

RECONHECIMENTO DE PLACAS DE VEÍCULOS POR IMAGEM

Aura Conci

PGMEC/UFF - Passo da Pátria 156 Niterói, RJ - 24210 -240 aconci@ic.uff.br

Leonardo Hiss Monteiro

PGCC/UFF - Passo da Pátria 156 Niterói, RJ - 24210 -240 Leonardo.Hiss@nokia.com

RESUMO: Atualmente o desenvolvimento tecnológico aliado ao relativo baixo custo das filmadoras e máquinas fotográficas digitais tornam viáveis utilizações de reconhecimento por imagens aplicadas à problemas do cotidiano como o reconhecimento de placas de veículos. Os dispositivos eletrônicos para aplicar multas nos veículos utilizados nos departamentos de trânsito da maioria dos estados do país, não dispõem de nenhum sistema de reconhecimento automático. Também os sistemas de controle eletrônico de estacionamento são exemplos de aplicações imediatas do trabalho aqui apresentado, que mostra como é possível obter resultados corretos na identificação automática das placas de veículos, depois de sua imagem ser capturada e processada adequadamente.

Palavras chave: Processamento de imagens; Reconhecimento de padrões; Reconhecimento ótico de caracteres (OCR)

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais, observa-se a utilização de computadores como auxiliar do homem na execução de tarefas que antes eram executadas visualmente. Na última década observamos um crescimento do uso da computação visual em tarefas que antes pareciam ser impossíveis tais como o reconhecimento de faces e indivíduos por biometria (padrões de íris, impressões digitais, etc.). A popularização dessas aplicações só foi possível devido ao fato de que nos últimos anos conseguimos obter imagens a baixo custo e com qualidade suficiente para executar essas tarefas ligadas ao reconhecimento de padrões visuais complexos.

Atualmente existem sistemas capazes de ajudar em reconhecimento de dados meteorológicos a partir de fotos de satélite; no auxílio ao diagnóstico médico por imagens como nas tomografias computadorizadas; na contagem de células em exames biológicos e em diversas aplicações industriais. Todas estas aplicações visuais são fundamentadas no desenvolvimento de técnicas que possibilitam usar os computadores trabalhando com imagens. Estas imagens depois de capturadas devem ser processadas e reconhecidas, possibilitando a execução de tarefas muitas vezes extremamente trabalhosas e repetitivas, ou que sem as mesmas seriam impossíveis como as provenientes de sonares, radares, ultra-som, ultravioleta, infravermelho, térmicas, raios x, etc.

2. TÉCNICAS UTILIZADAS NO RECONHECIMENTO

Neste trabalho utilizou-se várias técnicas para realizar o reconhecimento. Essas técnicas vão desde técnicas para o reconhecimento da posição da placa a ser identificada até métricas desenvolvidas para estabelecer de qual padrão está mais próximo cada caracter da imagem que

está sendo analisada. Esta metodologia poderia também ser utilizada para o reconhecimento de elementos alfanuméricos em qualquer outro tipo de imagens. O que seria útil, por exemplo, no reconhecimento de embalagens ou da numeração de *containers*. Neste último caso, poderia ser útil em estacionamentos portuários ou em pátios de carga e descarga onde se conseguiria um controle praticamente sem falhas e a possibilidade de associar o sistema a um banco de dados. Na forma atual o sistema é empregável nos estacionamentos e departamentos de trânsito (DETRANs) sem que seja necessário manter uma equipe realizando a mesma função.

A implementação do sistema comprehende a implementação de **diversas etapas**. Na primeira etapa a imagem é **adquirida**. Na segunda, a imagem é **pré-processada**, visando identificar a região de possível placa nas imagens. Na terceira, só a região da placa (como mostrada na Fig. 1) é processada visando obter características de cada caracter que extraídas possibilitem sua análise. Finalmente os caracteres são **classificados** para posterior identificação da placa. A seguir apresentaremos as técnicas que foram utilizadas nas duas últimas etapas do processo, detalhes sobre as etapas iniciais do processamento destas imagens, estão disponíveis em outros trabalhos (Monteiro, 2002; Monteiro e Conci, 2003).

