

Identificação de Faces em Imagens Bidimensionais

David de S. A. Pereiral¹, José Antônio R. de Rapozo², Júlio César da Silva³,
Eugênio da Silva⁴

¹UNIFESO, Centro de Ciência e Tecnologia, Curso de Ciência da Computação, davids3d@gmail.com

²UNIFESO, Centro de Ciência e Tecnologia, Curso de Ciência da Computação, joseantonio.rapozo@gmail.com

³UNIFESO, Centro de Ciência e Tecnologia, Curso de Ciência da Computação; PUC-Rio, Departamento de Engenharia Civil, jcesarop@gmail.com

⁴UNIFESO, Centro de Ciência e Tecnologia, Curso de Ciência da Computação; PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, eugsilva@gmail.com

Resumo. *O objetivo deste trabalho é a realização de um estudo a respeito das técnicas de Biometria mais conhecidas e pesquisadas atualmente, suas aplicações e características, como confiabilidade e eficiência. Além disso, apresenta-se também a sua maturidade em âmbito internacional. O foco central do trabalho é o desenvolvimento de uma aplicação que faça a identificação de faces em imagens bidimensionais, que é considerada uma das técnicas de Biometria mais promissoras para o reconhecimento de pessoas à distância, sem contato físico e em meio a outras. Para isso, o sistema contempla as etapas de aquisição e tratamento da imagem, bem como a de identificação (localização) das faces na imagem. O trabalho apresenta ainda a modelagem do sistema e o estágio de desenvolvimento atual.*

1. Introdução

O cérebro humano é capaz de identificar diversos tipos de padrões, como formas, cores, tamanhos, além de ser apto também à identificação de padrões mais complexos podendo diferenciar sem grandes dificuldades a face de uma pessoa entre várias. Apesar de ser uma ação simples para o cérebro humano, esse tipo de reconhecimento necessita de um complexo processamento quando é feito através de *softwares* de computador.

O Reconhecimento Facial é uma das áreas da Biometria mais pesquisadas na atualidade cujos objetivos são Diferenciar uma pessoa de outra, identificar um usuário de um sistema, encontrar uma pessoa em meio a uma multidão.

Por isso, este trabalho visa estudar e analisar as formas de reconhecimento facial utilizadas atualmente procurando apresentar soluções mais eficientes, através de testes com um protótipo de *software*, para a identificação de faces em imagens bidimensionais, que servirá de base para o desenvolvimento de *softwares* de reconhecimento facial.

2. Biometria

Desde o início do desenvolvimento dos sistemas digitais, existe uma intensa preocupação com a segurança e proteção dos dados e dos usuários neste meio virtual. Uma das formas de segurança mais comuns é o uso de senhas pessoais, geralmente representadas por um ou mais conjuntos de caracteres, porém este modo de proteção apresenta diversas vulnerabilidades. Por mais segura que seja uma senha, há o risco de

que seja descoberta por outra pessoa ou *software*, esquecida ou roubada. Uma solução para este problema pode estar na Biometria [Patin 2003]. A Biometria pode ser pensada como uma chave bem segura, mas uma chave que não pode ser entregue a outra pessoa [IBIA 2006].

Biometria, do grego *bios* vida e *metron* medida, é a parte da Ciência que estuda as características físicas dos seres vivos, de forma estatística, analisando os padrões e os definindo em atributos quantitativos. Cada ser humano possui características que os tornam únicos no mundo, a distância entre os olhos, os padrões das impressões digitais, as formas e cores na íris, os sulcos no cérebro, a formação dos dentes e a organização do sistema circulatório são algumas dessas características. Quando estas características são analisadas em conjunto permitem o reconhecimento e a distinção de cada pessoa. Para possibilitar esse reconhecimento surgiu a Biometria.

Atualmente vários estudos vêm sendo realizados para permitir a aplicação da Biometria em diferentes áreas, atendendo desde o usuário de um computador doméstico que precisa restringir o acesso aos seus arquivos, até um sistema de segurança para identificação de criminosos entre multidões [Russel & Novirg 2004].

