

Março de 2009

## SISTEMA PARA RECUPERAÇÃO DE MAMOGRAFIAS COM BASE EM CONTEÚDO: EXTRAÇÃO DO VETOR DE CARACTERÍSTICAS

Leonardo Brussolo de Paula, Marília Guimarães Pinheiro, Natália Abdala Rosa,  
Luis Ricardo de Figueiredo, Paulo Mazzoncini de Azevedo-Marques.

### RESUMO

O MedCBIR-RF é um sistema de recuperação de mamografias com base em conteúdo desenvolvido pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto FMRP-USP. Para a recuperação de mamografias similares constantes em uma base de imagens, são utilizados vetores de atributos das imagens. Este trabalho apresenta uma estrutura computacional, o VetCBIR, para extração do vetor de características que será armazenado no MedCBIR-RF. Os atributos dos vetores de características foram escolhidos segundo estudo de relevância entre diversos algoritmos de processamento de imagens aplicados a mamografias. O VetCBIR foi desenvolvido utilizando a linguagem JAVA e realiza funções de processamento de imagem como inversão de cores, reversão para tons de cinza, extração das bordas da imagem, ampliação e redução, segmentação da mama e aplicação do algoritmo de granulometria. O VetCBIR automatiza a inclusão de novas imagens de exames mamográficos no acervo do MedCBIR-RF, até então feita de forma externa e incremental. Sua incorporação torna o MedCBIR-RF autônomo e completo na composição de um ambiente computacional básico para implantação de procedimentos de recuperação de imagens por similaridade como ferramenta para o Diagnóstico Auxiliado por Computador (Computer Aided Diagnosis CAD), pesquisa médica, educação e treinamento em medicina.

**Palavras-chave:** Mamografia, Sistemas, Medicina, Recuperação Baseada em Conteúdo CBIR, Vetor Característica.

### ABSTRACT

The MedCBIR is a Content-Based Image Retrieval system to retrieve mammography. To retrieve images from a database a comparison is performed between the feature-vector of the query image and the corresponding vectors of the images in the database. The MedCBIR-RF was developed by Center of Image Sciences and Medical Physics FMRP, University of São Paulo, Brazil. This paper presents the VetCBIR, a computational tool for extraction of the feature-vector that compose the base of MedCBIR-RF. A study was conducted to select the features most representatives for

Março de 2009

mammograms, the vector is formed by these features. The VetCBIR was developed using Java and supports functions of image processing like reverse colors, gray-levels, detect the edges, segmentation of the breast region and implementation of the granulometric feature. The images used in this study are from the Digital Database of FMRP-USP. The VetCBIR is a resource for insertion of mammograms in the database MedCBIR-RF system. Until now, the insertion image in the system was made of external and incremental way. The addition of VetCBIR makes the MedCBIR-RF complete as computing environment for implementation of a Computer-Aided Diagnosis CAD, medical research and education, and training in medicine.

**Keywords:** Mammography, Content-Based Image Retrieval CBIR, Feature Vector, Computer-Aided Diagnosis CAD.

## INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Recuperação de Imagens Baseado em Conteúdo (*Content-Based Image Retrieval – CBIR*) compõem a base de tecnologias computacionais que oferecem aos radiologistas aplicativos para apoio ao diagnóstico. Estes aplicativos buscam extrair das imagens características capazes de responder a consultas por similaridade, comparando imagens médicas com outras semelhantes cujo diagnóstico já tenha sido confirmado.

Este trabalho apresenta um componente computacional, denominado Vet\_CBIR, para extração dos atributos que caracterizam imagens mamográficas e que serão usados para sua indexação e recuperação. A concretização desta proposta cria as condições para que uma aplicação de apoio ao diagnóstico desenvolvida junto ao Laboratório de Processamento de Imagens e Informática Radiológica (LaPIR) da FMRP, o MedCBIR-RF (AZEVEDO-MARQUES, 2008, p.22) automatize o cadastramento de novos exames.

Para comparação e recuperação de mamografias semelhantes com base no conteúdo da imagem, o MedCBIR-RF utiliza vetores de atributos previamente extraídos de imagens mamográficas pertencentes ao Banco de Imagens do Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto HCFMRP (ROSA, 2007). Uma limitação até então existente nesta aplicação era a impossibilidade de ampliar o conjunto de imagens de sua base sem contar com recursos externos para extração das características. Estes recursos externos são ferramentas para extração do vetor de características, desenvolvidas por Kinoshita (p.172, 2007), que utilizam uma série de algoritmos de processamento de imagens.

