

# Reconhecimento de Caracteres Manuscritos para o Mapeamento de Formulários Médicos para Bases de Dados Estruturadas

Willian Zalewski<sup>1</sup>, Huei Diana Lee<sup>1,2</sup>, Richardson Floriani Voltolini<sup>1</sup>  
André Gustavo Maletzke<sup>2</sup>, Cláudio Sady Rodrigues Coy<sup>3</sup>, João José Fagundes<sup>3</sup>  
Juvenal Ricardo Navarro Góes<sup>3</sup>, Feng Chung Wu<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Engenharias e Ciências Exatas – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Laboratório de Bioinformática – LABI  
Parque Tecnológico Itaipu – PTI  
Caixa Postal 39, 85856-970 – Foz do Iguaçu, PR, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo  
Laboratório de Inteligência Computacional – LABIC  
Caixa Postal 668, 13560-970 – São Carlos, SP, Brasil

<sup>3</sup>Faculdade de Ciências Médicas – Universidade Estadual de Campinas  
Serviço de Coloproctologia  
Caixa Postal 6111, 13083-970 – Campinas, SP, Brasil

{willzal, hueidianalee, rfvoltolini}@gmail.com

**Abstract.** *Computational processes are increasingly being applied to support the extraction of patterns and analysis of great volumes of data. Nevertheless, some areas like medicine frequently register information through traditional methods using printed documents, which turn impossible the direct application of such processes. In this context, this work presents a study of the main concepts and methods related to the recognition of handwritten characters with the objective of proposing a methodology to map continuous data, contained in medical forms, to structures databases.*

**Resumo.** *Processos computacionais são cada vez mais utilizados para auxiliar na extração e análise de padrões contidos em grandes volumes de dados. No entanto, algumas áreas como a de medicina registram frequentemente as informações por meio de métodos tradicionais utilizando-se de documentos impressos, impossibilitando a aplicação desses processos. Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo sobre os principais conceitos e métodos da área de reconhecimento de caracteres manuscritos com o objetivo de propor uma metodologia para o mapeamento de dados contínuos contidos em formulários médicos, para uma Base de Dados estruturada.*

## 1. Introdução

Nos últimos anos, o desenvolvimento tecnológico possibilitou o surgimento de novas tecnologias que promoveram o aumento do desempenho dos meios de armazenamento de dados digitais. No cenário atual, a quantidade de dados armazenada nesses meios aumenta com uma velocidade considerável, tornando a análise desses dados uma tarefa

crescentemente complexa por meio de métodos manuais. Desse modo, há uma grande motivação para o desenvolvimento e a pesquisa de métodos e processos que podem auxiliar na análise de dados por meio de ferramentas computacionais [Rezende 2003]. Um dos processos que provê esse apoio é de Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados — DCBD [Fayyad et al. 1996]. Esse processo pode ser aplicado para construir modelos que representem o conhecimento contido em grandes volumes de dados de modo que possam auxiliar especialistas no processo de tomada de decisão.

Existem diversas áreas onde a aplicação do processo de DCBD poderia ser útil, como a área de medicina. Porém, nessa área os dados encontram-se, freqüentemente, em formatos desestruturados ou semi-estruturados, por exemplo, em laudos médicos ou formulários impressos contendo diversas informações como sintomatologia e histórico de pacientes. Essa representação dificulta a análise por meio de métodos computacionais. Desse modo, para que esses dados possam ser analisados por meio da aplicação desses métodos, como o processo de DCBD, é necessário que estejam representados em um formato adequado, como exemplo, o formato atributo-valor [Lee 2005]. Diversos fatores estão relacionados à indisponibilidade desses dados em uma representação adequada ao processo DCBD, como a não existência de computadores em ambulatórios médicos, a consideração por muitos profissionais da área de medicina de que a utilização de documentos impressos torna o relacionamento com o paciente menos impessoal ou a necessidade de se manter um registro impresso [Maletzke et al. 2006].

Este trabalho está inserido dentro do projeto de Análise Inteligente de Dados aplicada ao Mapeamento de Dados Médicos — AIDMD [Honorato et al. 2005]. Dentro deste projeto estão sendo desenvolvidos dois principais projetos: 1) mapeamento de laudos médicos para bases de dados e 2) mapeamento de formulários médicos impressos de múltipla escolha para bases de dados, ao qual este trabalho está relacionado. A metodologia proposta para o mapeamento de formulários médicos foi aplicada a alguns estudos de caso com sucesso [Maletzke et al. 2007]. Essa metodologia foi organizada em três etapas (Figura 1): (1) Geração de formulários e construção da BD, (2) Construção de padrões sobre formulários e (3) Mapeamento de formulários e preenchimento da BD.