Baseando-se nos padrões definidos na Biometria, atualmente têm sido desenvolvidas diversas técnicas de reconhecimento, cada uma dessas técnicas direcionadas a distintos tipos de uso. Como exemplo de utilização pode-se citar escolas controlando a frequência dos alunos, aeroportos identificando os passageiros, bancos identificando os clientes, sistemas de segurança identificando criminosos, filas de atendimento reconhecendo as pessoas e enviando as informações ao atendente, dentre outras formas. As técnicas de Biometria mais utilizadas atualmente são a verificação dos Padrões nas veias das mãos, verificação da impressão digital, reconhecimento através da íris, reconhecimento através da retina, reconhecimento da voz, geometria da mão, análise da pele, identificação através da assinatura, reconhecimento facial.

3. Reconhecimento Facial

O cérebro humano é considerado um ótimo reconhecedor de padrões, podendo reconhecer algo que nunca viu. Por exemplo, se alguém é ensinado sobre o que é uma cadeira, porém durante a sua vida apenas viu cadeiras com quatro pernas, quando vir uma cadeira com três pernas ainda assim saberá que aquilo se trata de uma cadeira. Com as faces não é diferente, o cérebro humano consegue reconhecer pessoas rapidamente, analisando suas características, porém para um computador esse é um processo mais complexo.

Os *softwares* de reconhecimento facial que vêm sendo desenvolvidos atualmente baseiam-se em pontos estratégicos da face humana. Existem aproximadamente 80 pontos chave que juntos formam características únicas em cada ser humano, como a distância dos olhos entre si e entre outras partes do rosto, como a sobrancelha, o tamanho do nariz, a linha do queixo, largura da boca, entre outros. A captura e identificação desses pontos podem ser efetuadas em uma imagem com duas dimensões apenas buscando os pontos e analisando ou construindo um modelo em três dimensões dos pontos da face para obter uma maior precisão. Logo, após a captura é feita a transformação de cada ponto em dados numéricos que são comparados a outros armazenados em um banco de dados.

Para um processo de reconhecimento eficaz, devem-se levar em consideração diversas formas de reconhecimento desses padrões. Com base nisso, pode-se citar o reconhecimento em imagens faciais não frontais, em meio externo com influência de

luzes, de faces de homens, que são consideradas mais fáceis de reconhecer por terem características mais acentuadas, e de mulheres, que têm características mais suaves dificultando o processo.

O reconhecimento facial é uma das formas de Biometria mais pesquisadas. Porém atualmente tem pouca confiabilidade, devido à possibilidade de mutação através de acidentes e processos naturais como o envelhecimento ou artificiais como cirurgias plásticas, utilização de disfarces como máscaras, uso de cosméticos e produtos de rejuvenescimento. Em alguns sistemas até mesmo fotografias podem ser utilizadas para fraudar o processo de reconhecimento. Portanto, são necessárias mais pesquisas nesta área para um melhor aperfeiçoamento, uma diminuição do custo e uma maior confiabilidade.

O reconhecimento facial através de imagens em duas dimensões leva em consideração diversos padrões apresentados na face de determinada pessoa, como as medidas e proporções faciais. Com base nestas informações é criado um registro dos dados, que serão utilizados para efetuar as comparações e assim reconhecer ou não o indivíduo da imagem. Normalmente, é utilizada uma rede neural para o processo de reconhecimento, necessitando de diversas imagens para treinamento da rede e uma maior precisão na identificação.

O reconhecimento facial através de imagens bidimensionais leva em conta diversos padrões apresentados na face da determinada pessoa, como as medidas e proporções faciais. Com base nessas informações é criado um registro que, posteriormente, será utilizado para efetuar as comparações e assim reconhecer ou não o indivíduo da imagem [WPI 2004].

Atualmente existem diversas técnicas para o reconhecimento facial. Dentre elas podemos destacar a mais utilizada, PCA, ou análise de componentes principais, que é feita levando-se em consideração os pontos principais de onde é possível a obtenção de características fundamentais para o processo de reconhecimento da face humana.