2.1 Binarização

Para fazer a separação entre o fundo e os elementos que desejamos analisar utilizamos a binarização ou limiarização (thresholding). A binarização é o método mais simples de segmentação de imagens, consiste em transformar a imagem, originalmente em tons de cinza para que tenha só pixels pretos e brancos. A decisão da nova cor que terá o pixel é função do ponto de corte (threshold). Qualquer pixel com intensidade menor ou igual ao ponto de corte passa a ser preto. Se o pixel tiver intensidade maior que o ponto de corte passa a ter a cor branca.

Alguns autores se referem ao método de binarização como um método para retirar o fundo (background) da imagem. Por exemplo na primeira imagem da Fig.1 observamos uma imagem com os objetos de interesse em preto. O ponto de corte nesse caso deve ser escolhido com o cuidado para que não capture elementos que não façam parte dos objetos. O valor escolhido automaticamente para essa imagem é 101, como mostrado.

A escolha do ponto de corte T é fundamental. Uma ferramenta auxiliar na escolha deste ponto de corte é o histograma da imagem. A observação desse gráfico permite a localização do melhor valor de T para a imagem. Esta localização é tão mais fácil quanto mais bimodal for o histograma. Quando a imagem for composta de objetos e fundo de cores distintas mas uniformes, podemos usar técnicas que ajudam a definir o ponto de corte através de um isolamento das regiões que representem o fundo e os objetos. Para imagens compostas por mais de um objeto de tons diferentes sob um fundo constante, pode-se utilizar técnica de binarização multi-nível (multilevel thresholding).

No caso real de placas, a iluminação não uniforme, impossibilita ter tons de fundo e objetos constantes, e não é possível estabelecer as regiões limites precisas de cada objeto no histograma, de modo que se torna mais difícil encontrar o ponto de corte ideal. Como o trabalho precisava de métodos automáticos para a escolha e ajuste do ponto de corte, depois de diversos testes utilizamos o método de Otsu para identificação automática do ponto de corte (Monteiro, 2002).

Esse método é baseado na partição do histograma da imagem com L níveis de cinza em duas classes C_0 e C_1 , que definam um limiar ótimo. Esta otimização é obtida pela maximização da função critério, descrita pela razão entre a variância das classes, que o limiar definir no histograma da imagem, usando o ponto de corte a ser definido, σ_b^2 , e a variância do histograma total da imagem: σ_t^2 . A expressão a ser maximizada é $\eta = \sigma_b^2 / \sigma_t^2$.

A variância entre classes, se expressa por $\sigma_b^2 = w_0(\mu_0 - \mu_t)^2 + w_1(\mu_1 - \mu_t)^2$, sendo μ_0 a média, ou valor esperado para a classe C_0 , descrita pelo histograma com tons de cinza variando de 1 a t , μ_1 é a média, ou valor esperado para a classe C_1 , com tons variando de $t+1$ a $M-1$, e μ_t é a média do histograma total. Fazendo $n_i = h(i)$, onde $h(i)$ é a freqüência do tom de cinza i no histograma

e considerando N ou total de pixels da imagem, a fração $p_i = (n_i / N)$ representa o percentual de cada tom de cinza no total da imagem. Assim w_0 será o somatório de p_i na classe C_0 (ou seja, variando-se i de 1 até t) e w_1 será o somatório de p_i na classe C_1 , ou seja, variando-se i de $t+1$ até $M-1$. Finalmente o denominador da expressão a ser maximizada indica a variância do histograma total da imagem a ser binarizada. O resultado obtido pelo método pode ser observado na imagem esquerda inferior da Fig.1.



Figura 1. Exemplo de uma imagem inicial (superior à esquerda) a ser analisada nesta etapa, seu histograma (bimodal) à direita com a linha vertical mostrando o ponto de corte usado para a separação entre o fundo e os objetos. Na imagem inferior esquerda observa-se o resultado.

2.2 Erosão

Erosão foi a técnica utilizada para resolver um problema que apareceu freqüente nestas aplicações. Imagine que durante a captura da placa os caracteres que desejamos reconhecer pareçam estar em contato um com o outro de forma que se tornem um único objeto, ou se encontrem com ruídos que modifiquem suas formas (como os mostrado pelas pequenas elipses marcadas na imagem superior esquerda da Fig. 2). Nesse caso teríamos sérios problemas para reconhecê-los. Fica evidente então a necessidade de desenvolver algum pré-processamento que seja capaz de separar objetos que possivelmente venham a estar em contato entre si, devido a um maior sombreamento, ou pelo movimento do carro. A solução adotada para esse tipo de problema foi a utilização de um recurso conhecido como **erosão** (<http://www.ic.uff.br/~aconci/CMM.html>). Esse recurso faz com que a imagem sofra diminuição de tamanho sem que perca as características geométricas importantes para o seu reconhecimento.

