

Desenvolvimento de um Sistema de Biometria Facial Baseado em Técnicas de Visão Computacional

Iago Garcia Vargas¹, Josué Silva de Moraes¹

¹Faculdade de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
CEP 38400-902 – Uberlândia – MG – Brasil

iagogarcia@ufu.br, josue@eletrica.ufu.br

Abstract. *The computer vision has been a frequently used tool in the most diverse devices of technology, in this field of study, facial recognition is a technology that has great advantages because it allows the identification and authentication of users independent of contact. One of its main applications is in the security market, for example in the development of biometric systems. In this perspective, this article presents the implementation of an electronic point management system based on facial recognition techniques, aiming at proposing a more secure and effective system in the process of point authentication within organizations.*

Resumo. *A visão computacional tem sido uma ferramenta comumente utilizada nos mais diversos dispositivos de tecnologia, dentro deste campo destaca-se o reconhecimento facial, tecnologia que apresenta grandes vantagens por permitir a identificação e autenticação de usuários independente de contato. Uma de suas principais aplicabilidades está no mercado de segurança, como por exemplo no desenvolvimento de sistemas de biometria. Nesta perspectiva, este artigo apresenta a implementação de um sistema de gestão de ponto eletrônico baseado em técnicas de reconhecimento facial, visando propor um sistema mais seguro e eficaz no processo de autenticação de pontos dentro das organizações.*

1. Introdução

Numerosos seres vivos têm no seu sistema de visão o elemento sensorial mais importante para a sua sobrevivência e para as suas condições de vida. A importância do sistema de visão prende-se com a riqueza de informação que este faculto, não só em termos quantitativos, mas também qualitativos. Tais informações permitem, por exemplo, a detecção e o seguimento de certos alvos (predadores, alimento, etc.), a determinação de obstáculos na sua trajetória, em suma, informações sobre o ambiente que rodeia cada ser [da Silva Tavares et al. 2000]. Baseado neste cenário, a comunidade científica têm realizado intenso esforço no sentido de prover sistemas computacionais de modelagem e replicação da visão humana, seja ele a nível de software ou hardware. Desta forma, surge então uma importante área da computação, a visão computacional. Embora normalmente conhecida por esta titulação, esta área possui uma vasta variedade de denominações, como: visão cibernética, visão de máquina ou até mesmo visão robótica [Menotti et al. 2015].

Dentro do campo da visão computacional podemos destacar uma importante e desafiadora área, o reconhecimento facial. Esta é uma técnica biométrica que consiste em identificar padrões em características faciais como formato da boca, do rosto, distância dos olhos, entre outros. Um humano é capaz de reconhecer uma pessoa familiar mesmo com muitos obstáculos como distância, sombras ou apenas a visão parcial do rosto. Uma máquina, no entanto, precisa realizar inúmeros processos para detectar e reconhecer um conjunto de padrões específicos para rotular uma face como conhecida ou desconhecida. Para isso, existem métodos capazes de detectar, extrair e classificar as características faciais, fornecendo um reconhecimento automático de pessoas [Silva and Cintra. 2015].

Uma das aplicabilidades do reconhecimento facial é a autenticação biométrica de funcionários para realização de controle de ponto. Quando um funcionário chega à empresa, ao adentrar em seu posto de trabalho, ele deve passar pelo relógio de pontos para autenticar sua entrada. Esse processo fornece informações extremamente importantes para a organização, pois está diretamente ligada ao custo que a empresa terá com os salários. Porém, a grande questão é: “Como a empresa terá certeza de que foi aquele funcionário que realmente bateu o ponto e não outro?”.

Buscando solucionar tal questão, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de autenticação biométrica. Este será focado no reconhecimento facial, de tal forma que possa oferecer às organizações um controle mais eficaz e seguro, buscando inibir a prática de fraudes.

2. Métodos

2.1. Eigenface

Na literatura é possível encontrar diversas técnicas de reconhecimento facial, entre elas eigenface, fisherface, speed up robust features, redes neurais convolucionais, etc. Como o eigenface é uma das técnicas primitivas, optou-se por utilizá-la no projeto visando verificar sua acurácia para futuramente compará-la com as demais técnicas existentes.

O método eigenface é uma técnica de detecção e reconhecimento facial que se baseia em linearmente projetar o espaço de imagens em um espaço de características com dimensões reduzidas, obtidas fazendo uso da análise de componentes principais (ACP), também conhecido como método Karhunen-Loeve [Belhumeur et al. 1997].