A técnica PCA trata-se de um método estatístico multivariado que visa reduzir o tamanho da imagem facial com perda mínima de informação. Devido à velocidade e simplicidade do método, é um dos mais empregados atualmente. O PCA pode ser visto como uma transformação linear de 'm' variáveis em 'm' variáveis novas. Essas novas variáveis podem ser vistas de tal forma que a primeira variável represente a maior variação do conjunto de dados original, a segunda variável represente a maior variação restante e assim por diante. Por isso, pode-se dizer que a técnica PCA também funciona como um método de extração de características, pois se considerarmos as variáveis do objeto, o PCA transforma o conjunto de características originais em um novo conjunto de características (extração). Porém, neste novo conjunto podemos identificar quais são as características mais significativas, descartando as de menor importância.

A Figura 1 exemplifica o funcionamento de um sistema utilizando os *EigenFaces* extraídos através do método PCA. As características faciais são localizadas e extraídas da imagem, faz-se uma transformação determinando os valores, depois os fatores com maior quantidade de informação são separados para que o algoritmo de reconhecimento PCA recolha estas características extraídas da imagem apresentada, comparando-as com outras faces contidas num banco de dados. Quando há uma semelhança detectada o sistema calcula a probabilidade de semelhança e apresenta os resultados.

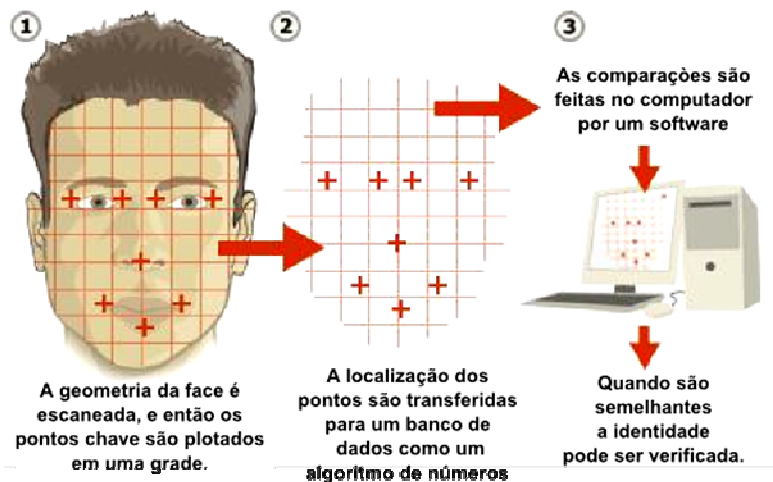


Figura 1. Ilustração do sistema de reconhecimento baseado em *EigenFaces* [BBC 2006].

4. *Software* para Reconhecimento de Faces em Imagens Bidimensionais

Para o desenvolvimento do *software* de identificação de faces em imagens bidimensionais, foi escolhida a linguagem de programação C#, utilizando o *framework* .NET, por disponibilizar uma vasta quantidade de recursos que podem ser utilizados no projeto [Microsoft 2008] e pela familiaridade com a linguagem.

Também foi necessária a utilização de uma biblioteca gráfica para possibilitar o tratamento e o processamento das imagens utilizadas. Foi utilizada a biblioteca inicialmente desenvolvida pela Intel, OpenCV, que é livre para uso acadêmico e comercial [OpenCV 2008].

A escolha das ferramentas de desenvolvimento e recursos necessários baseou-se principalmente no custo de desenvolvimento, permitindo que o *software* não possua um valor comercial considerado alto, quando totalmente implementado, o que pode possibilitar sua implantação em outros sistemas.

O objetivo do projeto é a construção de um *software* que faça a aquisição de uma imagem através de uma câmera ou de um arquivo em disco, trate-a e identifique faces, possibilitando que futuramente seja desenvolvida a etapa de reconhecimento das pessoas retratadas na imagem.

