

# SISTEMA BIOMÉTRICO DE VERIFICAÇÃO DE PESSOAS A PARTIR DA GEOMETRIA DA MÃO

A. Canestraro\*, Y. M. Shiga \*, A. Zimmer\* e G.L. Ferrari\*

\*Departamento de Engenharia Elétrica/UFPR, Curitiba, Brasil  
e-mail: amanda\_canestraro@hotmail.com

**Resumo:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema para verificação de identidade baseado nas características extraídas da geometria da mão. As imagens do banco de dados são pré-processadas para que seja possível realizar a extração de primitivas. Para realizar os testes do sistema foram utilizados dois bancos de dados em que o usuário possui liberdade de movimento, sem pinos para fixar a posição dos dedos e da mão. Para realizar a classificação utilizou-se a soma de distâncias euclidianas. Com o banco de dados de Boreki os resultados obtidos foram melhores que do autor mostrando que a metodologia utilizada é válida. Com o banco CASIA-Multi-Spectral-PalmprintV1 a taxa de acertos é 83,2% e a taxa de erros iguais é 16,8%.  
**Palavras-chave:** biometria, geometria da mão, verificação pessoal.

**Abstract:** *This works presents the development of a system for identity verification based on hand geometry. The images in the database are preprocessed to be possible to extract the primitives. To teste the system two databases were used. In these databases the user has freedom of movement, without pins and pegs to fix the fingers and the hand. Euclidian distance was used to classification. In Boreki's database the results obtained were better than the author ones demonstrating that the methodology used is valid. In CASIA-Multi-Spectral-PalmprintV1 database the system rate ratio is 83,2% and the equal error rate 16,8%.*

**Keywords:** *biometrics, hand geometry, personal verification.*

## Introdução

A biometria utiliza métodos automatizados para reconhecimento de uma pessoa através de suas características fisiológicas ou comportamentais. A biometria pode ser utilizada em diversos casos inclusive na verificação de pacientes para fins de cadastro e acompanhamento. Atualmente, diversas características biométricas são utilizadas para realizar a identificação e verificação pessoal, entre elas pode-se destacar: a íris, a retina, a impressão digital, a geometria da mão, as linhas da palma da mão, face, voz e assinatura [1]. Há um grande número de características que podem ser utilizadas, porém a escolha de qual biometria utilizar depende da aplicação. É necessário escolher a biometria que melhor se adapta as necessidades, visto que

nenhuma será capaz de ser eficiente em todos os requisitos.

A identificação pessoal se trata do fato de associar uma identidade a um indivíduo. Existem dois tipos distintos para resolver a identidade de uma pessoa: autenticação e identificação. A autenticação ou verificação se refere ao problema de confirmar ou negar uma identidade reivindicada enquanto a identificação ou reconhecimento se refere ao problema de estabelecimento de uma identidade. Neste trabalho, utiliza-se o método de autenticação de usuários.

A geometria da mão apresenta diversas vantagens sobre outras características biométricas: o equipamento para captura é mais barato do que o utilizado para reconhecimento da íris, as características podem ser identificadas mesmo em imagens com baixa resolução, é um sistema bem aceito pelos usuários, acredita-se que possui um padrão estável durante o tempo de vida adulta e não é relacionada a registros policiais e criminais [1].

Este trabalho tem como objetivo implementar o algoritmo para extração das características presentes na geometria da mão utilizando o método DOS+ e para classificação dos dados para realizar a verificação de identidade.

## Materiais e métodos

**Banco de Dados** – Para desenvolvimento e testes do sistema utilizou-se o banco *CASIA Multi-Spectral Palmprint Image Database V1.0* [2]. As imagens do banco possuem resolução de 72 dpi, com 8 bits de níveis de cinza. A aquisição é realizada através de um dispositivo com iluminação distribuída uniformemente e uma câmera CCD. Utilizou-se imagens da mão esquerda de 100 usuários, cada usuário possui 6 imagens adquiridas em duas sessões com um intervalo de pelo menos um mês, totalizando 600 imagens.

**Processamento das imagens** – O objetivo principal do processamento é detectar o contorno da mão e extrair a curvatura para que seja possível encontrar a localização dos dedos e extrair as medidas.