Ao ser computado, o eigenface cria vetores eigenvectors através da técnica ACP. Este é responsável por treinar uma base de dados de imagens, transformando as informações visuais em vetores, que representam os pontos mais marcantes na imagem, esses vetores podem ser utilizados para detecção de objetos, padrões e faces humanas. Qualquer aplicação que se propõe a realizar o reconhecimento facial utilizando o eigenface deve utilizar uma base de dados capaz para receber os valores gerados pelo algoritmo [Machado et al. 2009].

A técnica consiste em primeiramente obter um conjunto de faces I_1, I_2, \dots, I_M e representar estas faces como vetores Γ_i . A partir destes vetores calculamos a face média através da equação 1.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \quad (1)$$

Calcula-se, então, a diferença entre a imagem original e a média, equação 2.

$$\phi_i = I_i - \Psi \quad (2)$$

Posteriormente é calculada a matriz de covariância C , onde $A = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_M]$ (Matriz $N^2 \times M$), equação 3.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \phi_n \phi_n^T = AA^T \text{ (Matriz } N^2 \times N^2\text{)} \quad (3)$$

O próximo passo é calcular os autovetores e autovalores da matriz de covariância. A matriz C tem dimensão $N^2 \times N^2$, então N^2 seria composto por eigenface e autovalor. Para uma imagem de 256×256 , por exemplo, significa que temos que computar uma matriz de $65,536 \times 65,536$ e calcular 65.536 eigenfaces. Computacionalmente, isto não é muito eficiente, já que a maioria desses eigenfaces não é útil para a tarefa de reconhecimento. Em geral, o ACP é usado para descrever um grande espaço dimensional com um conjunto relativamente pequeno de vetores. Podemos calcular apenas os significativos $(M - 1)$ [Belhumeur et al. 1997]. Constrói-se uma matriz $L = A^T A$ (Matriz $M \times M$), calcula-se os autovetores v_i de $L = A^T A$. Os M autovetores de L são usados para encontrar os M autovetores u_i de C que formam a base de eigenfaces, equação 4.

$$u_i = \sum_{i=1}^M v_i \phi_i \quad (4)$$

Com a base de eigenfaces treinada o aplicativo estará pronto para realizar o reconhecimento, que é feito através da equação 5.

$$W_k = u_k^T (T - \Psi) \quad k = 1, 2, \dots, M' \quad (5)$$

Para cada nova imagem de face que precise ser identificada, equação 6, é calculada as distâncias mínimas d_i , equação 7, que formam a classe i de faces e a distância d , equação 8, que refere-se à distância do espaço de faces, a qual é comparada com um limiar Θ a ser definido.

$$\Omega = \begin{bmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_{M'} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$d_i^2 = \|\Omega - \Omega_i\| \quad (7)$$

$$d^2 = \|\Omega - \Omega_f\| \quad (8)$$

Ao definir o limiar é realizado a classificação conforme condição abaixo:

$$\left\{ \begin{array}{l} d > \theta, \text{ não é uma face} \\ d_i > \theta \text{ e } d < \theta, \text{ face desconhecida } \notin a_i \\ d_i < \theta \text{ e } d < \theta, \text{ face conhecida } \in a_i \end{array} \right.$$

3. Desenvolvimento

3.1. Sistema de ponto Eletrônico

O ponto eletrônico é todo sistema que possibilite registrar e gerenciar os horários de trabalhos diários em uma empresa. O sistema deve permitir a impressão de quatro comprovantes diários relativos à entrada e saída dos funcionários no começo e no fim da jornada de trabalho e na saída e volta do horário de almoço. O sistema proposto neste trabalho é capaz de realizar todo o controle e gestão dos funcionários, além de possibilitar o registro de horas trabalhadas. A arquitetura do sistema é apresentada na figura 1.

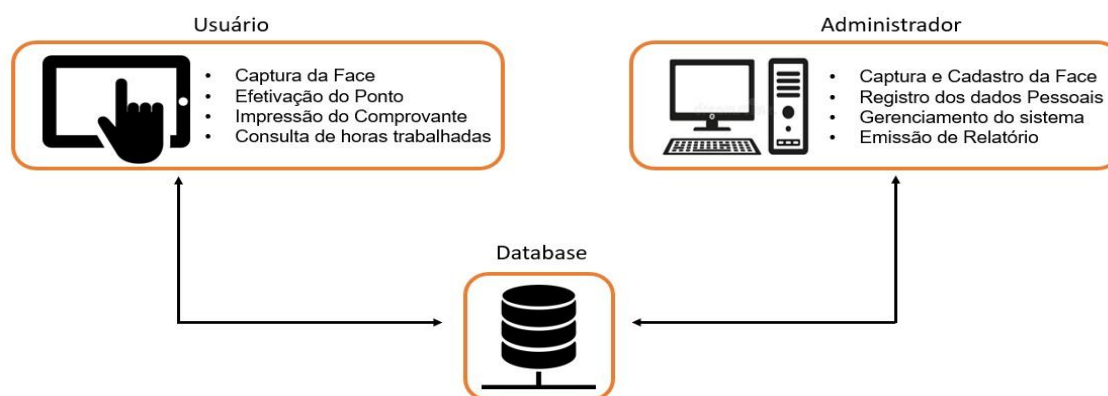


Figura 1. Arquitetura do Sistema.