Na primeira etapa, geração de formulários e construção da BD, devem ser definidos os atributos que irão compor a BD, por meio de reuniões com especialistas da área. Em virtude da possibilidade de existência de um número elevado de atributos, os quais deverão ser mapeados na BD, tornou-se necessário elaborar um método eficiente e menos dispendioso para a coleta dos dados. Assim, foi proposta inicialmente a construção de formulários de múltipla escolha a partir dos atributos definidos anteriormente, os quais podem ser referentes a informações de paciente, sintomatologia e exames laboratoriais. Nesses formulários é possível selecionar atributos por meio de marcações realizadas em campos apropriados. Outras características também estão presentes nos formulários, tais como, marcas de referências e identificação do formulário, as quais são necessárias nas Etapas (2) e (3). Na segunda etapa, construção de padrões de formulários, cada formulário gerado na etapa anterior é digitalizado por meio de um scanner. Cada uma dessas imagens digitalizadas é utilizada para adquirir informações sobre a localização dos campos do respectivo formulário, os quais serão posteriormente preenchidos, manualmente, pelos especialistas durante o acompanhamento de pacientes. Essas informações compõem um conjunto de treinamento que é submetido a algoritmos de Inteligência Artificial, os

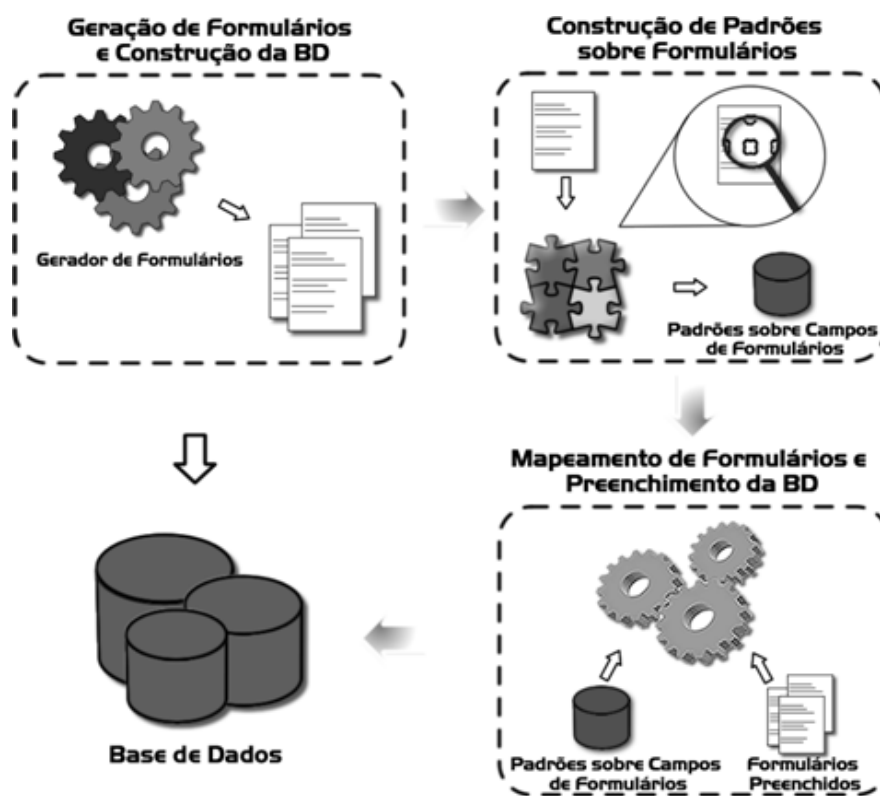


Figura 1. Metodologia proposta [Maletzke et al. 2006].

quais auxiliam na construção de padrões sobre a localização desses campos. Essa etapa permite que o processo de reconhecimento de diferentes formulários, quer por mudança na composição dos campos, quer por ruídos causados pelo processo de digitalização, seja mais robusto e eficiente. Para o reconhecimento dos campos de um formulário preenchido são utilizados os padrões, construídos nessa etapa, sobre a localização desses campos. Na terceira etapa, mapeamento de formulários e preenchimento da BD, é realizado o mapeamento dos formulários já preenchidos utilizando os padrões construídos sobre os formulários e seus campos na etapa anterior. Desse modo, somente os campos que foram marcados são mapeados para a BD.