Março de 2009

O trabalho de Kinoshita (2004) seleciona as características, e suas combinações, que apresentam melhores resultados em consultas por similaridade entre mamografias. Sua técnica foi aplicada em 1080 imagens digitalizadas de 270 casos de exames de mamografia de pacientes do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto HCFMRP. A recuperação de imagens semelhantes nesta base obteve uma taxa de precisão de aproximadamente 91,07% para a combinação dos cinco grupos de atributos de Forma, atributos Estatísticos Extraídos do Histograma, Momento de Hu, Espectral no Domínio de Radon e de Medida de Granulometria. Esta base de imagens e respectivas características foram utilizadas por Rosa (2007) para validação de seu CBIR com técnicas de realimentação de relevância embutida. Rosa realizou um estudo, com médicos do hospital, para ilustrar que o uso de técnicas de realimentação de relevância permite melhorar os resultados de consultas baseadas em conteúdo, mesmo quando as características utilizadas para comparação de similaridade já apresentam bons resultados, como é o caso das características pesquisadas por Kinoshita (2004).

O trabalho aqui proposto complementa o MedCBIR-RF no que se refere à extração do vetor de características de mamografias. O MedCBIR-RF compõe ambiente computacional básico para implantação de procedimentos de recuperação de imagens por similaridade como ferramenta para o Diagnóstico Auxiliado por Computador (do Inglês, Computer-aided Diagnosis – CAD), pesquisa médica, educação e treinamento em medicina.

### **Sistema de Recuperação de Imagem Baseada em Conteúdo (CBIR)**

Os sistemas que recuperam imagens com características similares a de uma imagem consultada são conhecidos como Sistemas de Recuperação de Imagem Baseada em Conteúdo (CBIR – *Content-Based Image Retrieval*). Ao invés de utilizar algum tipo de indexação por descrições textuais de seu conteúdo, o CBIR utiliza indexação mediante avaliação do conteúdo visual das imagens. Müller (2004, p 1) faz uma revisão detalhada destes sistemas.

Nos sistemas CBIR, as imagens são normalmente representadas através do *vetor de características*. Um *vetor de características* é uma representação numérica sucinta de uma imagem, ou parte dela, caracterizando medidas dos aspectos representativos desse objeto (CASTAÑÓN, 2003).

A escolha das características extraídas das imagens visa à melhoria na qualidade dos resultados obtidos nas consultas por similaridade. O número e a natureza das características sempre estarão relacionados com o domínio da imagem e com as propriedades que se deseja caracterizar (AZEVEDO-MARQUES, 2002, p.93). Para se recuperar uma imagem semelhante é feita

Março de 2009

comparação entre os atributos nos vetores de características por medidas de similaridade pertencentes a um espaço de métricas.

Há três grandes tipos de atributos utilizados para recuperação de imagens similares: cor, textura e forma (CASTAÑÓN, 2003).

- **Cor** - os esquemas de cores mais conhecidos são o RGB (*red, green, blue*), que mapeia diretamente as cores do componente de exibição da imagem e o HSI (*hue, saturation, intensity*) que mapeia mais fielmente um modelo de cores para a percepção humana. Muitos trabalhos ligados à extração de características baseadas na distribuição de cores estão concentrados no histograma de cor que são invariantes a translação e rotação das imagens. Com a normalização dos histogramas obtém-se também a invariância à escala.
- **Textura** - a textura é a determinação de padrões repetitivos na imagem. Esses padrões podem ser estabelecidos pela diferença na superfície da estrutura ou pela diferença de cor. Embora para o olho humano seja fácil o reconhecimento das texturas, procedimentos computacionais automáticos dessa tarefa, às vezes, acabam exigindo técnicas computacionais complexas. A análise de textura estabelece o relacionamento de vizinhança dos elementos de textura e seu posicionamento em relação aos demais (conectividade), o número de elementos por unidade (densidade) e a sua regularidade (homogeneidade). A utilização de textura de imagens tem como objetivo permitir sua segmentação em determinadas regiões que possuem mesma textura.
- **Forma** - em aplicações médicas, a forma e tamanho dos tumores são de fundamental importância para sua classificação como maligno ou benigno. Tumores com bordas irregulares têm uma alta probabilidade de serem malignos. A forma pode ser estabelecida pelos limites de variação da textura e, em geral, exige a segmentação da imagem para o reconhecimento das estruturas ali existentes.

Uma vez extraído, o vetor de características pode ser facilmente armazenado em um Banco de Dados Relacional. O desafio de um sistema CBIR é encontrar um vetor de característica que: reduza a dimensão dos dados; ressalte aspectos da imagem significativos à percepção humana e que seja invariante a algumas transformações da imagem. O vetor, ao invés da imagem completa, será trabalhado pelo sistema.

