DESCRITORES APLICADO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.

Nathan Fernandes Lopes[1], Leandro Carlos de Souza[2], Paulo Henrique Lopes Silva[3]

Resumo: Os descritores são parâmetros para a recuperação de padrões de imagens digitais, são importantes para o desenvolvimento de algoritmos que automatizem os processos do processamento de imagens digitais para visão computacional, pois auxiliam os mecanismos automáticos de tomada de decisão. Eles resumem a informação que uma imagem contém a partir de um valor numérico, como por exemplo, os descritores de forma, que definem informações simples como comprimento, perímetro, área e algumas relações entre essas medidas (regularidade e compacidade) de um conjunto de pixels que representam um objeto. A percepção visual dos objetos em uma imagem digital é subjetiva e por isso não existe uma única representação e nem mesmo uma melhor representação para uma dada característica. Para isso, é necessária uma metodologia de extração de características (descritores) que é uma técnica de recuperação de informação visual.

Palavras-chave: Processamento de Imagens Digitais; Descritores; Imagens Digitais; Visão Computacional.

1. INTRODUÇÃO

O poder computacional moderno permite o desenvolvimento de aplicações cada vez mais complexas, dentro do ramo da visão computacional isso é notável, são inúmeras as possibilidades, uma aplicação de reconhecimento facial ou o reconhecimento de anomalias médicas em imagens de ressonâncias, tomografias e raios-x, utilizam-se dos conceitos de visão computacional e processamento de imagens. Sem dúvida alguma, a visão computacional é uma área privilegiada da computação com a comprovada importância social. Este artigo abordará alguns conceitos e técnicas de extração de características em imagens digitais, uma das etapas essenciais para aquisição de informações relevantes para a visão computacional.

A visão computacional pode ser entendida como uma área de estudo que tenta "replicar" de forma automática (através de software e hardwares) a visão humana, ou seja, está focada na interpretação de elementos humanos das imagens de forma automatizada para auxiliar em uma tomada de decisão. A visão computacional não se resume a apenas captura da imagem, ela consiste em um complexo processo que aplica modelos de PDI (processamento de imagens) para melhorar a imagem através da remoção dos ruídos, alteração de contraste, detecção de objetos ou regiões de interesse humano na cena. Em resumo a visão computacional busca extrair informações relevantes no plano bidimensional da imagem digital e utilizar essa informação para um fim prático.

O processamento de imagens tenta solucionar problemas que envolve a qualidade da imagem, a visão computacional busca obter informações de relevância humana na cena da imagem. Os descritores, inserido na área de processamento de imagens digitais e que auxilia a visão computacional, definem formas de extrair características de uma imagem digital, este processo exige a aplicação de modelos matemáticos ao plano bidimensional de uma imagem digital. Os resultados das aplicações desenvolvidas neste trabalho, serviram como abstração de classes para uma biblioteca ou framework no campo do processamento de imagens digitais, desenvolvida nesta universidade.

2. Processamento Digital de Imagens (PDI)

Uma imagem é a representação visual de algo, o termo Imagem monocromática ou simplesmente imagem, refere-se à função bidimensional de intensidade da luz $f(x, y)$, onde x e y denotam as coordenadas espaciais e o valor de f em qualquer ponto (x, y) é proporcional ao brilho (ou escala de cinza) da imagem naquele ponto (GONZALEZ, 2000)[1].

A Figura 1 apresenta um modelo digitalizado de uma imagem em escala de cinza, é importante observar algumas características dessa imagem como matriz bidimensional, como por exemplo, a origem $f(0,0)$ que fica no canto superior esquerdo. O eixo x que compreende a altura da imagem e o eixo y que representa a largura da imagem.

Figura 1. Uma imagem monocromática convertida para o par de eixos *(x, y).* (MARQUES, 1999)

Uma imagem pode ser continua em relação às coordenadas *x* e *y* também em relação à amplitude. Para convertê-la ao formato digital, temos de fazer a amostragem da função em ambas as coordenadas e na amplitude. A digitalização dos valores de coordenadas é chamada de amostragem. A digitalização dos valores de amplitude é chamada de quantização (GONZALEZ, 2008)[2].