No entanto, um dos desafios a ser tratado é o reconhecimento de caracteres numéricos manuscritos, o qual constitui um dos objetivos deste trabalho. Assim, será possível realizar o reconhecimento de valores contínuos presentes nos formulários tornando o conjunto de dados mais robusto e completo, permitindo a posterior aplicação de métodos de Inteligência Artificial para a extração de conhecimento dentro do processo de DCBD.

Todas as etapas dessa metodologia estão sendo adaptadas de maneira a prover suporte ao módulo de reconhecimento de caracteres manuscritos. Na primeira etapa, os formulários gerados deverão conter campos que possibilitem o preenchimento de caracteres manuscritos e marcações para tornar possível a localização desses campos nos formulários. Na segunda etapa, será necessária a construção de padrões, como formato, tamanho e localização de modo diferenciado para os campos numéricos. Na terceira etapa, deverá ser realizado o reconhecimento dos caracteres numéricos que foram preen-

chidos nos campos destinados a este tipo de dado e o mapeamento desses dados e dos dados associados a outros campos para a BD estruturada.

Este trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento e tem por objetivo apresentar um estudo sobre os principais conceitos relacionados à área de reconhecimento de caracteres manuscritos e uma avaliação de três técnicas comumente empregadas nesse tipo de aplicação.

A estrutura deste trabalho foi organizada da seguinte maneira: na Seção 2 são apresentados os principais conceitos utilizados em reconhecimento de caracteres manuscritos, na Seção 3 são descritos os três métodos que serão avaliados neste trabalho, na Seção 4 é descrita a configuração dos experimentos, na Seção 5 são apresentados os resultados e a discussão e na Seção 6 são realizadas as conclusões deste trabalho e apresentados trabalhos futuros.

## **2. Reconhecimento de Caracteres**

A utilização de sistemas para a manipulação de documentos vem se tornando cada vez mais comum. Aplicações como processadores de texto, sistemas de publicações e programas gráficos, são utilizadas freqüentemente em diversas áreas. Porém, apesar de todo o avanço no desenvolvimento e na utilização dessa tecnologia, os aplicativos que dispõem desse recurso, necessitam que as informações textuais dos documentos sejam convertidas para o formato digital manualmente. Desse modo, a tarefa de transformar os documentos disponíveis de forma impressa para um formato digital implica em uma atividade cansativa, sujeita a falhas e consumidora de tempo [Rodrigues and Thomé 2001].

Pesquisas na área de reconhecimento de caracteres têm sido voltadas para o desenvolvimento de sistemas que consigam atingir baixas taxas de erro e maior velocidade de reconhecimento [Øivind Due Trier et al. 1996]. Assim, o desempenho de um sistema automático de reconhecimento depende da qualidade dos documentos nos seus formatos originais ou digitais. Os problemas geralmente relacionados à qualidade e a dificuldade de tratamento nesse tipo de sistema podem ser denominados como [Suen et al. 1980]:

1. Ruído: pode ser representado por segmentos de linha desconectados e pontos isolados na imagem;
2. Distorção: constitui variações locais como arredondamentos de cantos, saliências e reentrâncias indevidas;
3. Variações de estilo de escrita: utilização de formas diferentes para representar o mesmo caractere e inclinações;
4. Translação: diferentes posições do mesmo caractere na imagem;
5. Escala: diferentes tamanhos para o mesmo caractere;
6. Rotação: orientações distintas para o mesmo caractere;
7. Textura: variações no tipo do papel utilizado e instrumento de escrita;
8. Traço: variações na espessura do traço que forma o caractere.

