bomba no reservatório, proporcionando assim uma segurança maior ainda. Devido à flexibilidade da mangueira, à funcionalidade deste dispositivo será mantida, independente do reservatório se encontrar cheio ou vazio.

### Extravasor e sifão ladrão

No reservatório deverá ser instalado um extravasor. Este pequeno dispositivo serve para descartar o excesso de água de chuva coletado, visto que em alguns períodos do ano, pode haver um excesso de água entrando no reservatório. O extravasor deverá possuir um sifonamento para manter sempre um fecho

hídrico. Ele será responsável também pela retirada das impurezas da superfície da água, pela inibição de cheiros oriundos da galeria pluvial e pelo bloqueio de entrada de animais no reservatório. Sendo assim, neste trabalho, será adotado o modelo de Sifão Ladrão de 200 mm de diâmetro, do fabricante 3P Techink.

### Bomba

Logo após a entrada de água filtrada no reservatório, o conjunto flutuante de sucção responsável pela utilização de águas de superfície, estará ligado a uma bomba hidráulica. Este dispositivo será responsável pela captação da água do reservatório para posterior utilização. Toda tubulação de condução desta água deverá ter a seguinte inscrição “água de reuso”. A profundidade total da cisterna será de 2,50 m, sendo sua lâmina de utilização de 2,00 m. Consultando o manual do fabricante da bomba, escolhido, optou-se por uma bomba hidráulica da Dancor, do tipo centrífuga, modelo CAM – W9C.

### Análise da Viabilidade Econômica

Realizou-se uma análise de viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água de chuva dimensionados a partir dos resultados obtidos pelo Método Interativo. A Tabela 2 mostra o custo do sistema de filtração de água de chuva composto por *by pass*, filtros, peça direcionadora de fluxo, cloração, conjunto flutuante de sucção, extravasor e sifão ladrão, mais a bomba, além dos custos de construção que envolve a movimentação de terra, estruturação e impermeabilizações para as 5 opções de reservatórios (71, 142, 215, 285 e 355 m<sup>3</sup>).

O custo médio mensal ao longo do ano com o abastecimento de água no campus é de R\$ 4.478,00 baseado nos valores pagos durante o período de 2012. Caso o sistema de captação seja implantado na Instituição, haveria uma economia média de aproximadamente 71, 142, 215, 285 e 355 m<sup>3</sup> de água potável por mês, levando em consideração os percentuais de aproveitamento de 10, 20, 30, 40 e 50%, respectivamente. Sendo assim, a Instituição deixaria de pagar por ano, um valor médio aproximado de R\$ 8.136,60 para um aproveitamento de 10%, de R\$ 16.273,20 para um aproveitamento de 20%, de R\$ 24.639,00 para um aproveitamento de 30%, de R\$ 32.661,00 para um aproveitamento de 40% e de R\$ 40.683,00 para um aproveitamento de 50%.

Como os custos totais de implantação deste projeto foram de R\$ 63.694,71; R\$ 86.997,90; R\$ 110.027,79; R\$ 131.218,97 e R\$ 153.579,26, os tempos de retorno previstos para cada um destes custos seriam de aproximadamente 7,8 anos (10% aproveitamento), 5,3 anos (20% aproveitamento), 4,5 anos (30%

aproveitamento), 4,0 anos (40% aproveitamento) e 3,8 anos (50% aproveitamento). A implantação deste sistema proporcionaria um grande potencial de economia de água potável, agregando benefícios ambientais imediatos na preservação dos recursos hídricos que abastecem a região, além de possibilitar o estudo no campus das técnicas de reaproveitamento da água de chuva.

### Conclusões

Comparando-se os três métodos de dimensionamento, verifica-se que o Método de *Rippl* foi o que apresentou os maiores volumes de reservatórios, 6.105,25 m<sup>3</sup> para um percentual de 10%, 5547,52 m<sup>3</sup> para 20%, 5080,97 m<sup>3</sup> para 30%, 4666,56 m<sup>3</sup> para 40% e 4312,49 m<sup>3</sup> para 50%, mostrando assim, não ser um bom modelo para dimensionamento, resultando em volumes exagerados.

Os resultados obtidos através do Método Azevedo Neto apresentam um volume menor que os obtidos pelo Método *Rippl*, correspondendo a um volume de reservatório de 1.400 m<sup>3</sup>, ainda muito além das necessidades verificadas nos diferentes percentuais de aproveitamento de água para fins não potáveis do campus.

Os resultados obtidos de volume de reservatório de 71 m<sup>3</sup> para um percentual de aproveitamento de 10%, 142 m<sup>3</sup> para 20%, 215 m<sup>3</sup> para 30%, 285 m<sup>3</sup> para 40% e 355 m<sup>3</sup> para 50% pelo Método Interativo foram mais realistas, uma vez que foi possível determinar o volume do reservatório, levando-se em conta os percentuais estimados de aproveitamento realmente necessários para atendimento da demanda. Com isso, foi possível propor volumes menores de armazenamento sem, entretanto perder em eficiência de atendimento à demanda de água não potável.