No caso das imagens digitais, essa representação visual é obtida por: amostragem e quantização. Na amostragem é definida as dimensões Altura/Largura da imagem. Na quantização é dimensionado a intensidade dos valores dos pixels. Uma imagem digital pode ser entendida como uma matriz bidimensional de pixels (*MxN*). Essa comparação é essencial para todo o desenvolvimento deste trabalho.

Uma imagem digital é composta de um número finito de elementos, cada um com localização e valor específicos. Esses elementos são chamados de elementos pictóricos, elementos de imagem, pels e pixels. Pixel é o termo mais utilizado para representar os elementos de uma imagem digital (GONZALEZ, 2000)[1].

O pixel é o menor elemento possível de uma imagem digital. Cada pixel apresenta um modulo de cor em coordenadas discretas dessa matriz. Ele representa a quantidade de cor baseado em um modelo de cor. Os modelos de cor são sistemas para padronizar a recuperação visual de cor da imagem digital.

O Processamento de Imagens Digitais é qualquer operação matemática de uma matriz bidimensional (imagem digital), no qual a entrada e saída é uma imagem digital. Esse processamento aplica-se tanto a imagens digitais estáticas como a quadros de vídeos. O Processamento de Imagens Digitais atualmente tem grande relevância em diversas áreas. Na medicina é utilizada para melhorar a qualidade visual das imagens para auxilio dos diagnósticos. Na indústria é utilizada para criar mecanismos autônomos de qualidade de produto baseado na recuperação visual dos objetos.

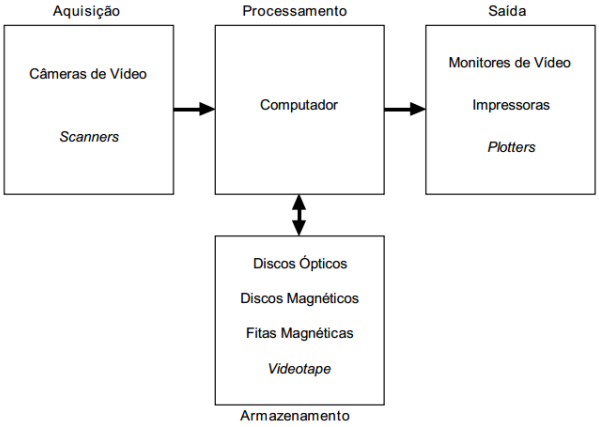


Figura 2. Elementos do sistema de processamento de imagens. (MARQUES, 1999)

A Figura 2 mostra alguns elementos que integram o processamento de imagens, desde o processo de aquisição da imagem (câmeras e scanners), até o processamento (computadores entre outros dispositivos), até a saída (monitores, impressoras etc).

Apesar de o processamento digital de imagens se basear em fórmulas matemáticas e probabilísticas, a intuição e a análise humana desempenham um papel central na escolha de uma técnica em detrimento de outra e a escolha, muitas vezes, se baseia em critérios visuais subjetivos (GONZALEZ, 2000)[1].

3. Recuperação de Características

A extração de características (descritores) é a base da recuperação de informação visual. A partir de modelos matemáticos é possível obter valores numéricos que representam características especificas de uma imagem. A partir de recursos computacionais, os descritores permitem a criação de sistemas de avaliação autônomos, é

basicamente, como se ensinássemos a máquina a perceber certos padrões..

Os descritores podem ser classificados como globais e locais: Descritores globais tem uma abordagem tradicional de classificação de imagem, consideram a imagem como um todo, descrevendo imagens baseadas nas informações de cor, textura e/ou forma. Já os Descritores locais de imagem, calculados em regiões ao redor de pontos de interesse, possuem normalmente as seguintes informações: uma coordenada 2D na imagem, uma orientação, uma escala e características de uma região em torno do ponto.

3.1 Momentos Invariantes de Hu

Em uma função contínua bidimensional *f(x, y)*, o momento de ordem (p + q) é definido como:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} x^p\, y^q f(x,y)dxdy \tag{1}$$

Para p, q = 0,1,2,3...