Como mencionado, o problema do reconhecimento de caracteres escritos manualmente tem sido estudado há décadas e muitas técnicas foram propostas com o objetivo de resolver esse problema. Nesse contexto, as estratégias geralmente adotadas pelos sistemas de reconhecimento de caracteres consistem nas seguintes etapas [Liu et al. 2004, Arica and Yarman-Vural 2001, Øivind Due Trier et al. 1996]:

1. Digitalização: consiste no processo de transformação do documento original que contém o texto a ser reconhecido para o formato digital;
2. Pré-Processamento: minimização da existência de problemas que possam interferir de forma negativa no processo de reconhecimento;
3. Extração de características: extração de informações a partir de dados brutos da imagem do caractere;
4. Classificação: consiste na aplicação de técnicas para determinar a qual classe de caracteres pertence o caractere representado pelo conjunto de características obtidas na etapa anterior;
5. Pós-Processamento: realização de uma avaliação semântica do conjunto dos caracteres classificados. No caso do reconhecimento de palavras, essa etapa tem por objetivo validar a seqüência de caracteres com o dicionário utilizado.

### **2.1. Técnicas de Pré-processamento**

A qualidade de uma imagem depende do equipamento de aquisição utilizado e dos instrumentos aplicados para a escrita. Em sistemas de reconhecimento de caracteres manuscritos essa situação freqüentemente implica em problemas, como os apresentados anteriormente.

A etapa de Pré-processamento tem por objetivo eliminar ou minimizar a existência de problemas que possam interferir de forma negativa no processo de extração de características [Rothe et al. 1996]. Os procedimentos comumente empregados na etapa de Pré-processamento incluem métodos de Binarização, Redução de Ruídos, Segmentação e Normalização [Arica and Yarman-Vural 2001, Gonzalez and Woods 2001, Øivind Due Trier et al. 1996]:

- Binarização: técnica utilizada para separar objetos como gráficos e caracteres, com tons de cinza mais escuros daqueles que pertencem ao fundo da imagem;
- Redução de Ruídos: consiste na aplicação de filtros para minimizar a ocorrência de ruídos em uma imagem, os quais são alterações ocorridas na imagem resultantes da degradação da imagem pelo tempo, por se tratar de uma fotocópia, ou devido à problemas com os instrumentos utilizados para a escrita e nos dispositivos de aquisição;
- Segmentação: consiste em dividir uma imagem em uma imagem menor ou em um conjunto de imagens menores de maneira a selecionar as regiões de interesse para o processamento;
- Normalização: possui como objetivo eliminar variações entre as imagens que contém os caracteres por meio da transformação da imagem original em outra representação onde há uma padronização dos dados.

### **2.2. Extração de Características**

Em sistemas de reconhecimento de caracteres manuscritos a etapa de Extração de Características constitui um fator importante para que seja possível obter bons resultados e apresenta como objetivo obter informações a partir da imagem de caracteres [Liu et al. 2004]. A análise dessas informações deve possibilitar a distinção entre caracteres pertencentes a classes diferentes e a associação de caracteres que são da mesma classe.

Os métodos de extração de características presentes na literatura, geralmente são classificados em duas diferentes categorias: características estruturais e características estatísticas [Govindan and Shivaprasad 1990]:

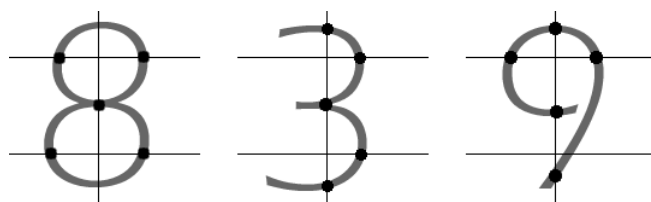
- **Características Estruturais:** Os métodos de Extração de Características Estruturais baseiam-se na análise estrutural da imagem. As informações obtidas correspondem a como os pixels de uma imagem estão arranjados na composição dos traços que constituem o caractere. Para essa classe de algoritmos podem-se citar: Intersecções com Linhas Retas, Orifícios e Arcos Côncavos, Extremidades, Pontos Finais e Junções [Arica and Yarman-Vural 2001, Heutte et al. 1998];
- **Características Estatísticas:** As técnicas de Extração de Características Estatísticas permitem obter informações à respeito de como estão distribuídos os pixels de um caractere. Nesse tipo de estratégia, entre os principais métodos presentes na literatura podem-se citar: Casamento de Padrões, Histogramas de Projeção, Perfis de Contorno, *Chaincode Direction*, Padrões Deformáveis, *Shape Context*, *Zoning*, Momentos Invariantes, *Gradient Direction*, Aproximação por Curvas Splines e Descritores de Fourier [Liu et al. 2004, Belongie et al. 2001, Øivind Due Trier et al. 1996].