O algoritmo foi desenvolvido no *Microsoft Visual Studio 2010* utilizando a linguagem de programação C Sharp (C#) e a biblioteca para processamento de imagens *EMGU CV* [3].

A Figura 1 apresenta o diagrama de blocos dos métodos utilizados para o processamento das imagens.

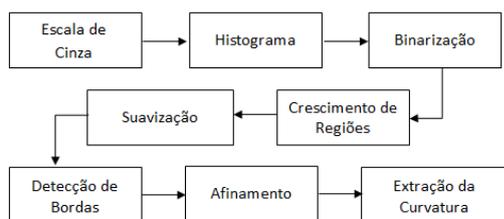


Figura 1: Diagrama de blocos do algoritmo de processamento das imagens.

A imagem inicialmente é transformada para escala de cinza. Em seguida, o cálculo do histograma é realizado através da incidência dos *pixels* na imagem para cada nível de cinza [4].

Na binarização, se o *pixel* apresenta um valor de tom de cinza menor ou igual ao valor de limiar é transformado para branco, caso contrário é transformado para preto. Para encontrar o valor de limiar, calcula-se a média dos valores dos *pixels* e o algoritmo segue até encontrar no histograma um valor 30% menor que o anterior. Este valor corresponde ao limiar. O valor de 30% foi encontrado através de testes.

Como após a binarização restaram *pixels* do fundo, aplicou-se o algoritmo de crescimento de regiões que consiste em agregar os *pixels* conectados a partir de uma semente. A semente é colocada no centro da imagem e, a partir dela, são verificados os *pixels* vizinhos que possuem a cor branca e, portanto, fazem parte da mão. Os *pixels* que não fazem parte da região são convertidos para preto. A Figura 2 apresenta a imagem após a binarização e após o crescimento de regiões.

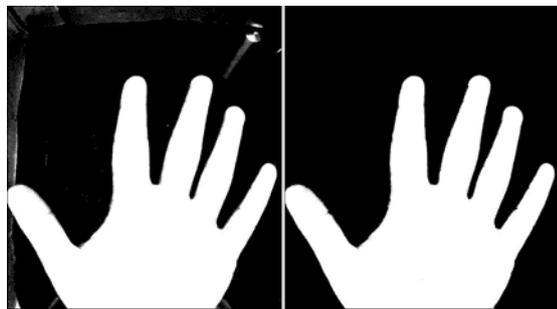


Figura 2: Na esquerda: imagem após binarização; Na direita: imagem após o crescimento de regiões.

Para retirar imperfeições do contorno da mão utiliza-se a suavização através de um filtro de mediana com uma janela de tamanho 7, onde é calculado o valor da mediana dos *pixels* da janela e este valor é atribuído para o *pixel* analisado.

Vários métodos de detecção de borda foram testados e, para o caso em estudo, o método Canny [5] se mostrou o mais adequado. O método suaviza a imagem utilizando filtro Gaussiano e calcula a magnitude e a direção do gradiente. A borda é localizada pelos pontos cuja magnitude é máxima na direção do gradiente. Para evitar fragmentação das bordas utiliza-se dois limiares T1 e T2, com T2 maior que T1. Os pontos de borda com

valor maior ou igual a T2 são mantidos como borda e pontos conectados a eles são considerados parte da borda se forem maior que T1. Como a imagem está binarizada, utilizou-se T1 = 0 e T2 = 255.

Por fim, é preciso afinar o contorno, percorrendo a imagem e aplicando uma máscara para que cada *pixel* branco possua apenas dois vizinhos da cor branca. São verificados os *pixels* pretos que possuem três vizinhos brancos e um de seus vizinhos é transformado para preto. Assim, o contorno resultante do processamento pode ser percorrido como se fosse uma linha.

Após a extração do contorno da mão, é possível iniciar a extração da curvatura, que é utilizada para localizar a posição dos dedos na imagem independente da rotação e translação da mão. Para identificar o grau de curvatura da imagem decidiu-se por utilizar o método DOS+ (*Difference of Slopes*) [6], pois o método é simples e de fácil implementação.