O teorema de unicidade apresentado por (HU, 1961)[3], afirma que se *f(x, y)* for contínua por partes e possuir valores não-nulos em apenas uma parte finita do plano, então existem os momentos de todas as ordens e a sequência de momentos (m_{pq}) é unicamente determinada por *f(x, y)*. Sendo que m_{pq}determina a maneira única da *f(x, y)*, assim os momentos centras podem ser expressos por:

$$\mu_{p,q} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(x-\bar{x})^p(y-\bar{y})^q f(x,y)dxdy \tag{2}$$

Para: $\bar{x} = \frac{m_{1,0}}{m_{0,0}}$ e $\bar{y} = \frac{m_{0,1}}{m_{0,0}}$

Aplicando a equação 2 nas matrizes que representam as imagens digitais, temos o seguinte formato:

$$\mu_{p,q} = \sum_x\sum_y(x-\bar{x})^p(y-\bar{y})^q f(x,y) \tag{3}$$

Os momentos centrais normalizados expostos por m_{pq} são definidos pela, equação 4:

$$\eta_{2,0} = \frac{\mu_{p,q}}{\mu^{\lambda}_{0,0}} \tag{4}$$

Onde $\lambda = \frac{p+q}{2}$, por fim Hu apresenta um conjunto de sete momentos invariantes:

$$\varphi_1 = \eta_{2,0} + \eta_{0,2} \tag{5}$$

$$\varphi_2 = (\eta_{2,0} - \eta_{0,2})^2 + 4{\eta_{1,1}}^2 \tag{6}$$

$$\varphi_3 = (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})^2 + (3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})^2 \tag{7}$$

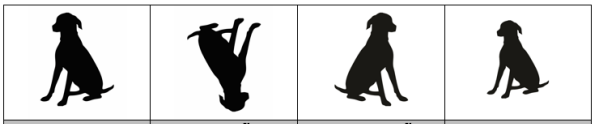
$$\varphi_4 = (\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 + (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2 \tag{8}$$

$$\varphi_5 = (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - 3(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2] + (3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})[3(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2] \tag{9}$$

$$\varphi_6 = (\eta_{2,0} - \eta_{0,2})[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2] + 4\eta_{1,1}(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})(\eta_{2,1} - \eta_{3,0}) \tag{10}$$

$$\varphi_7 = (3\eta_{2,1} - \eta_{0,3})(\eta_{0,3} + \eta_{1,2})[(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - 3(\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2] - (\eta_{3,0} - 3\eta_{1,2})(\eta_{1,2} + \eta_{0,3})[3(\eta_{3,0} + \eta_{1,2})^2 - (\eta_{2,1} + \eta_{0,3})^2] \tag{11}$$

Esse conjunto é invariante em relação à translação, rotação e mudanças de escala da imagem. A aplicação desse conjunto de momentos invariantes é realizada geralmente de forma computacional, os resultados obtidos podem ser observados na figura 3:



	ORIGINAL	ROTAÇÃO	TRANSLAÇÃO	ESCALA
Ø1	0,268	0,284	0,294	0,275
Ø2	0,014	0,014	0,014	0,014
Ø3	$7{,}950\,x10^{-11}$	$6{,}902\,x10^{-10}$	$9{,}370x10^{-11}$	$2{,}617\,x10^{-9}$
Ø4	$6{,}398\,x10^{-10}$	$8{,}098x10^{-11}$	$7{,}304x10^{-10}$	$3{,}469x10^{-10}$
Ø5	$-1{,}500x10^{-20}$	$-3{,}881x10^{-22}$	$2{,}194x10^{-20}$	$-1{,}464x10^{-19}$
Ø6	$-2{,}091x10^{-12}$	$-3{,}968x10^{-12}$	$-4{,}353x10^{-12}$	$-1{,}118x10^{-11}$
Ø7	$-1{,}080x10^{-20}$	$-1{,}873x10^{-20}$	$1{,}061x10^{-20}$	$-3{,}130x10^{-19}$

Figura 3. Aplicação dos momentos invariantes de Hu na matriz da Imagem digital. (Autoria própria)

A figura 3 apresenta uma tabela contendo os sete momentos invariantes e a imagem processada de um cachorro, na segunda coluna temos os valores da imagem original, na terceira coluna temos os valores da imagem

rotacionada, na quarta coluna temos os valores da imagem transladada e por fim na última coluna temos os valores da imagem com alteração em sua escala.

Esses momentos podem ser utilizados para diversas aplicações, como por exemplo, na identificação de objetos em uma imagem, recuperação de imagem em um banco de dados, comparação entre imagens, entre muitos outros.

