ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE MICROCALCIFICAÇÕES EM IMAGEM DE MAMOGRAFIA COM BASE NA DETECÇÃO POR *WAVELETS*

R.V.S. Sales*, F.G.G. Elpídio*, L.M.Brasil**, C.J.Miosso** e J.M.Lamas***

*Universidade de Brasília (UnB) – Faculdade Gama (FGA), Gama, Brasil
** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (UnB/FGA), Gama, Brasil
*** Clínica Janice Lamas Radiologia, Brasília, Brasil

e-mail: rubens.vinicius.unb@gmail.com; lmbrasil@gmail.com

Resumo: O diagnóstico precoce do câncer de mama é primordial para tratamento e controle do mesmo no paciente. Técnicas de processamento de imagens auxiliam no diagnóstico precoce e em uma análise eficiente das calcificações mamárias que podem indicar malignidade. Dentre as suspeitas de malignidade está o fato de microcalcificações se agruparem na mama. Para avaliação desse agrupamento, uma análise da imagem informa como as microcalcificações estão distribuídas na mamografia. Antes de avaliar essa distribuição, é necessário detectar as microcalcificações, nesse caso, por meio do uso de *wavelets*.
Palavras-chave: detecção, distribuição, *wavelets*, processamento digital de imagens, microcalcificações.

Abstract: *Early diagnosis of breast cancer is crucial for treatment and control of this disease. Image processing techniques help in early diagnosis and in analysis efficient of detection calcification that may indicate a malignant cancer. Clusters of calcifications may be a suspicion of malignancy. For the evaluation of clustering, an analysis of the image tells you how microcalcifications are distributed on image of mammography. Before evaluating the distribution, it is necessary to detect microcalcifications, in this case, through the use of wavelets.*
Keywords: *detection, distribution, wavelets, digital image processing, microcalcifications.*

Introdução

O câncer de mama em mulheres é o segundo tipo de câncer mais comum em todo mundo atingindo cerca de 1,7 milhões de mulheres, sendo que no Brasil a incidência é de 60 casos para cada 100 mil mulheres [1]. A mamografia é o método principal para detecção do câncer de mama e, através desse exame é capaz de detectar carcinomas em estágio mais precoce em fase assintomática, além de não ser invasivo [2]. As calcificações mamárias são acúmulos de cálcio em regiões da mama, podendo ser encontradas pela mamografia, e dependendo da sua morfologia e da sua distribuição podem ser classificadas como benignas ou malignas. A maioria dos cânceres não palpáveis são detectados pela presença de calcificações [6]. O BI-RADS (*Breast Imaging Reporting and Data System*) é um sistema para classificar calcificações quanto a suspeita de malignidade [4]. Para isso, leva-se em conta, o tamanho, o tipo, a quantidade, a densidade e a distribuição das calcificações na mama [5]. As microcalcificações, que geralmente são menores que cinco milímetros, possuem maior suspeita de malignidade e, podem ser consideradas puntiformes [4].

Devido ao seu maior risco, é essencial que as microcalcificações sejam detectadas, embora o tamanho dessas torna o diagnóstico mais complexo [7]. Diante dessa complexidade, com o uso de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), é possível extrair informações das imagens de mamografia de forma mais rápida e precisa, a fim de evidenciar, separar e analisar detalhes específicos da imagem – nesse trabalho os detalhes de interesse são as calcificações [7].

Uma das técnicas mais utilizadas atualmente para detecção de calcificações é a chamada Transformada *Wavelet* (TW), que tem a vantagem de análise tempo-frequência e em multirresolução [10, 11]. A TW aborda a decomposição de um sinal discreto através de um conjunto de filtros, que extraem características específicas da imagem, tanto detalhes como aproximações. Com a decomposição por detalhes é possível detectar as microcalcificações [11, 3]. Como microcalcificações são puntiformes, o que interessa é como elas se distribuem na mama [7]. Calcificações com maior suspeita, normalmente se encontram agrupadas com mais de cinco elementos por centímetros cúbicos [9]. A Figura 1 mostra a classificação das calcificações conforme sua distribuição, sendo que as regionais mais agrupadas, as segmentares e lineares possuem maior suspeita de malignidade [4].

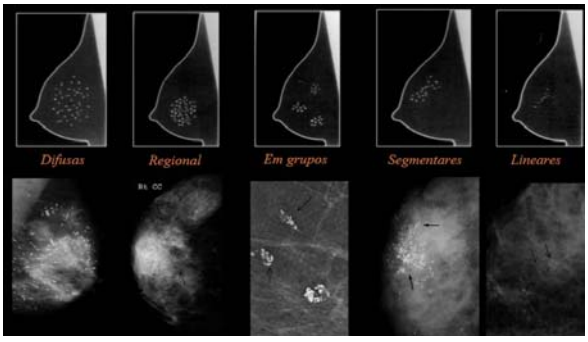

Figura 1: Tipos de Distribuição de Calcificações (Adaptada de *Le Gal Classification* 1984).

Este trabalho visa analisar a distribuição de microcalcificações em uma imagem de mamografia, gerando imagens que possam indicar os locais onde as microcalcificações estão mais agrupadas. Antes dessa análise, é necessário detectar as microcalcificações na imagem de mamografia utilizando TW. O presente trabalho é um auxílio para um profissional da área de saúde no diagnóstico de um possível câncer de mama, no qual é possível visualizar, de forma mais clara, como as microcalcificações estão distribuídas na mama.