O *software* possui um módulo de aquisição da imagem através de uma câmera ligada ao computador ou através de um arquivo de imagem gravado no computador. Após a aquisição da imagem é executado o tratamento desta, a fim de melhorar a sua qualidade e de definir seus contornos, possibilitando que os padrões faciais sejam extraídos e que as faces sejam identificadas. Isso significa localizar possíveis faces na imagem obtendo suas posições. Isto possibilita que posteriormente seja desenvolvida a aplicação de reconhecimento destas faces localizadas na imagem. A Figura 2 mostra a tela do *software* com a imagem tratada e faces identificadas.

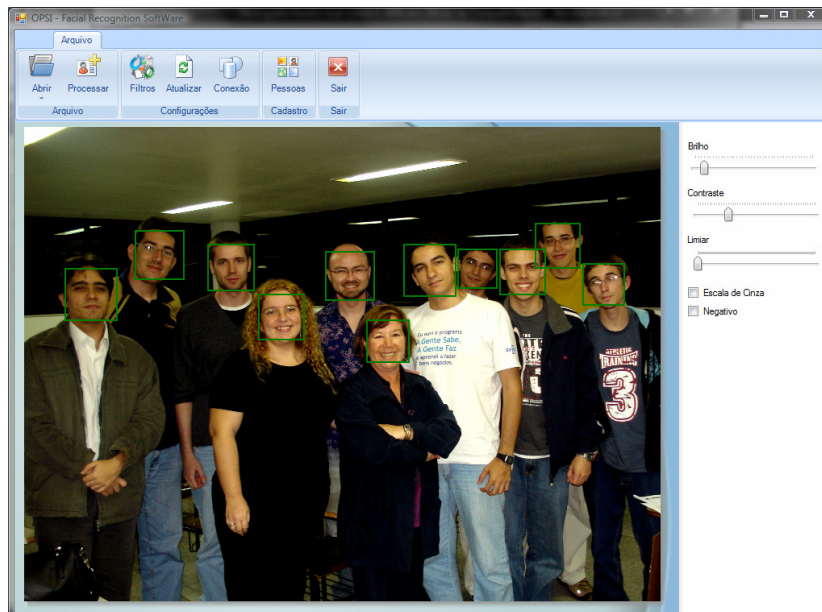


Figura 2 - tela do software com imagem tratada e faces reconhecidas.

4.1. Tratamento de Imagens para o Reconhecimento Facial

Para possibilitar o reconhecimento de faces em uma imagem estática, é necessária uma série de processos de preparação, tratamento e processamento dessas imagens [Gonzales & Woods 2002]. Dentre estes se podem citar as etapas mostradas no exemplo da Figura 3.

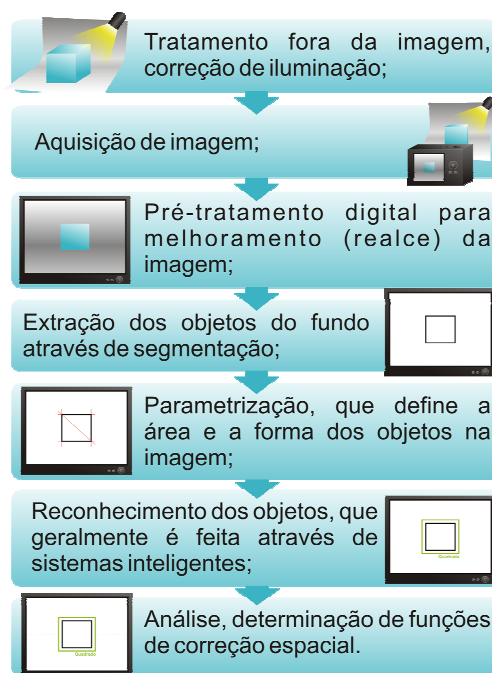


Figura 3 – Processo de aquisição e tratamento de imagens.