3.2 Descritores de Forma

Observações de objetos em três dimensões (altura, largura e profundidade) são comuns no mundo real, mas se tratando de imagens digitais que contém apenas duas dimensões (altura e largura), esses objetos são representados como projeções do mundo real para o plano 2D de uma imagem digital, esses objetos 3D adquirem vários significados no plano 2D, um cubo 3D por exemplo, pode ser entendido como a junção de um quadrado com dois paralelogramas (figura 4, a), como simplesmente um quadrado (figura 4, b) ou como a junção de um quadrado com um retângulo (figura 4, c), nesse exemplo foi interpretado a região dos objetos, também seria possível interpretarmos o perímetro ou contorno.

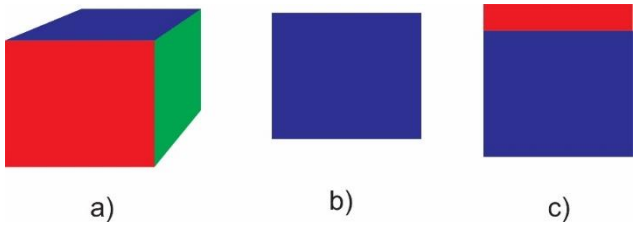


Figura 4. Representações de um cubo 3D no plano 2D. (Autoria própria)

A noção de forma de objeto, apesar de intuitivamente clara, pode ter muitos significados. Muitos dos objetos do mundo real são 3D, entretanto, imagem e vídeo normalmente contém projeções 2D dos mesmos (BOBER, 2001).

Os descritores de forma podem ser classificados sob dois aspectos: baseado em região ou baseado no contorno do objeto. Os descritores baseados em região levam em consideração a densidade de pixels da região do objeto em estudo, enquanto os descritores baseados em contorno consideram o perímetro do objeto. É comum a utilização de descritores de região e contorno combinados, pois cada uma interpreta o objeto de forma distinta.

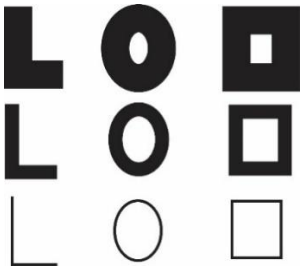


Figura 5. Objetos com semelhança em contorno (na vertical) e região (na horizontal). (Autoria própria)

Na figura 5, caso fosse aplicado descritores baseados em região, os objetos das linhas horizontais seriam parecidos pois a densidade de pixels é semelhante, em outro caso, sendo aplicado descritores baseados em contornos, os objetos das colunas seriam parecidos pois têm um perímetro semelhante.

3.2.1 Descritores de Fourier

Os descritores de Fourier são descritores de forma baseados no contorno do objeto, sendo um descritor de fronteira é necessário inicialmente que seja desenvolvido um algoritmo para encontrar essa fronteira, para então aplicar o descritor. A figura 6 exemplifica um objeto (peixe) e sua respectiva fronteira.

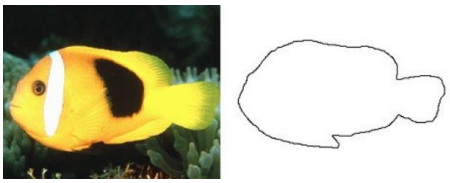


Figura 6. Objeto e seu respectivo contorno. (ERPEN, 2004)

A figura 7 mostra a fronteira do objeto (peixe) em um plano xy, a partir de um ponto arbitrário (x_0, y_0) percorremos esta fronteira no sentido anti-horário e encontramos os pares coordenados dos outros pontos $[(x_1, y_1)$, (x_2, y_2), ..., $(x_{n-1}, y_{n-1})]$ pertencentes a esta fronteira.

Essas coordenadas podem ser expressas na forma: $x(k) = x_k$ e $y(k) = y_k$. Com esta notação, a fronteira em si pode ser representada como a sequência de coordenadas s(k) = [x(k), y(k)], para k = 0, 1, 2, ..., K – 1. Além disso, cada par de coordenadas pode ser tratado como um número complexo de modo que: $s(k) = x(k) + y(k)j$ (GONZALEZ, 2000)[1].