A maioria dos sistemas CBIR aplica restrições severas para entrada de imagens. Um mesmo sistema CBIR aplicado a diferentes doenças e regiões anatômicas do corpo humano, ainda é um desafio a ser alcançado (CASTAÑÓN, 2003). Em geral, estes sistemas são aplicados em segmentos específicos de imagens, modalidades, regiões do corpo ou doenças.

Março de 2009

### Sistema MedCBIR-RF

Um CBIR deve diminuir a descontinuidade semântica existente entre características que podem ser extraídas das imagens e as descrições que são significativas aos usuários. Técnicas de realimentação de relevância para associação das descrições às características da imagem são utilizadas para agilizar esta aproximação semântica (ROSA, 2007).

No MedCBIR-RF, a realimentação de relevância é realizada através da inspeção visual do especialista. Consiste na marcação das imagens consideradas relevantes dentre as imagens que foram recuperadas do banco de dados após uma consulta a partir de uma imagem de busca. As relevâncias tanto da imagem de busca quanto das imagens resultantes são comparadas e qualificadas pelo especialista.

O MedCBIR-RF foi concebido com módulos de aplicabilidades genéricas para contemplar um sistema de gerenciamento de imagens com a funcionalidade de recuperação baseada em conteúdo, podendo ser aplicado a imagens de natureza diversa. Um módulo do MedCBIR-RF, denominado de SRMamm (Structured Report of Mammography), se caracteriza por ser específico para o diagnóstico de exames de mamografias. Com ele é possível marcar achados e codificá-los segundo o padrão BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System), armazenar as imagens das projeções das mamas e das imagens das regiões de interesse e também gerar automaticamente laudos completos (AZEVEDO-MARQUES, 2002, p. 93).

O MedCBIR-RF foi desenvolvido em C++Builder® versão 5.0. Utilizou recursos da biblioteca de código aberto portátil em C++ GBDI Arboretum (<http://gbd.iemc.usp.br/downloads.php>) que é composta por vários métodos de acessos métricos implementados, dentre eles o Slim-tree (Árvore métrica dinâmica para a indexação de dados). O GBdi é o Grupo de Base de Dados e Imagens do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP São Carlos. Foi utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados Oracle 9.1, com a Base de Dados do Hospital das Clínicas da FMRP.

O Modelo de Dados foi projetado visando abranger as particularidades dos exames de mamografia. Foi dividido em quatro categorias conforme o assunto: Armazenamento Genérico de Imagens para permitir flexibilidade ao armazenamento de imagens, Armazenamento de Imagens Específico para imagens DICOM com atributos do tipo BLOB (Binary Large Object), o Armazenamento das Características Extraídas associada ao extrator e Armazenamento das Consultas Realizadas.

A massa de testes do sistema foi composta por 1080 imagens mamográficas já processadas por Kinoshita (2004) e seus respectivos vetores de características. Foram removidos ruídos, feita a

Março de 2009

segmentação da região da mama, a detecção da linha de separação da região do músculo peitoral, a determinação da posição do mamilo e segmentação da região de tecido fibro-glandular.

A arquitetura concebida para o MEdCBIR-RF compreende os seguintes módulos: módulos de armazenamento de imagens, módulo de extração de características, módulo de inserção e atualização das características nas respectivas árvores métricas, e os módulos para seleção da imagem de consulta. A Figura 1 apresenta um esquema do MedCBIR-RF, o módulo Vet\_CBIR desenvolvido neste trabalho contempla as funções correspondentes ao Módulo Offline de Extração de Características do Domínio, quadro 3 da Figura 1.