Existem duas técnicas de tratamento de imagem: a do domínio da frequência e a do domínio espacial. Técnicas fundamentadas no domínio espacial baseiam-se na manipulação direta dos pixels de uma imagem, podendo ou não levar em consideração a sua vizinhança. As técnicas fundamentadas no domínio da frequência baseiam-se na utilização de transformadas, como por exemplo, a transformada de *Fourier*. Segundo Gonzalez & Woods (2002) funções de processamento de imagens no domínio espacial

podem ser expressas como $g(x,y) = T[f(x,y)]$ em que $f(x,y)$ é a imagem de entrada, $g(x,y)$ é a imagem processada e T é um operador sobre f .

Os principais processos de tratamento de imagens utilizados no reconhecimento de padrões após a aquisição da imagem são a conversão da imagem, caso colorida, em tons de cinza, a binarização, a detecção do contorno, e a segmentação [Gonzales & Woods 2000].

4.2. Detecção de Pele

A detecção da pele é um passo muito importante em muitos sistemas que utilizam visão computacional, como por exemplo, posicionamento de pessoas, detecção da mão e localização da face. Devido à grande quantidade de possíveis variações que os valores dos pixels podem sofrer em uma imagem digital, devido principalmente à iluminação, esta torna-se uma tarefa difícil.

O processo de detecção de pele descrito por Gomez, Sanchez & Sucar (2000) pode utilizar-se de um espaço bidimensional, obtido quando se relaciona o componente E, do espaço de cor YES, com o componente R/G do espaço de cores RGB, resultando em um agrupamento com uma taxa de 95% de acerto, conforme ilustrado na Figura 4.

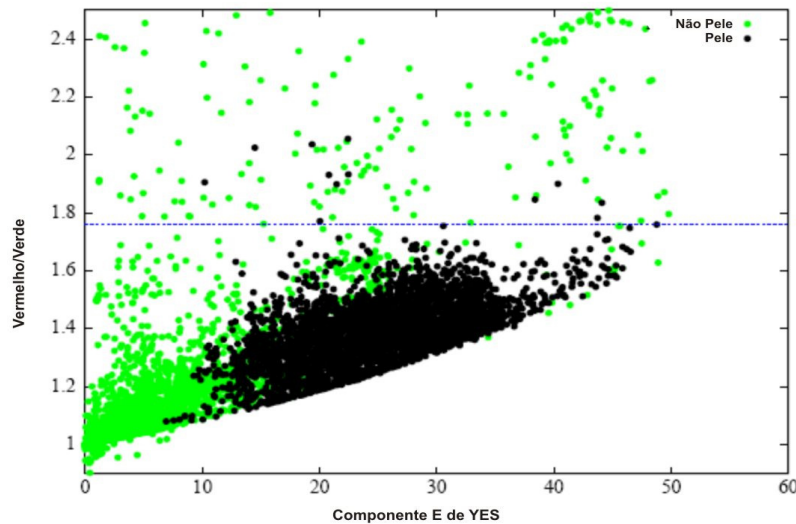


Figura 4 - Espaço de cores para a detecção da pele [GOMEZ, SANCHEZ & SUCAR 2000].

No espaço de cor YES, o Y representa a componente luminância, como uma soma dos valores de R, G e B, e o E e S representam os fatores de cromaticidade. O sinal no fator E é proporcional a diferença entre os canais de cor vermelho e verde, enquanto o fator de cor S é proporcional ao amarelo menos o azul [Lin 2003]. A Figura 5 ilustra os resultados obtidos com esta técnica em uma imagem digital. O processo de reconhecimento de pele é utilizado na etapa de validação da face detectada, como uma tentativa de eliminar possíveis falsos positivos.