### 3. Materiais e Método

No presente trabalho são tratados três métodos de extração de características dentre os vários citados na Seção 2.2. Um desses métodos é classificado como característica estrutural, Intersecções com linhas retas e dois são classificados como características estatísticas, Histogramas de Projeção e Perfis de Contorno.

#### *Intersecções com Linhas Retas*

Esse método de extração de características consiste em identificar a quantidade e a posição de intersecções entre os traços que compõem o caractere e as linhas sobrepostas na imagem [Heutte et al. 1998]. Na Figura 2 são apresentados três dígitos, nos quais são utilizadas duas linhas de intersecção horizontal e uma linha de intersecção vertical. Os pontos de intersecção da imagem com as linhas são posições chave na descrição do caractere e permitem caracterizar a distribuição dos pixels na imagem com base nas regiões definidas pelas linhas.

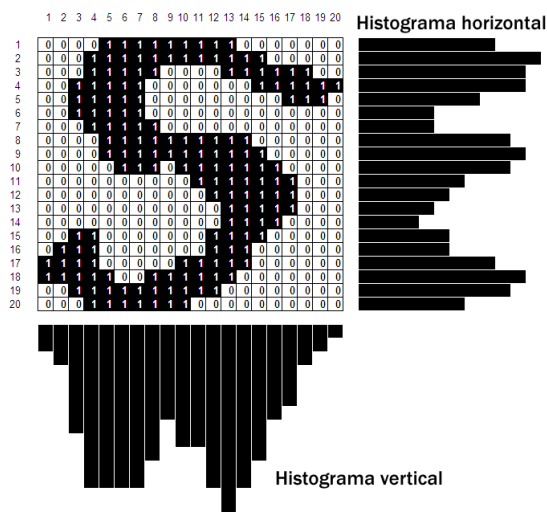


**Figura 2. Aplicação do método de Intersecções com Linhas Retas em duas linhas horizontais e uma vertical.**

#### *Histogramas de Projeção*

O método de Histogramas de Projeção foi introduzido em sistemas de reconhecimento de caracteres por Glauber (1956). Atualmente esta técnica é amplamente utilizada para segmentação de caracteres, palavras e linhas de texto, ou para detectar se uma imagem digitalizada sofreu rotação. O algoritmo consiste em contabilizar a quantidade de pixels para cada linha (histograma horizontal) ou coluna (histograma vertical) da imagem [Koerich 2003, Heutte et al. 1998, Øivind Due Trier et al. 1996]. Para obter o histograma de projeção horizontal, todas as linhas da imagem do caractere são analisadas

e para cada pixel com conteúdo de valor igual a 1, a barra do histograma correspondente a essa linha é incrementado em uma unidade. O mesmo procedimento é realizado para gerar o histograma de projeção vertical, no qual as colunas são analisadas. A Figura 3 apresenta o histograma vertical e horizontal, extraídos a partir da imagem de um caractere.



**Figura 3. Histogramas de Projeção vertical e horizontal.**

Os Histogramas de Projeção permitem diferenciar caracteres como “m” e “n”, os quais apresentam três e dois picos utilizando histograma vertical, respectivamente, ou então “E” e “F”, que apresentam três e dois picos utilizando histograma horizontal, respectivamente. Ainda, os Histogramas de Projeção podem se tornar invariantes a escala por meio da utilização de um número fixo de barras em cada eixo e dividindo pelo total do número de pixels na imagem do caractere. Contudo esse método é muito sensível à rotação e em certo grau à variabilidade no estilo de escrita.

#### *Perfis de Contorno*

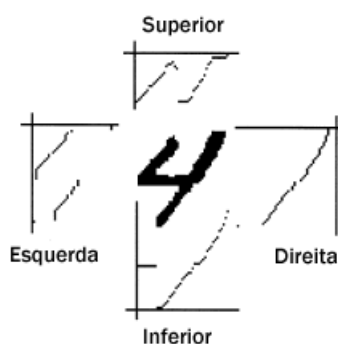
O método de Perfis de Contorno consiste em contabilizar a quantidade de pixels (distância) entre a borda da imagem do caractere e a borda do caractere. Os Perfis de Contorno podem ser utilizados em quatro posições diferentes (Figura 4): superior, inferior, direita e esquerda [Koerich 2003]. A motivação para utilizar Perfis de Contorno está relacionada à possibilidade de que cada parte do contorno pode ser aproximada por uma função discreta do espaço de variáveis  $x$  e  $y$  [Øivind Due Trier et al. 1996]. Esse método possibilita descrever a forma externa de um caractere em termos de largura e altura permitindo diferenciar caracteres como “q” e “p”.