Para o processo de erosão primeiramente escolhemos o elemento estruturante que vai ser utilizado para realizar a "erosão da imagem". A escolha do elemento que vai fazer a operação é que vai determinar o quanto a imagem vai reduzir de tamanho cada vez que for submetida ao processo (Gonzalez e Wintz, 1987). Outro fato relevante é a perda das características geométricas da imagem que pode ser causada por uma má escolha do elemento. No programa foi adotado um elemento simples mas que nos testes se mostrou capaz de garantir que a imagem original não perdesse suas características. A Figura 2 apresenta uma placa antes e depois do processo de erosão e o elemento que foi utilizado na operação.

Observando a Fig. 2 notamos que os objetos foram realmente separados dos ruídos, mas sofreram uma apreciável mudança de tamanho. Isso poderia acarretar num problema para a identificação do objeto. Na verdade isso não acontece se utilizarmos erosões suficientes apenas para identificar um determinado número de elementos posicionados entre limites superiores e

inferiores definidos (Fig. 3). Utiliza-se desta maneira a característica fundamental das placas brasileiras que é ter sempre 3 letras e 4 números, isso é 7 elementos.

Um outra característica importante observada durante a erosão das imagens foi o fato desse processamento “limpar” ruídos prévios na imagem para que não haja problemas com o reconhecimento das mesmas. Pequenos objetos que contenham até 5 pixels são simplesmente apagados pelo processo de erosão. Esse recurso é importante para um bom funcionamento das etapas posteriores.

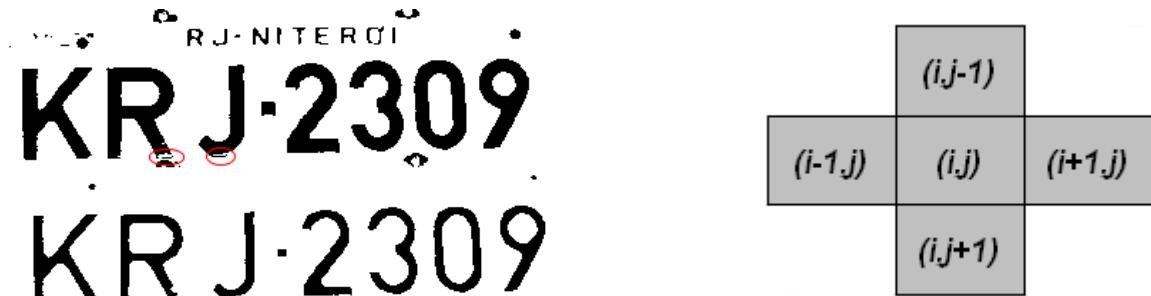


Figura 2. Uma placa antes (imagem superior esquerda) e depois (imagem inferior esquerda) de submetida ao processo de erosão, e elemento (à direita) utilizado para fazer a erosão.

2.3 Segmentação dos Caracteres

A segmentação da imagem tem o objetivo de separar em imagens distintas cada caracter. Essa etapa permitirá a identificação em separado de cada letra ou número que compõem a placa. A identificação de pixels conectados faz parte de um pré-processamento para a segmentação das imagens. Para isso foi desenvolvido um algoritmo que basicamente verifica a vizinhança de cada pixel e a partir daí vai identificando quem faz parte, ou não, do mesmo objeto, isso é está com a mesma cor que ele.



Figura 3. Coordenadas limites horizontais das imagens (à esquerda) e o resultado da segmentação com cada objeto representado por uma cor diferente (à direita).

O processo de segmentação que foi desenvolvido utiliza a forma final com que o processamento de contagem disponibiliza a imagem para realizar a segmentação. Para otimizar o processo um único algoritmo faz a contagem e a segmentação das imagens (Monteiro e Conci, 2003) sendo que quando for terminada a identificação de um segmento para ser contabilizado, seja armazenado em alguma matriz o valor que foi atribuído ao último pixel desse. Dessa forma conseguimos uma matriz que contenham todos os valores dos últimos pixels referente a cada segmento. Então separamos as imagens através desses valores. Cada subimagem colorida mostrada na Fig. 3 vai ser submetida a última etapa do processamento, sendo composta apenas pelo caracter e pelo seu fundo.