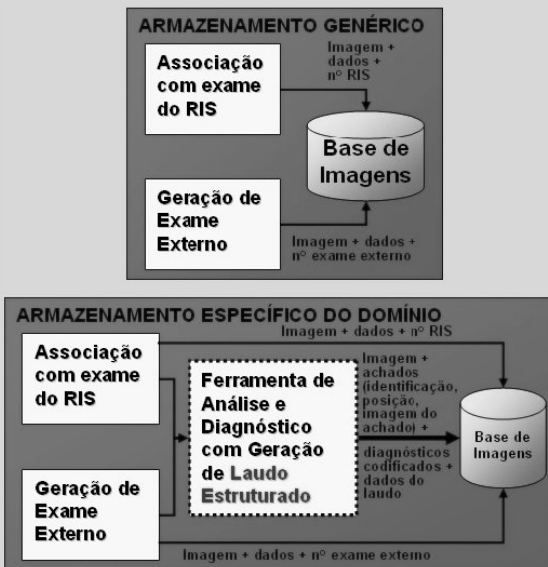




Março de 2009

**MedCBIRRF**

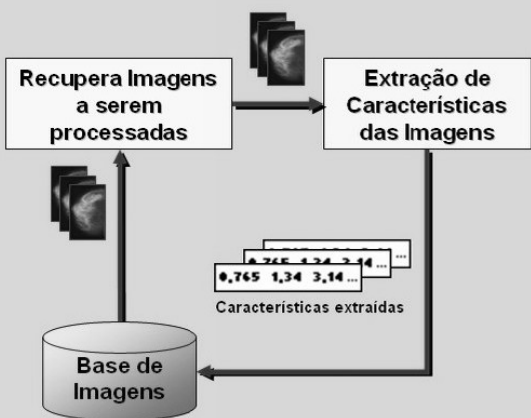
**MÓDULO DE ARMAZENAMENTO DE IMAGENS**



**MÓDULO CBIR-RF**



**MÓDULO OFFLINE DE EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO DOMÍNIO**



**MÓDULO DE INSERÇÃO E ATUALIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS NA SLIM-TREE**

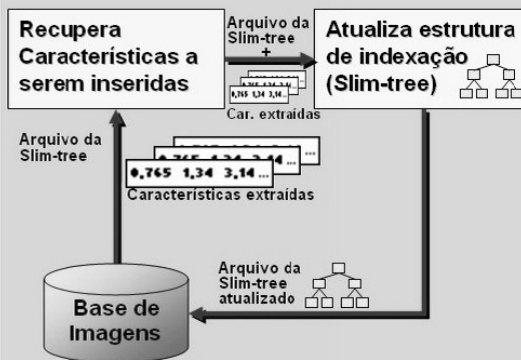


Figura 1. Esquema geral do MedCBIR-RF.

**O VetCBIR - Extração do Vetor de Características**

O objetivo principal do Vet\_CBIR é oferecer mecanismos para automatizar a geração dos vetores de características utilizados pelo MedCBIR-RF. A ferramenta extrai os componentes do

Março de 2009

vetor e pode tanto exibi-los para o usuário, quanto salvá-los em arquivo. A Figura 2 ilustra as funções do Vet\_CBIR.

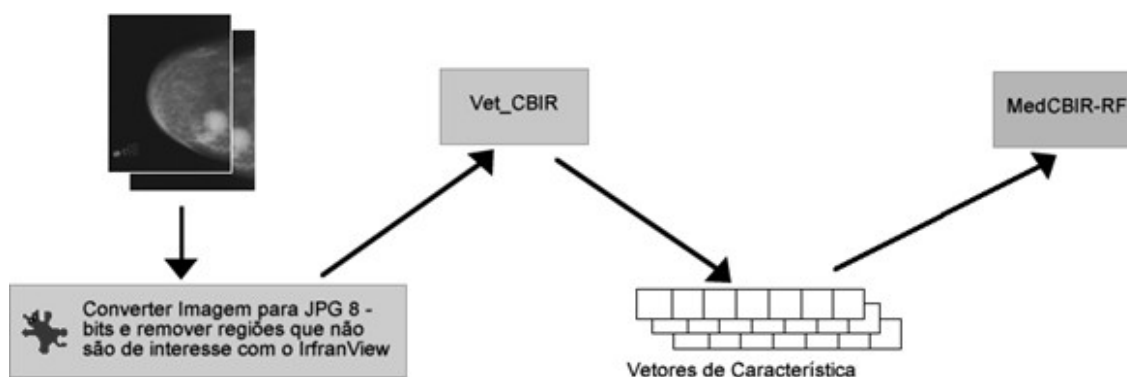


Figura 2. Funções do Vet\_CBIR.

O Vet-CBIR foi desenvolvido em JAVA™ Opensource, usando a biblioteca Java Advanced Imaging (JAI) da Sun Microsystem e preparado para abrir os formatos mais adotados em imagens (TIF, JPG, BMP, GIF, DICOM), sem restrição de tamanho. A biblioteca JAI dá suporte às operações de aquisição, visualização, realce de imagens, transformações geométricas, análise de imagem e processamento. Ela também oferece suporte cliente-servidor através da arquitetura JAVA RMI (Remote Method Invocation) que permite chamadas remotas entre duas máquinas virtuais Java, executadas em computadores distintos (HORSTMANN, 2004)

A mamografia possui algumas regiões que não são de interesse para o processamento e conseqüentemente para a geração dos vetores de atributos. A etiqueta com o nome do paciente, a lateral da imagem e o músculo peitoral (presente na imagem médio lateral oblíqua do exame) devem ser descartadas a priori.

O Vet-CBIR dá suporte às operações para processamento de imagens resumidas a seguir.

Efeito Blur – modifica o foco da imagem. Foi implementado usando a função convolve que cria um novo objeto do tipo ConvolveOp.