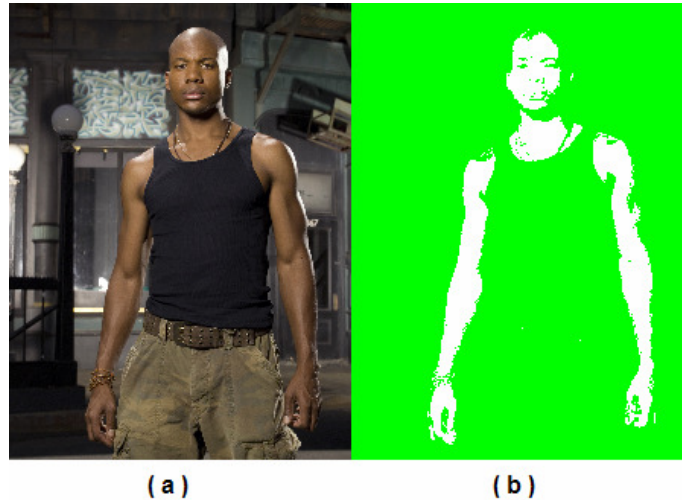


Figura 5 - Imagem normal (a); Imagem com reconhecimento de pele (b).

4.3. Biblioteca OpenCV

Para o processamento da visão computacional no projeto foi utilizado o OpenCV. OpenCV é uma biblioteca destinada à visão computacional desenvolvida pela Intel. É uma biblioteca *open source*, livre para uso comercial e de pesquisa sob a licença BSD, uma licença de código aberto considerada pouco restritiva quando comparada a outras licenças, pois se restringe principalmente ao reconhecimento dos autores.

A biblioteca OpenCV provê uma série de facilidades quanto ao uso de funções algébricas, operações com matrizes, além de acesso facilitado a dispositivos de captura de imagens como webcams por exemplo.

Lançada oficialmente em 1999, o projeto do OpenCV foi inicialmente desenvolvido pelos pesquisadores da Intel na tentativa de alavancar aplicações de grande porte, como projetos de *Ray tracing* em tempo real e *interfaces 3D*. Os objetivos do projeto foram descritos como:

- Avançar a pesquisa em visão computacional, provendo não somente um código aberto, mas também otimizado para infra-estrutura básica da visão computacional. Não seria mais necessário reinventar a roda.
- Alavancar a quantidade de aplicações comerciais baseadas em visão computacional, tornando-as portáteis, com código otimizado de graça, e com uma licença que permite que estas aplicações não sejam *open source* ou *freeware*.

A versão final oficial foi liberada em 2000. O OpenCV encontra-se atualmente na versão 1.0 liberada em no final 2006.

4.4. Treinamento

Para o processo de treinamento (Figura 6) precisa-se de uma grande base de dados contendo faces (imagens positivas) e não-faces (imagens negativas). Uma boa escolha para imagens de faces é a base de dados MIT CBCL Face Data, disponível para *download* por CBCL (2000). Esta base contém 2.429 imagens de faces e 4,548 imagens de não faces, além de possuir um conjunto de testes contendo 472 imagens de faces e 23.573 imagens de não-faces. Todas as imagens possuem a resolução de 19x19, em escala de cinza no formato pgm.



Figura 6 - Processo de treinamento e testes.

O primeiro passo é criar amostras de treinamento. Isto pode ser feito através da função *cvCreateTrainingSamples*, que recebe por parâmetros o nome da imagem, o nome de um arquivo que contenha uma lista de imagens negativas e o nome do arquivo de saída que será gerado pela função. Esse arquivo será usado no processo de treinamento. O processo de treinamento é executado através da função *cvCreateTreeCascadeClassifier*, onde são passados por parâmetro, o diretório onde serão geradas as informações do treinamento, o arquivo de amostras gerado no passo anterior e o arquivo com a lista de arquivos negativos.

5. Resultados

As taxas de acerto na localização das faces em imagens coloridas com resolução de 640x480, com apenas uma face foi de 93,86%, para um conjunto de 750 imagens de 20 indivíduos diferentes (15 imagens de cada indivíduo), o que equivale a 704 faces identificadas. Houve 133 falsos positivos, dos quais 97 foram detectados como não-faces pelo processo de reconhecimento de pele, o que equivale a 72,93% da quantidade total de falsos positivos. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos.