2.4 Momentos Invariante

Como o sistema desenvolvido para o reconhecimento objetiva 100% de acerto, foram usados duas formas de extração de características geométricas de cada um dos caracteres. A primeira forma utiliza diretamente os caracteres separados. A segunda forma considera apenas as características essenciais dos caracteres e necessita que eles passem por um processamento

prévio de afinamento ou esqueletização, esse processo devido à limitações de espaço não será discutido neste trabalho (Monteiro, 2002).

A forma de extração de característica discutida nesta seção usa os momentos de área da Estática. Supondo que as subimagens binárias, a serem analisada e já separadas na etapa anterior, sejam consideradas individualmente e representadas por um arranjo retangular de $M \times N$ pontos, que podem assumir cores ou serem brancos (Fig. 3 à direita). Chamaremos de $B(i,j)$ o valor dos pontos da imagem. O conjunto dos pontos da imagem binaria só terá valores 1 ou zero, e esses valores são definidos da seguinte forma: os *pixels* de cada uma das cores dos caracteres representado pela imagem, terá valores 1 (um). A cada ponto banco do fundo das subimagens é associado o valor 0 (zero). As coordenadas de cada um dos $n = M \times N$ pontos de B são (i, j) . Nesta notação o momento geométrico (ou de área) do conjunto B , de ordem $(p+q)$, pode ser definido como (Gruber e Hsu, 1997).:

$$m_{p,q} = \sum_{k=1}^n B(i_k, j_k) (i_k)^p (j_k)^q \quad p, q = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Segundo a teoria dos momentos de área, existe apenas um objeto B que pode produzir o mesmo valor para os momento de todas as ordens, ou em outras palavras se dois objetos têm os mesmos momentos em todas as ordens, estes objetos são idênticos. Considerando uma translação das coordenadas (i, j) de um valor (i_o, j_o) de modo que o objeto possa ser descrito em relação a um sistema de coordenadas que passe pelo centróide, definido pelas coordenadas:

$$\begin{aligned} i_o &= \sum_{k=1}^n B(i_k, j_k) i_k / \sum_{k=1}^n B(i_k, j_k) = m_{10} / m_{00} \\ j_o &= \sum_{k=1}^n B(i_k, j_k) j_k / \sum_{k=1}^n B(i_k, j_k) = m_{01} / m_{00} \end{aligned} \quad (2)$$

então pode-se definir os momentos centrais (ou em torno do centróide) como:

$$m_{o,p,q} = \sum_{k=1}^n B(i_k, j_k) (i_k - i_o)^p (j_k - j_o)^q \quad p, q = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

O momento ($m_{00} = m_{o00}$) de ordem zero, representa a área de B , e é um invariante a translação e rotação. Sabe-se que a soma dos momentos de área de segunda ordem em relação ao centróide, que corresponde ao momento polar de inércia ($I_x + I_y$), é constante, independente da orientação dos eixos usados para descrever estes momentos. Assim outro invariante a rotação dos eixos é $F_1 = m_{o02} + m_{o20}$. Também é conhecido que a excentricidade de uma área é um valor invariante à rotação dos eixos. A excentricidade é medida por:

$$F_2 = 4(m_{o11})^2 + (m_{o20} - m_{o02})^2 \quad (4)$$

De uma maneira geral, a invariância em relação a rotação do objeto pode ser obtida, utilizando-se no cálculo dos momentos eixos que coincidam com os eixos principais do objeto passando pelo centróide, ao invés de um sistema de eixos (i, j) qualquer. Para este cálculo, deve-se determinar o ângulo, θ , que identifica a orientação dos eixos principais, este ângulo é:

$$\tan 2\theta = 2m_{o11} / (m_{o20} - m_{o02}) \quad (5)$$

Na determinação deste ângulo, deve-se usar, para garantir a unicidade dos resultados, as restrições: $m_{o20} > m_{o02}$ e $m_{o11} > 0$. Qualquer momento obtido em relação a este par de eixos é invariante a rotação. No caso de imagens digitalizadas, descritas através de $M \times N$ pixels, a utilização de eixos diferentes dos eixos verticais e horizontais originais da câmara de captura pode causar muitos erros de arredondamento. Uma forma de minimizar estes erros seria um posicionamento prévio da câmara, antes da captura, de modo que a imagem fosse capturada