Efeito Nitidez – o efeito de nitidez ou sharpen é resultado da aplicação de um Filtro Laplaciano, cujo elemento central foi modificado para atuar como um limiar de frequência.

Efeito Brilho - consiste em aplicar em todos os pixels da imagem  $f(x,y)$  um operador linear do tipo  $g(x,y) = C.f(x,y) + B$ , onde  $C$  = contraste da imagem e  $B$  = brilho da imagem. Na implementação foi usada a função brighteninc para o aumento e a função brightendec para o decremento do brilho, com apoio da função filter. A título de ilustração, o pseudocódigo é apresentado na Figura 3.



Março de 2009

```

public void brighteninc()
{
    float a = 1.5f;
    float b = -20.0f;
    RescaleOp op = new RescaleOp(a, b, null);
    filter(op);
}

public void brightendec()
{
    float a = 1.0f;
    float b = -20.0f;
    RescaleOp op = new RescaleOp(a, b, null);
    filter(op);
}

```

Figura 3. Efeito Brilho, pseudocódigo.

Efeito Detector de Borda - foi utilizado filtro passa-alta que filtra as baixas frequências da imagem e mantém detalhes, como bordas e contornos.

Efeito Negativo - foi obtido aplicando-se a todos os pixels da imagem  $f(x,y)$ , um operador linear como  $g(x,y) = W - f(x,y)$  onde,  $W$  = Maior nível e cinza na imagem (para imagens de 8 bits/ $W = 255$ ).

Efeito Tons de Cinza - converte a imagem do padrão RGB para o padrão preto e branco.

Segmentação da Imagem – o processo de segmentação da mamografia consiste em separar a região exposta à radiação, correspondente aos tecidos da mama, da região correspondendo ao fundo da mamografia. O Vet-CBIR gera automaticamente as imagens segmentadas; separa a mama e resalta a região com maior incidência de radiação. Este processo facilita a seleção de área de interesse pelo usuário para segmentação, conforme Figura 4.

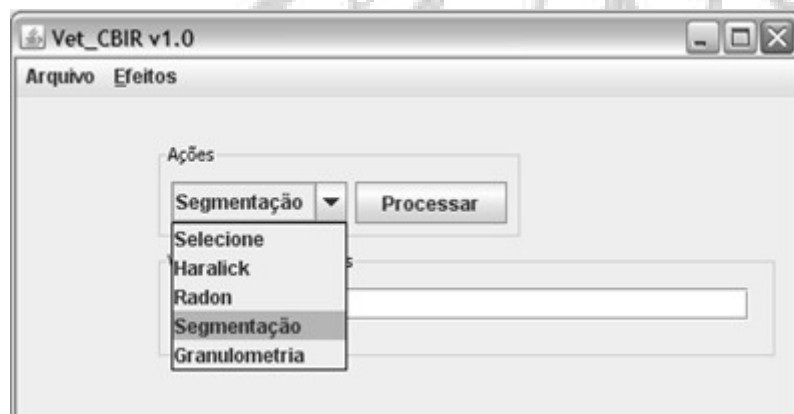


Figura 4. Vet-CBIR, geração de imagens segmentadas.

Março de 2009

A Figura 5 apresenta imagem após remoção das regiões sem interesse. A Figura 5(b) mostra a imagem binarizada, segmentando a região da mama. A Figura 5(c) exibe a mesma imagem com realce e a Figura 5(d) exibe máscara para a área a ser segmentada.