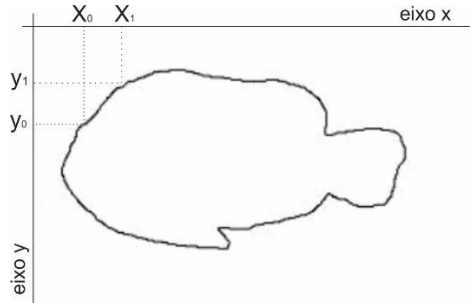


Figura 7. Coordenadas da fronteira de um objeto (autoria própria)

O eixo x é tratado como o eixo real e o eixo y como o eixo imaginário de uma sequência de números complexos. Embora a interpretação da sequência tenha sido reformulada, a natureza da fronteira em si não foi alterada. Evidentemente, essa representação tem uma grande vantagem: ela reduz um problema 2-D para um problema 1-D. (GONZALEZ, 2000)[1].

A equação 12 representa a transformada discreta de Fourier de s(k):

$$a(u) = \sum_{k=0}^{k-1} s(k) e^{\left(\frac{-j2u\pi k}{K}\right)} \quad (12)$$

Para u = 1, 2 ... K-1. Estes coeficientes complexos a(u) são chamados de descritores de Fourier da fronteira invariantes em rotação e escala da fronteira. A transformada inversa de Fourier desses coeficientes reconstrói s(k) pela equação 13.

$$s(k) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{k-1} a(u) e^{\left(\frac{j2u\pi k}{K}\right)} \quad (13)$$

Para k = 0, 1, 2 … K – 1.

Suponha, entretanto, que, em vez de todos os coeficientes de Fourier, apenas os primeiros P coeficientes sejam usados. Isto é equivalente a definir a(u) = 0 para u > P – 1 na Equação 14. O resultado é a seguinte aproximação para s(k) (GONZALEZ, 2000)[1].

$$\hat{s}(k) = \frac{1}{P} \sum_{u=0}^{P-1} a(u) e^{\left(\frac{j2u\pi k}{P}\right)} \quad (14)$$

Para k = 0, 1, 2 ... K – 1.

É importante ressaltar que na reconstrução $\hat{s}(k)$ o valor de P está relacionada com a qualidade de detalhes da fronteira. Para o objeto da figura 6 obtivemos as fronteiras da figura 8.

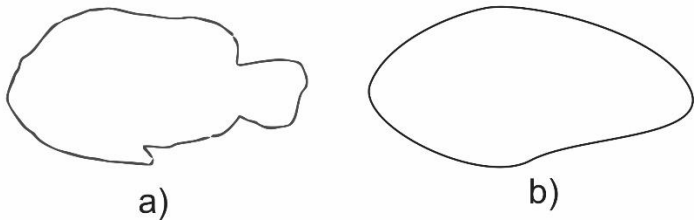


Figura 8. Variação no valor de descritores utilizados. (autoria própria)

Na figura 8 a) mostra a reconstrução com valores altos de P, enquanto na figura 8 b) mostra a reconstrução com valores baixos de P. É natural que com maiores coordenadas seja possível traçar um contorno melhor definido, enquanto que com menos pontos o perímetro não consiga ser tão detalhado.

3.2.2 Descritores topológicos

Os descritores topológicos são descritores de forma baseado em regiões (ou descritores regionais), uteis em situações que necessitem a descrição global de regiões no plano da imagem. Os descritores topológicos têm propriedades que não se alteram após a deformações ou outros processamentos.

Os descritores topológicos fornecem uma característica adicional que muitas vezes é útil na caracterização de regiões em uma cena. (GONZALEZ, 2000)[1].

Para entendermos o funcionamento dos descritores topológico é necessário compreender três elementos: conceito de buracos, número de componentes conexos e número de Euler.

3.2.2.1 Conceitos de Buracos

A figura 9 mostra claramente a representação de uma região de cor preta contendo dois buracos de cor branca.

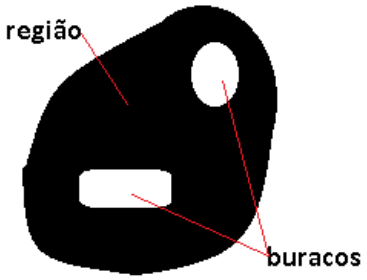


Figura 9. Buracos em uma região no plano da imagem. (Autoria própria)

Caso um descritor topológicos seja definido apenas pelo número de buracos existentes em uma região no plano da imagem, esta descrição será invariante em relação a rotação e transformações de alongamento. Porém, procedimentos que dobrem ou amassem a imagem podem variar a quantidade de buracos.