paralelamente a direção dos eixos principais do objeto. Essa técnica é impossível de ser usada na aplicação pretendida. No desenvolvimento deste trabalho as imagens digitais serão processadas depois de sua captura. Neste caso a busca de outros invariantes às transformação de translação e rotação é bem mais adequada. Utilizando matrizes de rotação, qualquer ponto (i', j') , do objeto rodado de um ângulo θ , pode ser escrito em termos do sistema original de eixos (i, j) , como:

$$\begin{bmatrix} i' \\ j' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} = [R] \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} \quad (6)$$

Os momentos de segunda ordem, formam um tensor de segunda ordem. Pela rotação dos eixos por $[R]$ estes serão rescritos como (Malvern, 1969):

$$\begin{bmatrix} m_{20}' & m_{11}' \\ m_{11}' & m_{02}' \end{bmatrix} = [R^T] \begin{bmatrix} m_{20} & m_{11} \\ m_{11} & m_{02} \end{bmatrix} [R] \quad (7)$$

O traço de um tensor de segunda ordem M_2 , denotado $\text{tr } M_2$, é o primeiro invariante de segunda ordem I_M (tem o mesmo valor numérico em qualquer sistema de coordenadas). Os outros invariantes a posição dos eixos desta ordem são o III_M , que é o determinante do tensor, $\det M_2$, e o invariante quadrático, II_M . Um grupo de invariantes de segunda ordem é definido por:

$$\begin{aligned} I_M &= \text{tr } M_2 = F_1 = m_{020} + m_{002} \\ II_M &= -m_{020} m_{002} + m_{011}^2 \\ III_M &= \det M_2 \end{aligned} \quad (8)$$

Os momentos de terceira ordem, formam um tensor de terceira ordem. Estes, se representados em um sistema de eixos (i', j') , rotacionado de um ângulo θ , do sistema original de eixos (i, j) , podem ser escritos como:

$$\begin{aligned} m_{03}' &= m_{03} \cos^3\theta - 3m_{12} \cos^2\theta \sin\theta + 3m_{21} \cos\theta \sin^2\theta - m_{30} \sin^3\theta \\ m_{12}' &= m_{12} \cos^3\theta - 2m_{12} \sin^2\theta \cos\theta + m_{03} \sin\theta \cos^2\theta + m_{30} \sin^2\theta \cos\theta \\ &\quad - 2m_{21} \sin\theta \cos^2\theta + m_{21} \sin^3\theta \\ m_{21}' &= m_{21} \cos^3\theta - 2m_{21} \sin^2\theta \cos\theta - m_{30} \sin\theta \cos^2\theta + m_{03} \sin^2\theta \cos\theta \\ &\quad + 2m_{12} \sin\theta \cos^2\theta - m_{12} \sin^3\theta \\ m_{30}' &= m_{30} \cos^3\theta + 3m_{21} \cos^2\theta \sin\theta + 3m_{12} \cos\theta \sin^2\theta + m_{03} \sin^3\theta \end{aligned} \quad (9)$$

Os invariantes usados neste trabalho, além dos F_1 , F_2 já mencionados são:

$$\begin{aligned} F_3 &= (m_{30} - 3m_{12})^2 + (3m_{21} - m_{03})^2 \\ F_4 &= (m_{30} + m_{12})^2 + (m_{21} + m_{03})^2 \\ F_5 &= (3m_{21} - m_{03})(m_{30} + m_{12})[(m_{30} + m_{12})^2 - 3(m_{21} + m_{03})^2] - \\ &\quad (m_{30} - 3m_{12})(m_{21} + m_{03})[3(m_{30} + m_{12})^2 - (m_{21} + m_{03})^2] \end{aligned} \quad (10)$$

Considerando uma transformação de escala, de modo que $i'' = a i'$ e $j'' = a j'$ (onde a é uma constante), a área mudará de $m_{00}'' = a^2 m_{00}'$. Os momentos de ordem superiores podem ser modificados pelas relações abaixo:

$$(m_{00}')^{0.5(p+q)+1} \sum i''^p j''^q = (m_{00}'')^{0.5(p+q)+1} \sum i'^p j'^q \quad (11)$$