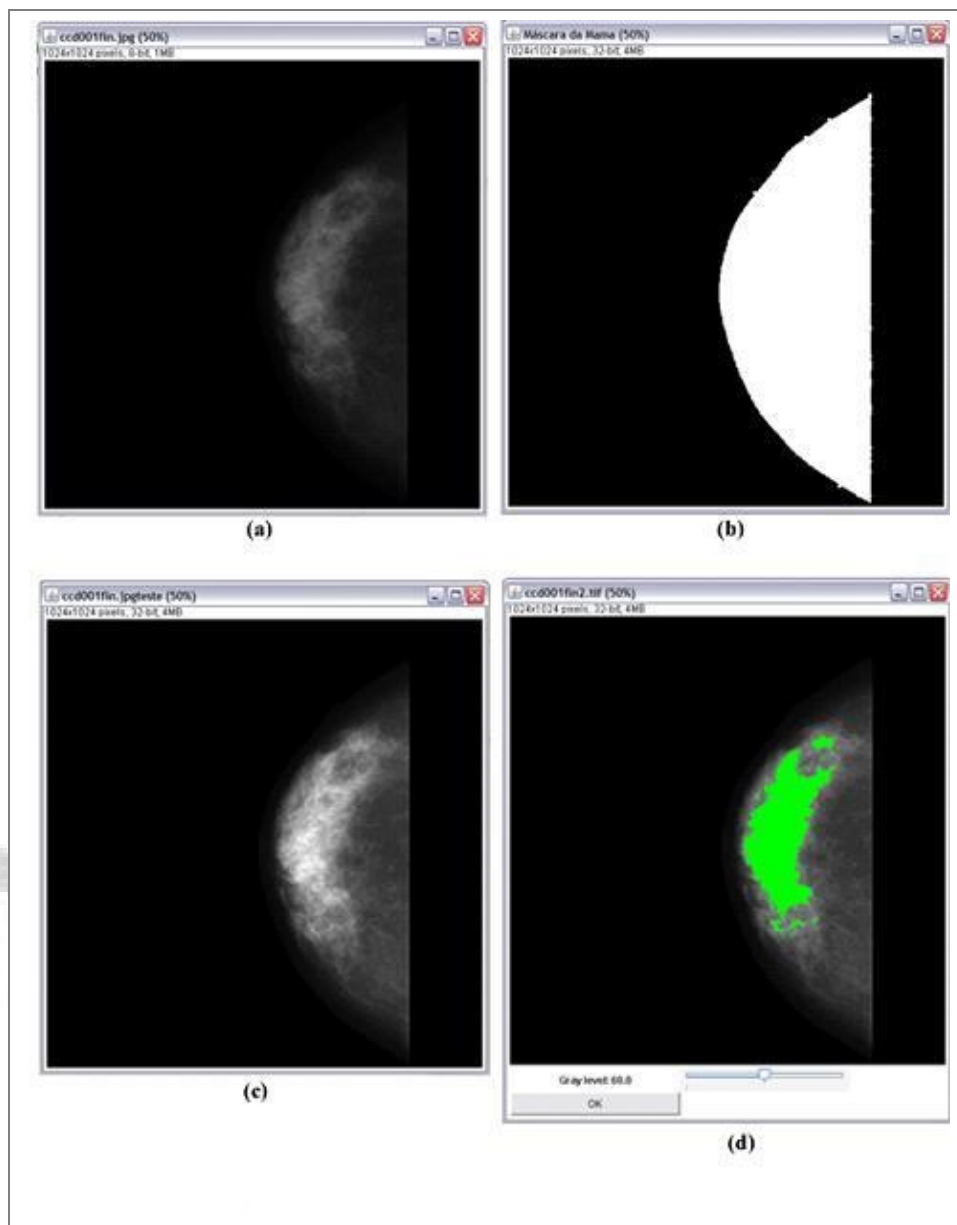


Figura 5. Vet-CBIR, remoção de regiões sem interesse.

Algoritmo de Granulometria – a granulometria visa determinar a distribuição dos padrões na imagem. Para determinação da distribuição, são aplicados filtros morfológicos de “abertura” com elemento estruturante de tamanho crescente na imagem original (OLIVEIRA, 2007, p. 255).

A diferença entre a imagem original e a imagem filtrada é computada a cada passagem do elemento estruturado. No final, essas diferenças são normalizadas e utilizadas para construção do

Março de 2009

histograma de distribuição do tamanho de partículas. Na mamografia, a densidade pode ser utilizada como medida de Granulometria (KINOSHITA, 2004). O Vet-CBIR oferece a flexibilidade de aplicar o processamento de granulometria tanto em imagens segmentadas quanto na mama inteira. Em Kinoshita (2004), este algoritmo foi aplicado em imagens com a região de tecido fibroglandular segmentada.

A Figura 6(a) mostra a imagem original, a Figura 6(b) traz a imagem de retorno na primeira interação, a Figura 6(c) mostra a figura de retorno da segunda interação, a Figura 6(d) traz a figura de retorno da terceira e última interação. A figura 6(e) mostra a tabela com os valores extraídos para cada interação e a Figura 6(f) mostra o histograma com a relação densidade por raio.