O método DOS+ consiste em percorrer o contorno da imagem com dois vetores do mesmo tamanho W, separados por uma distância de M *pixels*, calculando o menor ângulo formado entre eles. A Figura 3(a) apresenta a aplicação do método a uma curva qualquer. O vetor V1' representa a propagação do vetor V1 e entre os vetores V1' e V2 existe um ângulo  $\theta$ . A extração do grau de curvatura do contorno consiste em calcular todos os ângulos  $\theta$  entre os vetores para todos os *pixels* da imagem [4].

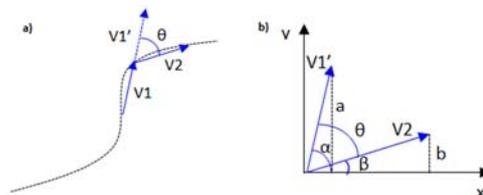


Figura 3: Método DOS+. a) Método aplicado a uma curva qualquer. b) Representação dos vetores no plano cartesiano.

O cálculo de  $\theta$  pode ser feito através de regras de trigonometria se os vetores forem representados no plano cartesiano. Conforme apresentado na Figura 3(b),  $\alpha$  é o ângulo entre V1' e o eixo x,  $\beta$  é o ângulo entre V2 e o eixo x e  $\theta$  o ângulo formado entre V1' e V2.

O cálculo de  $\alpha$  e  $\beta$  pode ser visualizado na Equação 1. O valor de  $\theta$  é calculado como a diferença entre  $\alpha$  e  $\beta$ .

$$\alpha = \beta = \arctg\left(\frac{\text{Cateto Oposto}}{\text{Cateto Adjacente}}\right) \quad (1)$$

O tamanho W e o espaço M entre os vetores dependem da situação em que o método é utilizado e devem ser encontrados através de testes. Neste trabalho utilizou-se W = 20 e M = 1. O gráfico obtido através da utilização do método DOS+ no contorno da mão após a extração da borda pode ser visualizado na Figura 4.

O gráfico é ruidoso e, portanto, aplicou-se um filtro gaussiano passa-baixa com resolução de 40, uma janela de tamanho 30 e o *kernel* apresentado na Equação 2.

$$G(i) = \frac{i}{\sigma} e^{-\frac{i^2}{\sigma}} \quad (2)$$

Após aplicar o filtro, os picos de baixa curvatura foram aproximados a zero enquanto os picos de alta curvatura duplicados foram unidos.

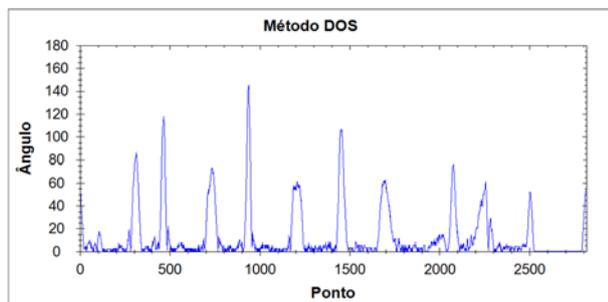


Figura 4: Gráfico resultante do método DOS+ aplicado ao contorno da mão.

Em alguns casos, mesmo aplicando o filtro gaussiano existem picos duplicados. Portanto, utilizou-se um filtro de média com janela de tamanho 63, encontrada através de testes. O resultado da aplicação do filtro pode ser visualizado na Figura 5.

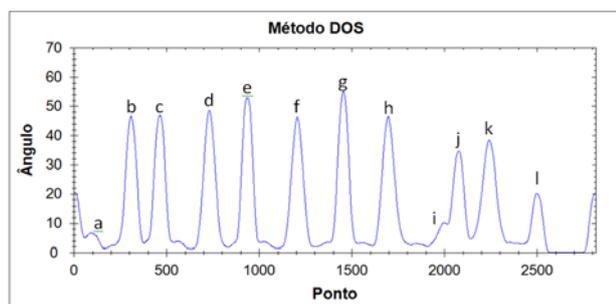


Figura 5: Resultado do filtro de média.

O eixo horizontal do gráfico representa o comprimento do contorno da mão e cada ponto corresponde a um *pixel* no contorno. Cada pico do gráfico corresponde a um ponto de alto grau de curvatura na mão, que representam as pontas dos dedos e os vales entre os dedos. O gráfico inicia pelo dedo mínimo seguindo a mão em sentido anti-horário e terminando no lado direito do pulso. Os pontos que correspondem aos picos do gráfico da Figura 5 são apresentados na Figura 6. Para encontrar os pontos desejados, considerou-se apenas os picos com valor acima de 1,5 o valor da média angular global.