A utilização de momentos invariantes a escala é útil na identificação de objetos quando a distância de captura pode variar. Um grupo de invariantes completos (isso é a rotação, translação e mudanças de escala) podem ser obtidos usando a Eq. (11) e as expressões de F_1 a F_5 , o que produz os invariantes adimensionais:

$$V(0)=F_1/m_{00}^2; V(1)=F_2/m_{00}^4; V(2)=F_3/m_{00}^5; V(3)=F_4/m_{00}^5; V(4)=F_5/m_{00}^{10} \quad (12)$$

Nesse trabalho vamos utilizar os momentos invariantes completos, isto é as Eq. (12) porque não queremos fazer distinção dos caracteres devido a tamanhos diferentes mas idênticos. Isso pode não ser feito se a câmera utilizada para capturar as imagens ficar em uma posição fixa em relação a placa, o que pode ser considerado em parques de estacionamento.

3. RECONHECIMENTO E TESTES

O reconhecimento é o último processo que as subimagens são submetida depois de todos os outros. Nessa etapa são utilizados todos os elementos que foram calculados anteriormente para identificar o caracter. O processo de reconhecimento é dividido em duas etapas. A primeira etapa corresponde a formação ou adição das características ao banco de dados. O banco de dados é o elemento fundamental dessa etapa de processamento. É nele que ficam armazenadas todas as características referentes a cada caracter que foram previamente processadas e o nome que foi atribuído a cada um deles. O reconhecimento utiliza duas etapas para agilizar o processo. A primeira emprega as características relacionadas às cavidades e extremidades das subimagens (Voss e Suesse, 1997) pois estas características são computacionalmente muito menos custosas em termos de tempo de processamento, o que faz a maior diferença neste tipo de aplicação que requer uma resposta imediata do sistema. Só no caso de ambigüidade nesta primeira forma de identificação é que são utilizadas as características relacionadas aos momentos invariantes mencionadas na seção anterior. São utilizados cinco características para efetuar o calculo referente ao reconhecimento dos caracteres se a identificação baseadas nos momentos for necessária. Essas são constituídos pelos cinco valores obtidas pelos momentos invariantes da última equação da seção anterior.

Primeiramente quando iniciamos o programa não existe nenhum banco de dados e o mesmo só será inicializado depois que realizarmos a primeira entrada de dados. Nessa parte do processamento é necessário que seja inserido um nome para cada caracter. Esse nome será utilizado para identificá-lo em processamentos futuros. Podemos utilizar também vários bancos de dados diferentes para vários conjuntos distintos, o que pode ser útil para aplicações de gerência de pátios de estacionamento com áreas restritas, por exemplo.

O processo de reconhecimento baseado nos momentos é bastante simples. O programa calcula os mesmos cinco elementos que calculou na primeira etapa e compara esses números com os dados que possui no banco de dados. O caracter será reconhecido como o que mais se aproximar de um elemento que já exista no banco de dados. Essa comparação é feita usando a seguinte avaliação de distância entre cada momento de um caracter já definido no banco e o caracter a ser identificado:

$$D_i = \sum_{j=1}^4 (V(i) - V(j)_{iBD})^2$$

onde $V(i)$ é a cada uma das combinação de momento invariante de ordem i e $V(i)_{iBD}$ é a mesma combinação de cada um dos elementos i já incluídos no banco de dados. Esse cálculo indica quão próxima está a forma que se quer identificar de alguma outra já catalogada no banco de dados. O caracter que possuir o menor D_j será reconhecido como o que está sendo submetido ao programa.

Apresentaremos na Tab. 1 o subconjunto das placas testadas que precisou da análise por momentos para sua identificação. Mostra-se na colunas 2 o número de caracteres reconhecidos usando-se só as características geométricas (método não discutido neste trabalho). Na coluna 3 da Tab. 1 é mostrado o número de caracteres identificados nestas placas usando-se o momentos

invariantes. Ou seja a segunda coluna da tabela representa quantos caracteres foram reconhecidos sem a necessidade de utilização dos momentos invariantes e a terceira coluna representa quantos caracteres foram reconhecidos utilizando a técnica dos momentos invariantes. As demais colunas representam o número de reconhecimento errado que cada uma das placas obteve associado ao momento que promoveu esse reconhecimento errôneo, para possibilitar melhorias futuras na implementação e uma análise da utilização dos momentos no reconhecimento de caracteres deste tipo de aplicação.