O sistema conta com uma plataforma voltada para usuários em geral e outra para o administrador do sistema. A plataforma do usuário dispõe das funcionalidades de realizar o reconhecimento da face permitindo a efetivação do seu ponto, de tal forma que quando o usuário se posiciona em frente a câmera o sistema realiza o reconhecimento de sua face e libera o botão de autenticação do ponto. Quando o usuário efetiva a autenticação do ponto os dados de hora e data da autenticação são armazenados no banco de dados, na tabela de pontos daquele determinado usuário. A plataforma do administrador é de acesso restrito, pois esta fornece permissões privilegiadas, como cadastro de novos usuários, registro de dado, realizar consultadas de dados de usuário e ainda emitir relatórios referente aos pontos.

3.2. Implementação da Detecção e Reconhecimento da Face

De modo a implementar o sistema em questão é necessário a utilização de ferramentas que auxiliem o seu desenvolvimento. Para este trabalho optou-se por utilizar a biblioteca OpenCv aliada à IDE Visual Studio, utilizando a linguagem de programação C# para realizar a detecção e posteriormente o reconhecimento da face. No desenvolvimento do código foi necessário dividir a implementação do algoritmo em duas etapas, sendo elas a de detecção da face e a de reconhecimento da face. Desta forma o software será capaz de capturar imagens de uma webcam realizando a detecção e posteriormente o reconhecimento da face na imagem.

A biblioteca em questão facilita muito o processo de implementação, pois esta já disponibiliza métodos prontos e de código aberto para realização das atividades de detecção e de reconhecimento, desta forma é possível adaptar o código e ainda modificá-

lo de acordo com as necessidades do sistema. A figura 2 apresenta a estrutura para implementação do processo de detecção.

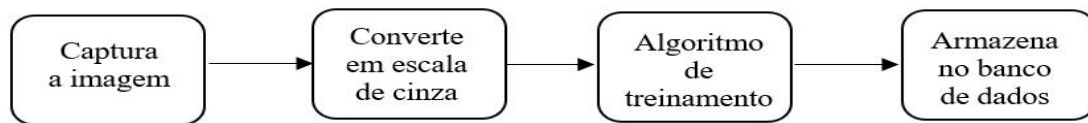


Figura 2. Estrutura do processo de detecção da face.

Na etapa 1, é feita a captura da imagem do usuário. Na etapa 2 é realizado a conversão da imagem original para escala de cinza e também o redimensionamento da imagem, esta fase é de grande importância, pois se trata de um sistema em tempo real, logo o tratamento da imagem em apenas dois canais e o dimensionamento da imagem para um tamanho menor contribui para o desempenho do sistema no quesito tempo de processamento. Na terceira etapa entra em cena o algoritmo eigenface, o qual realiza toda parte do treinamento, descrita na seção 2.1. A quarta etapa se refere ao armazenamento da imagem treinada no banco de dados para posteriormente ser usada no processo de reconhecimento facial.

3.3. Interfaces do Software

Uma interface, em ciência da computação, é a fronteira que define a forma de comunicação entre duas entidades. Ela pode ser entendida como uma abstração que estabelece a forma de interação da entidade com o mundo exterior, através da separação dos métodos de comunicação externa dos detalhes internos da operação, permitindo que esta entidade seja modificada sem afetar as entidades externas que interagem com ela [Cook, 2007]. Fazendo o uso da linguagem de programação C# e do editor de código Visual Studio foi desenvolvida uma interface gráfica para a comunicação homem-máquina a qual contempla dois perfis, o do Administrador do sistema e do usuário final.

A interface do administrador, figuras 3 e 4, são usadas pela gerência do departamento permitindo realizar as seguintes atividades: cadastro de novos funcionários, cadastro da face dos funcionários, alteração e exclusão de dados e emissão de relatórios gerenciais. Todos os dados são armazenados no Postgresql, banco de dados escolhido para operar juntamente com o software.