Foram obtidos custos totais de implantação de R\$ 63.694,71; R\$ 86.997,90; R\$ 110.027,79; R\$ 131.218,97 e R\$ 153.579,26, com tempos de retorno de aproximadamente 7,8; 5,3; 4,5; 4,0 e 3,8 anos levando em consideração os percentuais de aproveitamento de 10, 20, 30, 40 e 50%, respectivamente.

Diante dos resultados de dimensionamento mostrados, fica claro que é preciso conhecer os dados de entrada para alimentar os modelos de forma precisa, fazendo com que os mesmos resultem em volumes de armazenamento confiáveis sem serem super-dimensionados e que possam ter um custo de implantação viável.

### Referências

Anecchini, K. P. V. (2005). Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES), Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 150 p.

Tabela 2. Custos estimados de implantação do sistema

Descrição	Unidade	Aproveitamento	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
<b>Movimento de Terra (Escavações e Transportes)</b>	m <sup>3</sup>	10%	75	R\$ 41,95	R\$ 3.146,25
		20%	142		R\$ 5.956,90
		30%	215		R\$ 9.019,25
		40%	285		R\$ 11.955,75
		50%	355		R\$ 14.892,25
<b>Estruturas (Forma, Armação e Concretagem)</b>	m <sup>3</sup>	10%	14	R\$ 1.206,61	R\$ 16.892,54
		20%	28		R\$ 33.785,08
		30%	42		R\$ 50.677,62
		40%	55		R\$ 66.363,55
		50%	69		R\$ 83.256,09
<b>Impermeabilizações</b>	m <sup>2</sup>	10%	85	R\$ 75,00	R\$ 6.375,00
		20%	133		R\$ 9.975,00
		30%	174		R\$ 13.050,00
		40%	208,25		R\$ 15.618,75
		50%	242		R\$ 18.150,00
<b>Filtro VF6</b>	UN	--	4	R\$ 8.280,00	R\$ 33.120,00
<b>Conjunto Flutuante de Sucção 2"</b>	UN	--	1	R\$ 512,00	R\$ 512,00
<b>Sifão-ladrão 200mm</b>	UN	--	1	R\$ 786,00	R\$ 786,00
<b>Freio d'água 200mm</b>	UN	--	4	R\$ 578,00	R\$ 2.312,00
<b>Moto-bomba de 1/2 CV</b>	UN	--	1	R\$ 550,92	R\$ 550,92
<b>Custo Total</b>	--	10%	75	--	<b>R\$ 63.694,71</b>
		20%	147		<b>R\$ 86.997,90</b>
		30%	216		<b>R\$ 110.027,79</b>
		40%	289		<b>R\$ 131.218,97</b>
		50%	360		<b>R\$ 153.579,26</b>

ANA. Agência Nacional de Águas. (2015). Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/v2/RioParaibadoSul.aspx>

ANA. Agência Nacional de Águas. (2010). Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estado/Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília: Engecorps/Cobrape, 92 p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007). NBR 15527 - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 12 p.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011.

Carvalho, G. S., Oliveira, S. C., & Moruzzi, R. B. (2007). Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar. In: X

Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, São Carlos, 10 p.

Cipriano, R. F. P. (2004). Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso. Dissertação (Mestrado) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 89 p.

Coelho, G. M. (2008). Avaliação dos usos finais de água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau - SC. Relatório de Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Fewkes, A. (1999). The use of rainwater for WC flushing: the field-testing of a collection system. Building and Environment, v. 34, n. 9, p. 765-772.

Giacchini, M., & Filho, A. G. A. (2005). Aproveitamento da água de chuva nas edificações. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 9 p.

Instituto Nacional de Meteorologia (2012). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>, Acesso: 20 de junho de 2012.

May, S. (2004). Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 189 p.

May, S. (2003). Prefácio. In: Tomaz, P. Aproveitamento de água de chuva. 2ª Ed. São Paulo: Navegar Editora, p. 9-10.

Marinoski, A. K., & Ghisi, E. (2008). Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC, Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84.

Martini, F. (2009). Potencial de Economia de Água Potável por Meio do Uso de Água de Chuva em São Miguel do Oeste – SC, Florianópolis, 96 p.

Proença, L. C. (2007). Usos finais de água em edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. Relatório de Iniciação Científica. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Schiller, E., & Latham, B. Computerized Methods in Optimizing Rainwater Catchment Systems. In: Internacional Conference On Rainwater Cistern Systems, 1st, 1982, Honolulu, United States. Proceedings, Honolulu: IRCSA, 1982.

Tomaz, P. (2003). Aproveitamento de água de chuva. 2ª Ed. São Paulo: Navegar Editora, 180 p.

Tomaz, P. (2000). Previsão de consumo de água: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, p. 15-71.

3P Technik. (2013). Informações sobre o aproveitamento das águas de chuva. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/>>, Acesso em: 17 de junho de 2013.