#### **4. Configuração dos Experimentos**

A implementação dos métodos descritos anteriormente foi realizada utilizando a linguagem de programação Java em conjunto com a API Java Advanced Imaging<sup>1</sup> para a manipulação das imagens digitalizadas. A avaliação do desempenho desses métodos foi realizada utilizando a base de imagens de números da MNIST<sup>2</sup>, a qual é composta por um

<sup>1</sup><http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media>

<sup>2</sup><http://yann.lecun.com/exdb/mnist>



**Figura 4. Quatro tipos de Perfis de Contorno [Øivind Due Trier et al. 1996].**

conjunto de treinamento e um de teste, constituídos de 60000 e 10000 dígitos, respectivamente. Nesse trabalho, foram extraídos 1000 dígitos do conjunto da MNIST, sendo que para cada classe de dígito foram selecionadas 100 imagens aleatoriamente. Essas imagens, as quais encontram-se em escala de cinza, foram submetidas à aplicação da técnica de Binarização e posteriormente redimensionadas para um tamanho padrão de  $20 \times 20$  pixels. Para a fase de classificação foi utilizado o método *1-Nearest Neighbor*, o qual consiste em classificar um exemplo por meio de uma medida de similaridade, baseando-se no vizinho mais próximo do conjunto de treinamento [Han and Kamber 2006]. Do total dos 1000 dígitos utilizados, 800 foram aplicados para treinamento e 200 para a realização de testes. Posteriormente, essa configuração foi submetida a duas estratégias de classificação: a primeira abordagem utilizou cada um dos três métodos de extração de características individualmente para a construção de modelos para classificar os caracteres e na segunda abordagem foi realizada a classificação por meio da combinação dos três métodos.

## 5. Resultados e Discussão

A etapa de extração de características é considerada o núcleo em um sistema de reconhecimento de caracteres. Os métodos propostos para esse fim buscam minimizar a variabilidade dos padrões de uma mesma classe e maximizar a diferença de padrões entre classes distintas. Diferentes técnicas de extração de características atendem a esse requisito para determinados tipos de problemas, dependendo do domínio e dos dados disponíveis. Ou seja, um método de extração de características que obtém bons resultados em um dado domínio de aplicação pode não apresentar o mesmo resultado em outras áreas [Liu et al. 2004, Arica and Yarman-Vural 2001, Heutte et al. 1998]. Um fator importante na seleção de um método de extração de características é considerar se os caracteres têm tamanhos e orientação conhecidos e também que mais de um padrão da classe pode ser necessário para descrever um mesmo caractere, o qual permite diferentes representações.

Para que um sistema de reconhecimento de caracteres seja robusto, é necessário que este seja capaz de reconhecer uma grande variabilidade de estilos e de escrita. Essa variabilidade deve-se ao fato de que diferentes pessoas apresentam distintos estilos de escrita e mesmo uma única pessoa pode apresentar variações na forma de escrever dependendo da situação em que estiver e aos diferentes tipos de dispositivos e instrumentos utilizados [Behnke et al. 1997]. Esses fatores são os motivos para a ocorrência dos pro-



blemas que dificultam o bom desempenho dos sistemas de reconhecimento de caracteres. Desse modo, para reconhecer muitas variações do mesmo caractere, as estratégias adotadas devem obter na etapa de extração de características descritores que sejam invariantes a determinadas transformações.

Considerando esses requisitos, neste trabalho foram apresentados três métodos de extração de características e utilizados segundo duas abordagens. Na primeira abordagem cada método para classificação foi considerado separadamente e as precisões obtidas foram as seguintes: para o método de Histogramas de Projeção 49%, para Perfis de Contorno 90.3% e para o método de Intersecções com Linhas Retas 15%. Já na aplicação da segunda abordagem, na qual os três métodos foram combinados para a descrição dos números, obteve-se 93.5% de precisão. Por meio desses resultados pôde-se observar que a utilização de maneira conjunta de diferentes métodos de extração de características pode alcançar melhores resultados, visto que dificilmente um único método terá informações suficientes para descrever por completo um caractere. Nesse sentido, observa-se que o maior desafio na seleção de um método de extração de características consiste na escolha dos melhores métodos com base nas necessidades da área de aplicação.