**Características Extraídas** – Para cada usuário extrauí-se 22 medidas apresentadas na Figura 7. As medidas extraídas são: comprimento dos cinco dedos, três larguras de cada um dos cinco dedos, largura da palma da mão e a área da mão. As medidas são extraídas em *pixels*.

O comprimento dos dedos é obtido através da medida da distância da ponta do dedo até o ponto médio da linha da base do dedo. As larguras são medidas no

meio do comprimento do dedo, a um terço e a dois terços do comprimento do dedo. A largura da palma da mão é medida entre o vale do polegar e do indicador até a mesma distância do dedo mínimo. E por fim, a área é a quantidade de *pixels* que compõem a mão.

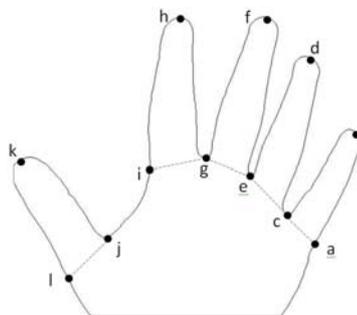


Figura 6: Pontos extraídos do gráfico.

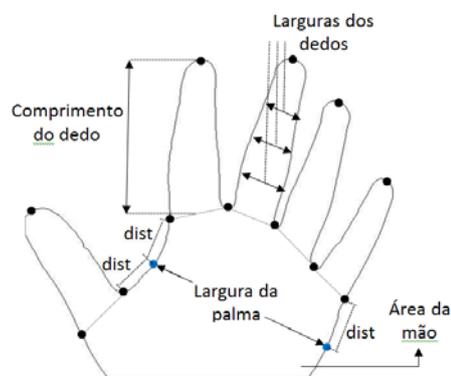


Figura 7: Medidas extraídas da geometria da mão.

Após a extração das medidas, dividiu-se os valores pelo valor do desvio padrão da característica  $e$ , a seguir, normalizou-se entre 0 e 1 através da Equação 3.

$$x_N = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3)$$

**Classificação** – Utilizou-se como medida para comparação a soma das distâncias euclidianas, conforme a Equação 4.

$$d_i = \sum_{j=1}^n \sqrt{(x_{j,i} - \bar{x}_j)^2} \quad (4)$$

Onde  $j = 1, \dots, n$  são as características extraídas;  $x_{j,i}$  é a característica  $j$  da amostra  $i$  e  $\bar{x}_j$  é a média da característica  $j$  para a classe. A classe corresponde aos dados de treinamento de um indivíduo.

Através do cálculo da distância euclidiana, comparou-se cada amostra com a média da classe para obter uma pontuação de dissimilaridade.

Em seguida, comparou-se a pontuação obtida com um valor de limiar. Se a distância da amostra com relação à média da classe for menor ou igual que o valor do limiar o usuário é aceito, caso contrário, é rejeitado.

## Resultados

Para verificar a metodologia desenvolvida, testou-se o banco de dados de Boreki [4], com imagens de 84 usuários. Das 4 amostras de cada usuário, utilizou-se 1 amostra para validação e as outras para treinamento. As amostras de todos os usuários são confrontadas entre si para simular os usuários autênticos e impostores. Nenhuma característica extraída foi descartada. Há 6 usuários que possuem apenas 3 amostras e realizou-se testes com e sem esses usuários. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos. O sistema desenvolvido apresentou uma taxa menor de FRR para a mesma FAR de 1,7%.

Tabela 1: Comparação entre os resultados obtidos

Autor	Resultados	
Boreki [4]	ERR 4,5%	
	FAR 1,7%	
	FRR 9%	
	Usuários: 80	
Este trabalho	ERR: 4,7%	ERR: 4,2%
	FRR: 7,1%	FRR: 6,4%
	FAR: 1,7%	FAR: 1,7%
	Usuários: 84	Usuários: 78

No banco CASIA, a mão do usuário não está apoiada no equipamento e, portanto, as imagens apresentam diferença de profundidade e/ou variação na inclinação dos dedos. Dividiram-se as medidas extraídas pela largura da palma da mão para normalização.