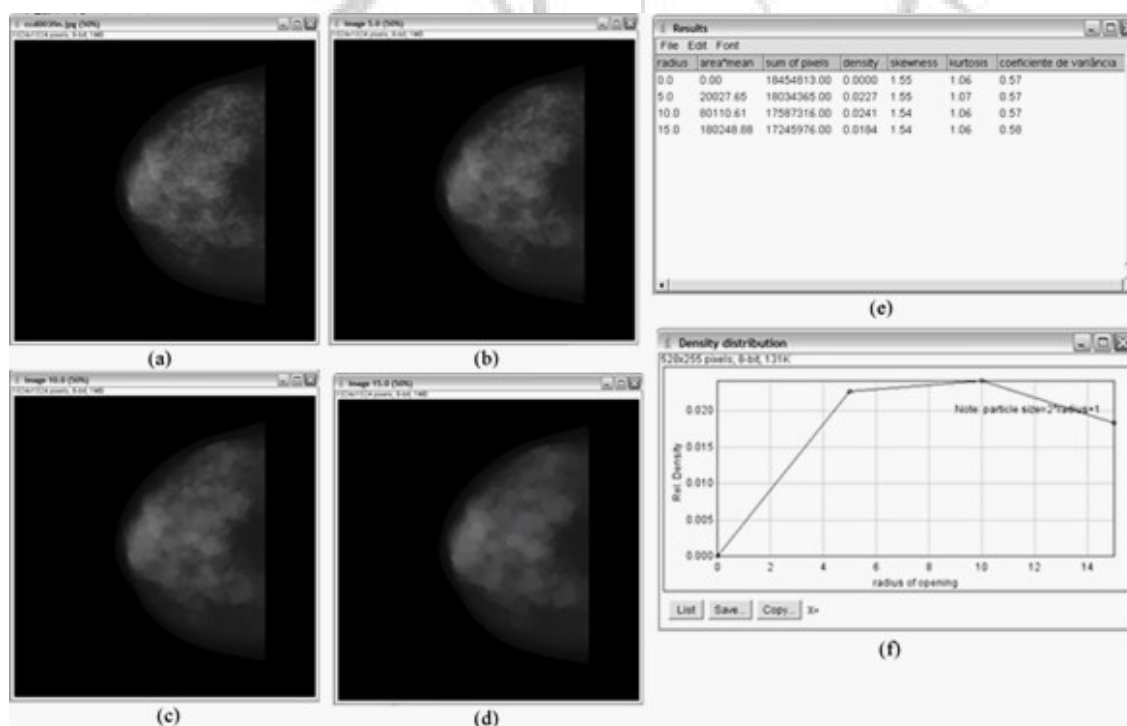


Figura 6. Apresentação de relatórios após interações usando Vet-CBIR.

O vetor de característica gerado pelo Vet-CBIR foi baseado nas características testadas por Kinoshita (2004). Basicamente estes atributos são de momentos estatísticos do histograma da imagem como os centrados na média, das regiões de interesse da mama: média, desvio-padrão, momento de terceira ordem (skewness) (GONZALEZ, 2000), e momento de quarta ordem (kurtosis) (GONZALEZ, 2000), além dos valores da área vezes a média, soma total dos pixels da imagem, a densidade e o coeficiente de variância. Estas características são adequadas à recuperação de mamografias com base no conteúdo da imagem no sistema MedCBIR-RF.

Março de 2009

## CONCLUSÃO

Diversos métodos têm sido analisados para seleção de casos similares nas inúmeras iniciativas para construção de sistemas de apoio ao diagnóstico em radiologia. As investigações em sistemas CBIR se intensificam na busca de características de forma, cor, textura e reconhecimento de padrões de imagens cujos vetores possam contribuir para recuperação de imagens similares.

Li (2003, p. 2584), entretanto, acredita que todos estes métodos tenham limitações, pois não consideram as “impressões visuais de similaridade” dos radiologistas quando comparam duas imagens. Ele apresenta um estudo em que quantifica as “impressões” de similaridade dos radiologistas e então usa os valores resultantes dessa quantificação como dados de entrada para determinação de medidas de similaridade. Com isso, espera que as imagens selecionadas como similares a uma imagem desconhecida sejam “mais similares” visualmente que às recuperadas por outro método.

Muramatsu (2005, p. 2295) apresenta o conceito de medida “psicofísica” (psychophysical similarity measure) para avaliar a aplicabilidade de medidas de similaridade. Esta medida considera a compatibilidade entre as taxas de similaridade subjetiva do radiologista correlacionada às medidas físicas de similaridade. Os resultados de sua aplicação em calcificações em mamografias mostraram-se potencialmente vantajosos.

Estas perspectivas encorajam o aperfeiçoamento do MedCBIR-RF e, conseqüentemente, do VetCBIR. A inserção da avaliação do especialista na recuperação de imagens similares mostra-se uma alternativa interessante para incorporar medidas subjetivas e tornar mais poderoso um sistema de recuperação de imagens com base em conteúdo.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares do desenvolvimento de uma ferramenta computacional capaz de extrair o vetor de características de imagens mamográficas que servem de entrada para o sistema MedCBIR-RF. O Vet-CBIR integra, em um sistema único, os procedimentos definidos por Kinoshita (2007, p. 171) em vários algoritmos criados em MatLab. O Vet-CBIR permite que o usuário selecione uma imagem, extraia suas características e, ainda, visualize a imagem segmentada e o correspondente vetor de característica extraído.