## 6. Conclusão

Neste trabalho foi apresentado um estudo dos principais conceitos da área de reconhecimento de caracteres manuscritos e abordagens comumente empregadas para solucionar problemas com essas características. Apresentou-se também três métodos comumente utilizados para a extração de características a partir de imagens de caracteres, os quais resultaram em uma maior precisão quando aplicados conjuntamente. Trabalhos futuros incluem a realização de testes com outros métodos de extração de características e classificação e o reconhecimento de dígitos manuscritos contidos em formulários médicos.

## Agradecimentos

Ao Programa de Desenvolvimento Tecnológico Avançado — PDTA/FPTI-BR — pelo auxílio por meio da linha de financiamento de bolsas.

## Referências

- Arica, N. and Yarman-Vural, F. (2001). An overview of character recognition focused on off-line handwriting. In *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, volume 31, pages 216 – 233.
- Behnke, S., Pfister, M., and Rojas, R. (1997). Recognition of handwritten digits using structural information. In *Proceedings ICNN'97*, volume 3, pages 1391–1396.
- Belongie, S., Malik, J., and Puzicha, J. (2001). Shape matching and object recognition using shape contexts. In *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, volume 24, pages 509–522.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *Ai Magazine*, 17:37–54.
- Glauberman, M. H. (1956). Character recognition for business machines. In *Electronics*, volume 22, pages 132–136.

- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2001). *Digital Image Processing*. Prentice-Hall, Upper Saddle River , NJ, USA.
- Govindan, V. K. and Shivaprasad, A. P. (1990). Character recognition: a review. In *Pattern Recognition*, volume 23, pages 671–683.
- Han, J. and Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann, Califórnia , USA.
- Heutte, L., Paquet, T., Moreau, J.-V., Lecourtier, Y., and Olivier, C. (1998). A structural/statistical feature based vector for handwritten character recognition. In *Pattern Recognition Letters*, pages 629–641.
- Honorato, D. F., Lee, H. D., Monard, M. C., Wu, F. C., Machado, R. B., Neto, A. P., and Ferrero, C. A. (2005). Uma metodologia para auxiliar no processo de construção de base de dados estruturadas a partir de laudos médicos. In *Encontro Internacional de Inteligência Artificial*, pages 593–601, São Leopoldo, RS.
- Øivind Due Trier, Jain, A. K., and Taxt, T. (1996). Feature extraction methods for character recognition-a survey. In *Pattern Recognition*, pages 641–662.
- Koerich, A. (2003). Unconstrained handwritten character recognition using diferent classification strategies. In *Proceedings of the IAPR TC3 International Workshop on Artificial Neural Networks in Pattern Recognition*, pages 1–5.
- Lee, H. D. (2005). *Seleção de atributos importantes para a extração de conhecimento de bases de dados*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- Liu, C.-L., Nakashima, K., Sako, H., and Fujisawa, H. (2004). Handwritten digit recognition: investigation of normalization and feature extraction techniques. In *Pattern Recognition*, pages 265–279.
- Maletzke, A. G., Lee, H. D., Wu, F. C., Matsubara, E. T., Coy, C. S. R., Fagundes, J. S., and Góes, J. (2006). Uma metodologia para auxiliar no processo de mapeamento de formulários médicos para bases de dados estruturadas. In *X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, pages 1–6, Florianópolis, SC.
- Maletzke, A. G., Lee, H. D., Zalewski, W., Edson T. Matsubara, R. F. V., Coy, C. S. R., Fagundes, J. J., Góes, J. R. N., and Chung, W. F. (2007). Mapeamento de informações médicas descritas em formulários para bases de dados estruturadas. In *VII Workshop de Informática Médica*, pages 49–58.
- Rezende, S. O. (2003). *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações*. Malone, São Paulo, Brasil.
- Rodrigues, R. J. and Thomé, A. C. G. (2001). Reconhecimento de dígitos cursivos - um método de segmentação por histogramas. In *Congresso de Lógica Aplicada à Tecnologia - LAPTEC 2000*, pages 219–223.
- Rothe, I., Suesse, H., and Voss, K. (1996). The method of normalization to determine invariants. In *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell*, pages 366–376.
- Suen, C. Y., Berthold, M., and Mori, S. (1980). Automatic recognition of handprinted characters: The state of the art. In *Proceedings of IEEE*, volume 68, pages 469–487.