Em seguida, calculou-se a correlação das características extraídas para verificar a relação entre as mesmas. As características com alto grau de correlação foram removidas e são: comprimento de dedo médio, comprimento do anelar, 1ª e 3ª largura do polegar e 1ª e 3ª largura do anelar.

Após realizar a divisão pelo desvio padrão e a normalização, dividiu-se os dados extraídos em cinco amostras por usuário para treinamento e uma amostra para validação. As amostras de todos os usuários também são confrontadas entre si, então existem 100 usuários autênticos e 9900 (100\*99) impostores.

As taxas de erro foram calculadas para diferentes limiares. Utilizando a soma de distâncias euclidianas, a ERR (taxa de erros iguais) é de 19% e a taxa de acertos de 81%. Utilizando a distância de Mahalanobis, que é calculada através da distância euclidiana dividida pelo desvio padrão da característica para a classe, o resultado obtido foi ERR de 16,8% e taxa de acertos de 83,2%.

## Discussão

Para o banco de dados escolhido, não existem trabalhos desenvolvidos utilizando a geometria da mão, apenas utilizando as linhas da palma ou as veias da mão.

Além do trabalho de Boreki, outros foram desenvolvidos sem utilização de pinos e com outros bancos de dados. Kumar et al. [7] obteve FAR de 5,29%

e FRR de 8,34% nos testes realizados com 420 imagens, extraíndo 16 características e utilizando correlação normalizada. Wong e Shi [8] obteve 88,89% de acertos e FAR de 2,22% utilizando 16 características, 323 imagens, modelo de mistura de gaussianas e distância euclidiana. Covavisaruch et al. [9] extraiu 21 características de imagens de 96 usuários e através de testes de seis medidas de distância obteve uma ERR de 2,99% para o melhor caso.

A quantidade de imagens utilizada é próxima a de trabalhos anteriores, porém a taxa de acertos é inferior devido a variação da profundidade e da inclinação dos dedos presente nas imagens do banco CASIA. Entretanto, é possível observar que a metodologia aplicada é válida, pois utilizando o banco de dados de Boreki os resultados apresentados foram melhores.

Este trabalho apresentou um sistema capaz de extrair as características da geometria da mão para realizar a verificação de usuários sem a utilização de pinos para fixar a mão, podendo ser utilizado na verificação de pacientes para fins de cadastro e correto acompanhamento. Comparado a trabalhos anteriores a taxa de acertos do sistema ainda é baixa e é necessário diminuir as taxas de erros. Para melhorar o desempenho do sistema pretende-se desenvolver um sistema multimodal, extraíndo a geometria da mão, as linhas e as veias da palma da mão.

## Referências

- [1] Le-Qing Z, San-Yuan Z. Multimodal biometric identification system based on finger geometry, knuckle print and palm print. In: Pattern Recognition Letters; 2010. Vol. 31, p. 1641-49.
- [2] CASIA-MS-Palmprint V1. Available from: <http://biometrics.idealtest.org>
- [3] EMGU CV. Version 2.3. [S.I.] Available from: [http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page).
- [4] Boreki G, Zimmer A. Hand Geometry: A New Approach for Feature Extraction. In: Auto ID 2005 – 4<sup>th</sup> IEEE Workshop on Automatic Identification Adv. Technologies; 2005. p.149-54.
- [5] Canny J. A Computational Approach to Edge Detection. In: IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence; 1986. Vol. 8, p.679-98.
- [6] O’Gorman L. Curvilinear Feature Detection from Curvature Estimation. In: Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Pattern Recognition; 1988; Murray Hill. Vol. 8, p.1116-9.
- [7] Kumar A et al. Personal authentication using hand images. In: Pattern Recognition Letters; 2006. Vol. 27, p. 1478 – 86.
- [8] Wong A, Shi P. Peg-Free Hand Geometry Recognition Using Hierarchical Geometry and Shape Matching. In: IAPR Workshop on Machine Vision Applications; 2002 Dec; Nara, Japan. p. 281-4.
- [9] Covavisaruch N et al. Personal Verification and Identification Using Hand Geometry. In: ECTI Transactions on Computer and Information Technology; 2005. Vol. 1, p. 134-140.