Tabela 1 - Tabela de Resultados

Total de faces	Faces Identificadas	Falsos Positivos	Falsos positivos identificados
750	704 (93.86%)	133	97 (72,93%)

6. Conclusões

As técnicas de Biometria estão sendo cada vez mais utilizadas atualmente, pois possibilitam uma melhor segurança e um melhor controle de acesso, do que outros métodos como cartões magnéticos e códigos de barras. Isto atende a diversos tipos de

necessidade, tanto para restrição de acesso de usuários num microcomputador doméstico, quanto em grandes corporações controlando as áreas de acesso restrito e a frequência de seus funcionários, ou até mesmo para uso em sistemas de segurança identificando suspeitos em aeroportos e locais públicos.

O desenvolvimento e pesquisas de novos projetos de Biometria tornam-se necessário para assegurar que estas técnicas possuam uma maior confiabilidade em um futuro próximo. Estima-se que futuramente o uso da Biometria esteja ainda mais aprofundado na sociedade e que as pessoas não precisarão mais de senhas, chaves, cartões de acesso, para serem identificadas em meios digitais, pois a única chave seriam elas mesmas.

Com o desenvolvimento do *software* de identificação de faces em imagens com duas dimensões, verificou-se através de testes que o mesmo possui uma quantidade satisfatória de acertos na localização de faces nas imagens, porém alguns erros ainda foram encontrados. Quando utilizado com o algoritmo de identificação de pele sua confiabilidade aumentou, com um nível maior de acertos, porém mantendo a marcação dos falsos positivos para garantir uma maior confiabilidade.

A próxima etapa necessária para o desenvolvimento do *software* é a fase de reconhecimento facial, que poderá ser feita utilizando o método PCA para extração das *Eigen Faces*. Para reduzir a possibilidade de falhas e de tentativas de fraudes na utilização do *software* é importante a integração do reconhecimento facial com outras técnicas de Biometria, como por exemplo, a verificação através da íris. Por fim, seria importante a finalização do *software* preparando-o para a utilização juntamente a outros sistemas, possibilitando assim a sua integração com maior facilidade, o que o tornaria um *software* completo e pronto para a utilização.

Referências Bibliográficas

- BBC (2006). Biometric Technology. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk/2/shared/spl/hi/guides/456900/456993/html/nn2page1>. Último acesso em dezembro de 2008.
- CBCL (2000), Face Recognition Database. Disponível em <http://cbcl.mit.edu/projects/cbcl/software-datasets/faces.tar.gz>. Último acesso em novembro de 2008.
- Gomez, G., Sanchez, M., Sucar, L. E. (2000), On selecting an appropriate colour space for skin detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVRP, v.1.
- Gonzales, R. C. e Woods, R. E. (2000). Processamento de imagens digitais. Editora Blücher. São Paulo.
- Gonzales, R. C. and Woods, R. E. (2002). Digital ImageProcessing, Second Edition. Prentice-Hall, Inc.
- Lin, Chiunhsiun (2003). Detection Of Human Faces Using Yes Color Space And Triangle-Based Approach. Disponível em: <ftp://ftp.research.microsoft.com/Users/PR-SpecialIssue/facedetect-6-lin.pdf>. Último acesso em novembro de 2008.
- Microsoft (2008). Microsoft Visual Studio developer Center. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/default.aspx>. Último acesso em: 14 de janeiro de 2009.
- OpenCV (2008). OpenCV Wiki. Disponível em: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>. Último acesso em 13 de fevereiro de 2009.

**Revista TECCEN – Edição Especial – volume 2 – número 1 - março de 2009 –
ISSN 1984-0993**

Patin, F. (2003). An Introduction to digital image processing. Disponível em: <http://www.yov408.com/imageproc/ImageProc.pdf>. Último acesso em 14 de fevereiro de 2009.

Russel, S. e Norvig, P. (2004). Inteligência Artificial. Editora Campus, São Paulo.

WPI (2004). A Facial Recognition Primer. Disponível em: <http://www.wpi.edu/News/Transformations/2002Spring/recognition.html>. Último acesso em 16 de janeiro de 2009.