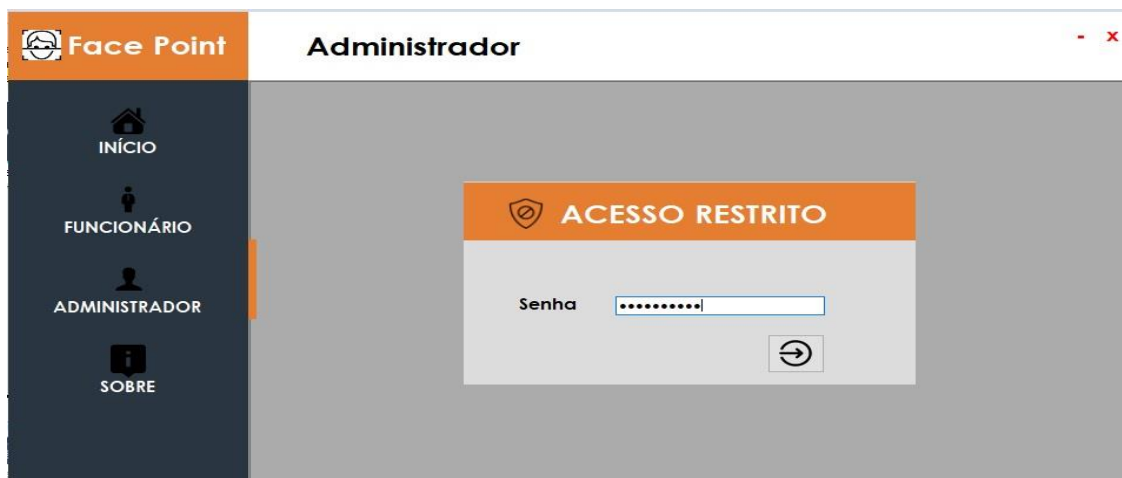


Figura 3. Interface de Login do Administrador.



Figura 4. Interface de cadastramento e treinamento da face no banco de dados.

A interface do usuário, figura 5, é utilizada para que o funcionário possa autenticar seu ponto diário e emitir o comprovante da efetivação do mesmo. O sistema ao fazer a leitura da face do usuário realiza o reconhecimento e associa a sua face ao número do seu CPF. Na figura 5, o CPF do usuário é ocultado para fins de preservação de identidade.

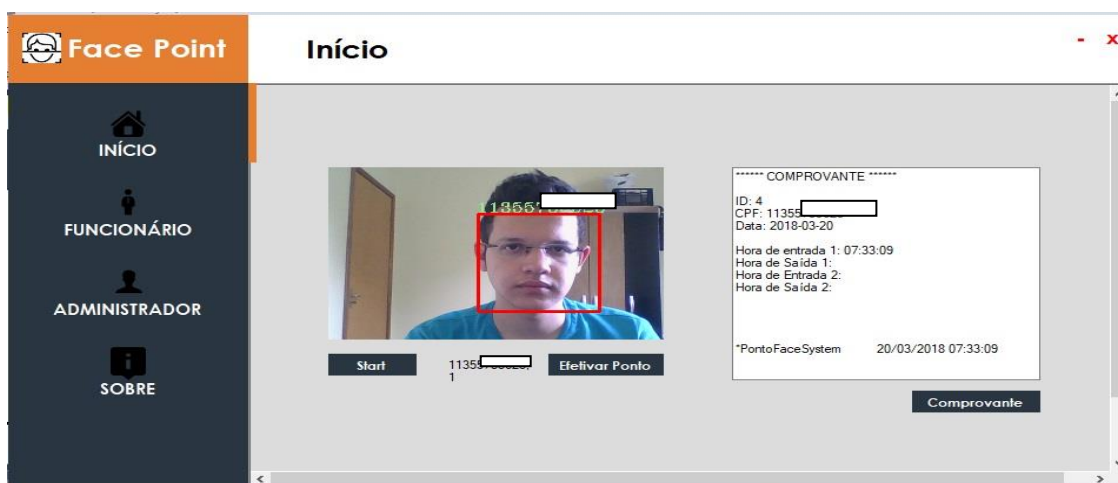


Figura 5. Interface para autenticação do ponto eletrônico.