4. CONCLUSÃO

Observado a Tab. 1 nota-se que o momento $V(0)$, apresentou mais falhas no reconhecimento dos caracteres, seguindo do momento $V(1)$, enquanto que os momentos de ordem superiores foram os que apresentaram menor falhas. Na Tab. 1 foram processados 217 caracteres de 31 placas de automóveis, e reconhecido 112 caracteres sem a necessidade de utilização dos momentos invariantes. Sendo assim 105 caracteres foram reconhecidos utilizando a técnica dos momentos invariantes, ou seja foram realizados 505 cálculos de momentos onde apenas 49 apresentaram erro de reconhecimento. Esses erros não prejudicaram o reconhecimento como um todo pois 100% das placas processadas foram reconhecidas com sucesso (utilizando a combinação de técnicas implementadas).

Apresentamos no gráfico da Fig. 4 detalhes de caracteres que foram reconhecidos com erro e suas relações com os momentos que possibilitaram este erro. Observamos que nos números o maior problema de reconhecimento foi em confundir o “7” (sete) com o “3” (três). Os momentos de primeira e segunda ordem apresentaram grande número de erros quando ao reconhecimento desses caracteres. Já os momentos de ordem superior não apresentaram nenhum erro para o reconhecimento desses caracteres. Dessa forma o reconhecimento final do caracter foi correto mas esses momentos, para esses caracteres, não apresentaram resultados adequados.

Nas letras, os caracteres “H” e “N” bem como “D” e “O” foram os mais problemáticos. Os caracteres “H” e “N” apresentaram problemas de reconhecimento em todos os momentos invariantes exceto o último, $V(4)$. Já os caracteres “D” e “O” apresentaram problemas reconhecimento apenas nos dois primeiros momentos de mais baixa ordem, $V(0)$ e $V(1)$.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Computação Visual do CTC da UFF e ao CNPq que proporcionaram os recursos para execução deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- R. C. Gonzalez, P. Wintz, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1987.
- L. E. Malvern, *Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium*, Prentice-Hall, Inc. 1969.
- M. Gruber, K.-Y. Hsu, “Moment Based Image Normalization with High Noise Tolerance”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 2, February, 1997, pp. 136-138.
- K. Voss, H. Suesse, “Invariant Fitting of Planar Objects by Primitives”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 1, January, 1997, pp. 80-84.
- L. H. Monteiro, A. Conci, “Reconhecimento de Placas de Veículos Utilizando Processamento de Imagem”, ENGEVISTA - uma Publicação da Escola de Engenharia da UFF - vol. 5, no. 10, pp. 31--43, dezembro 2003.
- L. H. Monteiro, “Utilização de Utilizando Processamento de Imagem para o de Placas de Veículos”, dissertação de Mestrado em ciência da Computação IC/UFF agosto de 2002.

Tabela 1. Resumo dos resultados por tipo de análise

Capturada	Outras Carc.	Momentos	$V(0)$	$V(1)$	$V(2)$	$V(3)$	$V(4)$	Identificada
GWK-2323	4	3	1	0	0	0	0	GWK2323
KMG-9066	4	3	0	0	0	0	0	KMG9066
KMH-9737	2	5	1	1	0	0	0	KMH9737
KML-4188	5	2	0	0	0	0	0	KML4188
KNA-2764	4	3	0	1	0	1	0	KNA2764
KNA-4521	6	1	0	0	0	0	0	KNA4521
KOC-8204	5	2	1	1	0	0	0	KOC8204
KQM-1513	4	3	1	1	0	0	0	KQM1513
KRE-4315	5	2	0	1	0	0	0	KRE4315
KRJ-2309	4	3	1	0	0	0	0	KRJ2309
KRE-5912	4	3	1	0	0	0	0	KRE5912
KMJ-0305	4	3	1	1	0	0	0	KMJ0305
KMM-2090	6	1	0	0	0	0	0	KMM2090
KNA-7675	5	2	1	0	0	0	0	KNA7675
KOD-7728	2	5	2	1	0	0	0	KOD7728
KRJ-7761	2	5	2	0	0	0	0	KRJ7761
KSY-4558	4	3	0	0	0	0	0	KSY4558
KUB-6657	2	5	1	0	0	0	1	KUB6657
LAB-7582	4	3	0	0	0	0	0	LAB7582
LAE-0231	5	2	0	1	0	0	0	LAE0231
LBE-9571	5	2	1	0	0	0	0	LBE9571
LBM-7321	4	3	1	0	0	0	0	LBM7321
LCC-4261	3	4	2	0	0	0	0	LCC4261
LCU-3687	2	5	2	1	0	0	0	LCU3687
LIY-3173	1	6	1	2	2	0	0	LIY3173
LJF-2087	4	3	2	0	0	0	0	LJF2087
LNC-3270	4	3	1	1	1	0	0	LNC3270
LNI-7263	1	6	1	2	1	0	0	LNI7263
LNJ-7519	2	5	1	0	0	0	0	LNJ7519
LNT-0251	3	4	1	0	0	0	0	LNT0251
LNU-4768	2	5	2	1	0	0	0	LNU4768