3.2.2.2 Componentes conexos

Os componentes conexos são "ilhas de pixels" com características comuns de cor e conectados na matriz do plano da imagem, é uma propriedade útil para descrição de uma região pois calcula quantos elementos isolados existem em uma dada região. Na figura 10 é possível observar três componentes conexos em uma região.

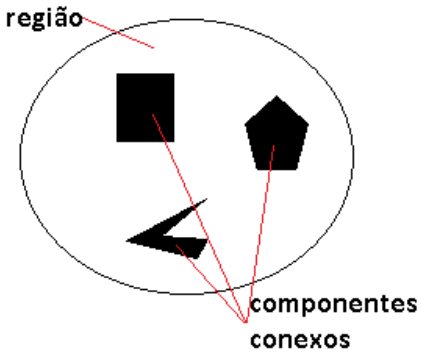


Figura 10. Componentes conexos em uma região no plano da imagem. (Autoria própria)

Cada componente conexo poderia ser segmentado e tratado como uma região particular, porém a abordagem deste trabalho considera a aplicação dos descritores topológicos de forma global.

3.2.2.3 Número de Euler

O número de Euler é uma propriedade topológica que pode ser obtido a partir do número de componentes conexos e do número de buracos de uma região.

O número de buracos H e de componentes conexos C em uma figura pode ser usado para definir o número de Euler E (GONZALEZ, 2000)[1].

$$E = C - H \tag{15}$$

Utilizando a equação 15 para calcular o número de Euler da figura 11, chegamos aos seguintes resultados: a) E = 1 –1 = 0; b) E = 1 –2 = -1; c) E = 1 – 0 = 1

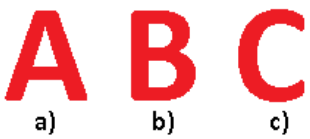


Figura 11. Número de Euler: a) 0, b) -1, c) 1. (Autoria própria)

Os resultados obtidos para o número de Euler da figura 11 são invariantes em relação a rotação, translação e escala.

4. RESULTADOS

A partir dos modelos matemáticos descrito neste trabalho foi possível desenvolver uma aplicação na plataforma Windows utilizando a linguagem de programação C-sharp para demostrar a utilização dos Momentos geométricos de Hu, como também a comparação das imagens através do cálculo do erro entre os valores de descrição:

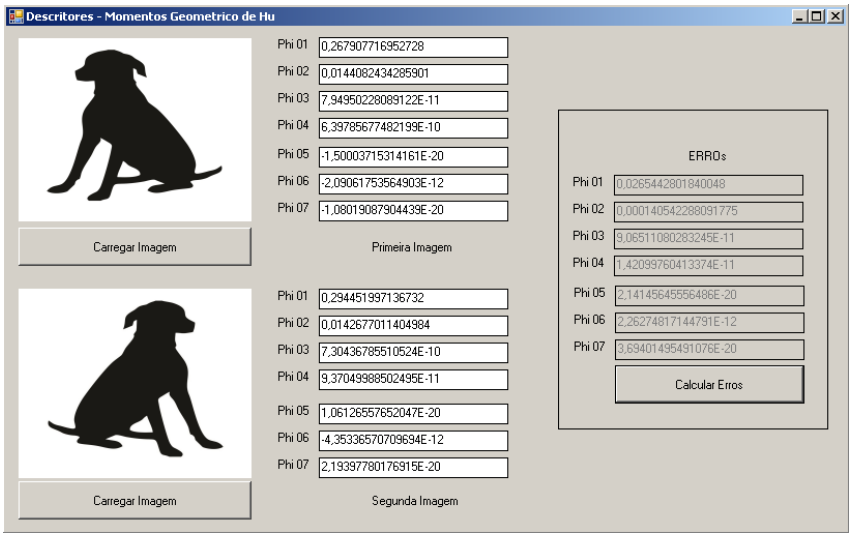


Figura 12. Aplicação de descritores. (Autoria própria)

A figura 12 apresenta uma janela de comparação entre duas imagens (original e transladada) e seus valores de descrição, é possível reparar os valores dos erros são bastante pequenos, com uma taxa de aceitação adequada é possível comprar as imagens verificando apenas o seu valor numérico. A Quadro 1 a seguir, mostra de forma genérica algumas possíveis aplicação para os descritores estudados:

Descritor	Possíveis Aplicações
Momentos Invariantes de Hu	Reconhecimento de impressões digitais, auxiliar a busca de imagem em banco de dados, entre outros.
Descritores de Fourier	Detecção de caracteres em imagens, detecção de objetos em imagem, auxilio em mapas, entre outros
Descritores topológicos	Identificar regiões em mapas, auxilia outros descritores, entre outros.