4. Resultados

Para realização dos testes foram utilizados 14 voluntários para criação de 5 bancos de imagens de faces. O objetivo foi criar bancos com diferentes quantidades de faces, de forma a analisar a relação quantidade de faces versus qualidade no reconhecimento. Todas as imagens foram salvas com resolução de 100x100 pixels e em formato bmp. O primeiro banco de faces contou com 56 imagens, sendo 4 imagens com expressões distintas de cada pessoa. O segundo banco teve um total de 112 imagens, sendo 8 imagens com expressões distintas de cada indivíduo. O terceiro banco foi construído com um montante de 140 faces, divididas entre as 14 pessoas, tendo 10 faces cadastradas para cada indivíduo. O quarto contou com 196 faces, também divididas igualmente entre os voluntários. Por último foi criado um banco com 252 imagens, sendo composto de 18 faces de cada voluntário. Com todos os quatro bancos de imagens criado, o objetivo foi verificar qual o banco iria fornecer o melhor benefício para o sistema, visto que os fatores

relevantes para o sistema são prezar pela velocidade de processamento e pela maior porcentagem de acertos. A tabela 1 apresenta o resultado obtidos durante os testes.

Tabela 1 – Experimentos com os bancos de imagens

Banco de Imagens	Total de Imagens	Total de Imagens Por Indivíduo	Total de Testes Por Indivíduo	Acertos	Erros
1	56	4	20	7	13
2	112	8	20	12	8
3	140	10	20	17	3
4	196	14	20	19	2
5	252	18	20	19	2

De acordo com os testes realizados, tabela 1, foi possível perceber que o sistema opera com uma boa taxa de acerto para um banco de imagens composta por mais de 14 imagens por indivíduo, verificando que com este número obtemos um erro de 5%. Alguns autores como [Diniz et al. 2013], [Da Silva and Del Val Cura. 2016] e [Guimarães. 2016] em seus trabalhos obtiveram uma margem de erro variando de 2% a 15%, fazendo o uso do mesmo método. Logo, a taxa de 5% alcançada neste trabalho é extremamente aceitável quando se usa o eigenface.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um sistema de biometria facial baseado na técnica de reconhecimento facial eigenface. O principal objetivo do projeto foi desenvolver um sistema de gestão de ponto eletrônico mais eficaz para as organizações, buscando levar para estas um ambiente mais seguro, eficaz e dotado de tecnologia.

Durante o desenvolvimento do projeto foi perceptível a baixa eficácia do algoritmo eigenface quando aplicado em vários ambientes com diferentes luminosidades, porém, como o sistema proposto foi desenvolvido para atuar de forma estática, ou seja, estaria fixo em um único ambiente onde a luminosidade se mantém praticamente a mesma nos períodos de uso do software, este fator se tornou irrelevante para o sistema em questão, fato este que não interferiu nos resultados dos testes. Como trabalho futuro, pretende-se estudar outras técnicas de reconhecimento facial, buscando atingir o menor erro possível, visto que para implementação do sistema nas organizações devemos obter um erro próximo de zero, desta forma poderemos, de fato, levar para as empresas um sistema seguro e eficaz.

Referências

da Silva Tavares, J. M. R. (2000). Análise de movimento de corpos deformáveis usando visão computacional.

- Menotti, D., Chiachia, G., Pinto, A., Schwartz, W. R., Pedrini, H., Falcão, A. X., & Rocha, A. (2015). Deep representations for iris, face, and fingerprint spoofing detection. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 10(4), 864-879.
- Silva, A. L., & Cintra, M. E. (2015). Reconhecimento de padrões faciais: Um estudo. In *Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional, 2015, Proceedings ENIAC* (pp. 224-231).
- Belhumeur, P. N., Hespanha, J. P., & Kriegman, D. J. (1997). Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 19(7), 711-720.
- Turk, M., & Pentland, A. (1991). Eigenfaces for recognition. *Journal of cognitive neuroscience*, 3(1), 71-86.
- Machado, B. B., de Araújo Barros, M. M., Maia, M. L., & Ubirajara, G. P. G. (2009). Implementação de um Algoritmo de Reconhecimento Facial Usando EIGENFACE. *e-xacta*, 2(2).
- Cook, S., Jones, G., Kent, S., & Wills, A. C. (2007). *Domain-specific development with visual studio dsl tools*. Pearson Education.
- Diniz, F. A., Neto, F. M. M., Júnior, F. D. C. L., & Fontes, L. M. O. (2013). RedFace: um sistema de reconhecimento facial baseado em técnicas de análise de componentes principais e autofaces. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 5(1), 42-54.
- da Silva, J. J., & del Val Cura, L. M. (2016). Combinação de Classificadores Floresta de Caminhos Ótimos aplicados no Reconhecimento Facial.
- Guimarães S, R. M. (2016). Desenvolvimento de um protótipo de software de reconhecimento facial de tempo real para registro eletrônico de ponto em ambientes indoor com a utilização do dispositivo Kinect. *Projetos e Dissertações em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento*, 4(1).