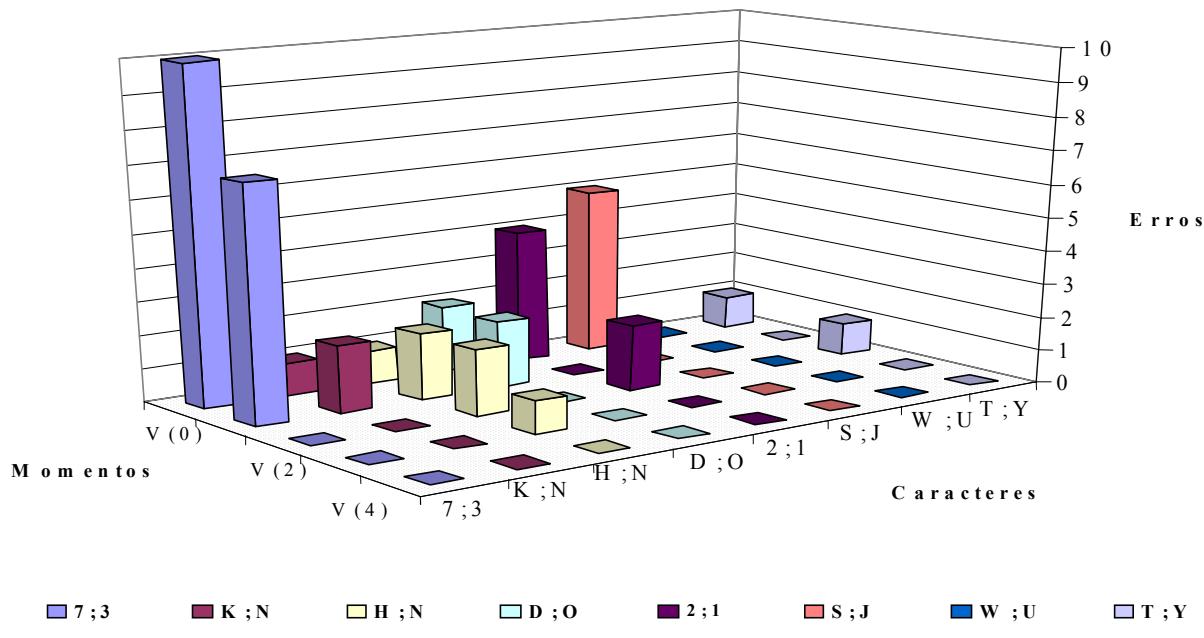


Figura 4. Análise dos erros no reconhecimento por momentos

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material incluído no seu trabalho.

BRAZILIANS VEHICLE PLATE RECOGNITION BY IMAGE

Aura Conci

PGMEC/UFF - Passo da Pátria 156 Niterói, RJ - 24210 -240 aconci@ic.uff.br

Leonardo Hiss Monteiro

PGCC/UFF - Passo da Pátria 156 Niterói, RJ - 24210 -240 Leonardo.Hiss@nokia.com

Abstract: Nowadays we can see that the usability of the computer vision is increasing very fast, due to the decrease of digital camera cost. With the fast development in this area it is possible to use image processing techniques in reasonable commons areas. The main objective of this work is show that pattern recognition can be used to solve the practical problem of recognize car licenses. Electronic tickets for parking fee or velocity control is frequently used, but in many cases these type of mechanisms do not use any system to recognize automatically the car license. In this work we show that the usage of some image processing and optical character recognition techniques make it possible to get correct results on automatic identification of vehicle plates.

Keywords: Image Processing, Pattern Recognition, Optical Character Recognition (OCR).