Quadro 1. Possíveis aplicações de descritores

Existem inúmeros modelos de descrição, cada um com suas particularidades, a definição de qual descritor utilizar irá depender do objetivo que se quer alcançar, no contexto da visão computacional.

5. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou algumas técnicas de extração de características ou descritores que podem ser utilizados em aplicações que envolva conceitos de visão computacional. Estes descritores apresentados, podem ser utilizados no processamento de imagens com o objetivo de reconhecer padrões em determinado processo de visão computacional, é comum a utilização simultânea de vários descritores ou de outras técnicas de processamento de imagens como por exemplo uma transformação de intensidade ou mesmo uma segmentação, o objetivo final da análise é quem define a forma do processamento ou qual descritor utilizar.

Apesar dos valores de descrição não serem exatos (exemplo figura 3), os resultados mostraram uma alta taxa de semelhança numérica dos valores obtidos pelos descritores aqui estudado, sendo assim, com as devidas compensações de erros, a modelagem matemática aplicada dos descritores possibilitam uma forma de extrair informações relevante e necessária para processos de visão computacional, possibilitando um nível maior de informações para o processo de tomada de decisão utilizando a automatização computacional.

Para projetos futuros é possível propor uma biblioteca de classes abstraindo os conceitos de extração de características para desenvolvimento de aplicações inteligentes de análise de imagens digitais, com as técnicas de

descrição, visualizamos que um conjunto de descritores é possível obter diversas informações úteis para processos computacionais automatizados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Gonzalez, Rafael C. Processamento de Imagens Digitais / Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods; Tradução Roberto Marcondes Cesar Junior, Luciano da Fontoura Costa – São Paulo: Blucher, 2000. Título Original: Digital Image Processing. ISBN 987-85-212-0264-6.

[2] GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing (3rd Edition). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2008.

[3]HU, Ming-Kuei, Visual Pattern recognition by moment invariants, Proc. IRE (Correspondence), vol. 49, p. 1428; September, 1961.

[4]BOBER, M. MPEG-7 Visual Shape Descriptors. IEEE Transactions no Circuits and Systems for Video Technology, New York, v. 11, n.6, p.716-719, June 2001.

[5]CONCI, Aura. AZEVEDO, Eduardo. LETA, Fabiana R. Computação Gráfica.

[6] JAIN, A. K. Fundamentals of Digital Image Processing. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 1989. ISBN 0-13-336165-9.

[7] MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. Processamento Digital de Imagens, Rio de Janeiro: Brasport, 1999. ISBN 8574520098.

[8]ERPEN, Luíz Renato Cruz. Reconhecimentos de padrões em imagens por descritores de forma – Porto Alegre: programa de pós graduação em computação, 2004.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 15:00 horas do dia 22 de março de 2019, no hall da Central de Aulas V do CCEN – Centro de Ciências Exatas e Naturais da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **NATHAN FERNANDES LOPES**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2014004669**, com o título ***"APLICAÇÃO DE DESCRITORES EM IMAGENS DIGITAIS"***. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. LEANDRO CARLOS DE SOUZA, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Dr. PAULO HENRIQUE LOPES SILVA, coorientador, e Prof. Dr. LEIVA CASEMIRO OLIVEIRA, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **10,0** ; **9,5** ; **9,0** . Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral **9,5**. E para constar, eu, LEANDRO CARLOS DE SOUZA, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 22 de março de 2019.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. LEANDRO CARLOS DE SOUZA – UFERSA
Presidente e orientador

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE LOPES SILVA – UFERSA
Primeiro Membro e coorientador

Prof. Dr. LEIVA CASEMIRO OLIVEIRA – UFERSA
Segundo Membro

Scanned by CamScanner