São necessários testes mais amplos, abrangendo novas bases de imagens, para validação do módulo de extração do vetor de características e sua integração efetiva ao MedCBIR-RF. Os testes realizados utilizaram as mesmas imagens processadas por Kinoshita (2007, p. 171).

O potencial da ferramenta poderá ser ampliado com a automatização dos procedimentos de extração em lote. Com isso, poderiam ser processadas as diversas imagens em um determinado diretório, o que agilizaria a extração e ampliação da base de mamografias do MedCBIR-RF.

Março de 2009

A inclusão de algoritmos para segmentação e remoção do músculo peitoral em imagens do tipo médio lateral oblíqua, auxiliaria a automatização do processo, tornando o sistema independente de qualquer outra ferramenta de processamento de imagens neste contexto.

Como trabalhos futuros, a ferramenta poderia ter suas funções ampliadas para trabalhar com outras imagens médicas, além da mamografia.

### **Agradecimentos**

Ao Cláudio Souza Figueiredo e à Danieli Ferreira de Freitas do Laboratório de Processamento de Imagens e Informática Radiológica (LaPIR), do Centro de Ciências das Imagens e Física Médica CCIFM-FMRP, cuja ajuda foi crucial para a concretização deste projeto.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Azevedo-Marques, P. M. ; Rosa, N. A. ; Traina, A. J. M., et al. *Reducing the semantic gap in content-based image retrieval in mammography with relevance feedback and inclusion of expert knowledge*. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, v. 1, p. 1-22, 2008.

Rosa, N. A. *Inserção do conhecimento do especialista no processo de alimentação de relevância em recuperação de imagem por conteúdo: um estudo de viabilidade em mamografia*. Tese de Doutorado. Departamento de Clínica Médica. Ribeirão Preto, 2007.

Kinoshita, S. K. ; Azevedo- Marques, P. M. A. ; Rangayyan, R.M. ; Pereira, R. R. , et al. *Content-Based Retrieval of Mammograms using Visual Features Related to Breast Density Patterns*. Journal of Digital Imaging, v. 20, p. 172-190, 2007.

Kinoshita, S. K. *Atributos Visuais Para Recuperação Baseada em Conteúdo de Imagens Mamográficas*. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Elétrica USP. São Carlos, 2004.

Müller, H. *A Review of Content-Based Image Retrieval Systems in Medical Applications—Clinical Benefits and Future Directions* . International Journal of Medical Informatics , Volume 73 , Issue 1 , Pages 1 – 23, 2004.

Castañón, C. A. B. *Recuperação de imagens por conteúdo através de análise multiresolução por Wavelets*. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Matemática e de Computação USP. São Carlos, 2003.

Azevedo-Marques, P M; Honda, M H; Rodrigues, J A H, et al. *Recuperação de Imagem Baseada em Conteúdo: Uso de Atributos de Textura para Caracterização de Microcalcificações Mamográficas*. Radiologia Brasileira, 2002, 35(2), 93–98.

Rosa, N. A. ; Azevedo-Marques, P. M. ; Traina, A. J. M. ; Traina Junior, C. ; Rodrigues, J. A. H. . *Interface for assisted structured reporting in mammography with CBIR integrated*. In: Society for

Março de 2009

Imaging Informatics in Medicine (SIIM), 2007, Providence, Rhode Island. SIIM 2007 Scientific Abstracts. Leesburg, VA: Society for Imaging Informatics in Medicine (SIIM), 2007: p. 37-39.

Horstmann, C. S; Cornell, G. Core *JAVA 2 – Volume II – Recursos Avançados*. São Paulo, Pearson MAKron Books, 2004.

Oliveira, M C ; Azevedo-Marques, P M; Cirne-Filho, W C. *Grades Computacionais na Otimização da Recuperação de Imagens Médicas Baseada em Conteúdo*. Radiologia Brasileira, 2007;40(4):255–261.

Gonzalez R. C ; Woods, R. E. *Processamento de Imagens Digitais*. São Paulo, Edgar Blucher, 2000.

Li, Q; Li, F; Shiraishi, J; et al. *Investigation of New Psychophysical Measures for Evaluation of Similar Images on Thoracic Computed Tomography for Distinction Between Benign and Malignant Nodules*. Medical Physics, October 2003 - Volume 30, Issue 10: pp. 2584-2593.

Muramatsu, C; C\_ Qiang, L; Suzuki, K; et al. *Investigation of Psychophysical Measure for Evaluation of Similar Images for Mammographic Masses: Preliminary Results*. Medical Physics, July 2005 - Volume 32, Issue 7: pp. 2295-2304.