Materiais e métodos

O trabalho referente a esse artigo pertence ao projeto "Atlas Anatômico 3D Aplicado à Mama" e a um subprojeto que busca, por meio de técnicas de PDI e Inteligência Artificial, realizar análises e classificações de imagens de mamografia quanto a suspeita de câncer de mama.

Etapas de Desenvolvimento – O foco desse artigo está voltado para a análise de distribuição das microcalcificações em uma imagem de mamografia. Entretanto, para isso, é necessário realizar a detecção de microcalcificações da imagem original; procedimento esse, que tem como base um trabalho anterior com foco apenas na detecção de microcalcificações por meio de TW [7]. Portanto, a análise de distribuição (segunda etapa) é dependente da detecção de microcalcificações (primeira etapa). Dessa forma, serão apresentadas as duas etapas, mas ressaltando que o objetivo final é gerar um mapa (ou matriz de dados) de distribuição das calcificações na mama. As implementações dessas etapas são realizadas por meio de algoritmos dedicados à área PDI.

***Software* de Desenvolvimento** – Todo o desenvolvimento dos algoritmos foi realizado em linguagem e plataforma *Matlab* 2013®. Para uso de TW foram utilizadas as funções existentes na *toolbox* de *wavelets* da plataforma *Matlab*. Para as demais implementações utilizaram-se as funções básicas.

Imagens Utilizadas – Imagens reais de mamografia foram utilizadas para os testes dos algoritmos. Essas imagens foram cedidas pela Clínica Janice Lamas Radiologia (CJLR), que possui um banco de imagens diverso quanto à existência e formas de calcificações presentes na mama [8]. A imagem de mamografia que será utilizada nesse artigo é mostrada na Figura 2. A imagem mostra a mama de uma paciente que apresenta algumas calcificações heterogêneas, mas que são difíceis de serem identificadas e compreendidas a olho nu, quanto à sua forma, tamanho e distribuição [4]. Dessa imagem, serão feitas a detecção das microcalcificações existentes e em seguida a análise de distribuição dessas microcalcificações na mama.

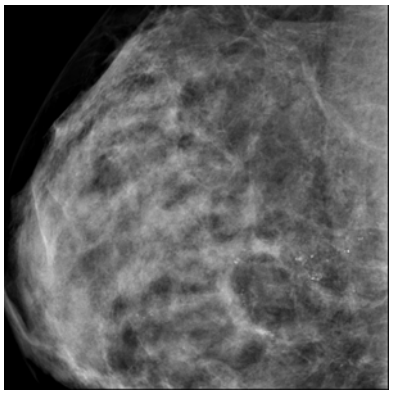

Figura 2: Imagem Original de Mamografia.

Detecção de Calcificações – Essa etapa tem por objetivo realizar a leitura da imagem da Figura 2 e como resultado gerar uma imagem (e matriz de dados) apenas com as microcalcificações presentes, ignorando todas as demais características (detalhes e aproximações) da imagem original. Trata-se de um processo de detecção das microcalcificações com o uso de TW, seguido de limiarização e binarização da imagem. A escolha do uso de TW se deve por ser uma das técnicas mais eficientes em se detectar um tamanho específico de calcificação [10]. Um algoritmo em *Matlab* realiza esta etapa. Primeiramente, a imagem original foi carregada em níveis de cinza, isso porque o objetivo é apenas detectar conforme o tamanho. Em seguida foi feita a decomposição TW, que é realizada em três direções da imagem – horizontal, vertical e diagonal. As decomposições em cada direção são somadas gerando uma decomposição total resultante. Na decomposição TW, utilizou-se dois níveis de decomposição e, ainda foram testadas diferentes tipos e tamanhos de *wavelets mothers* (*Haar, Symlet, Daubechies, Binomial, Coiflet*), sendo que a *wavelet haar* obteve o melhor desempenho na identificação de microcalcificações [10]. O resultado da decomposição TW é uma imagem em escala de cores (0 a 255), sendo que cada nível dessa escala está relacionado a um tamanho de calcificação. Após o processo de decomposição, a imagem resultante foi limiarizada globalmente a fim de selecionar apenas as microcalcificações em toda a imagem. O limiar utilizado é 76,5 nessa escala de cores, sendo que valores abaixo desse limiar indicam as possíveis microcalcificações. Por último, para separar as microcalcificações do resto da imagem, que é o objetivo desta etapa, um processo de binarização foi realizado [7].

Distribuição das Calcificações – Realizada a etapa de detecção das microcalcificações, agora vem à etapa principal deste trabalho, que se trata de analisar como as microcalcificações estão distribuídas na imagem de mamografia. Para isso, uma lógica foi desenvolvida em que são consideradas as proximidades entre as microcalcificações. Isso foi feito através de um processo em que se percorre toda a imagem, *pixel* a *pixel* no sentido lexicográfico, contando a quantidade de microcalcificações presentes na vizinhança de cada *pixel*. A região da vizinhança é definida por uma janela

com certo raio (medido em *pixels).* A Figura 3 mostra um exemplo para que se entenda a lógica desse processo. Observe que cada quadrado é um *pixel.* O *pixel* verde é referência para a leitura naquele momento. A região azul é a vizinhança (janela), onde '1' representa a existência de microcalcificações.

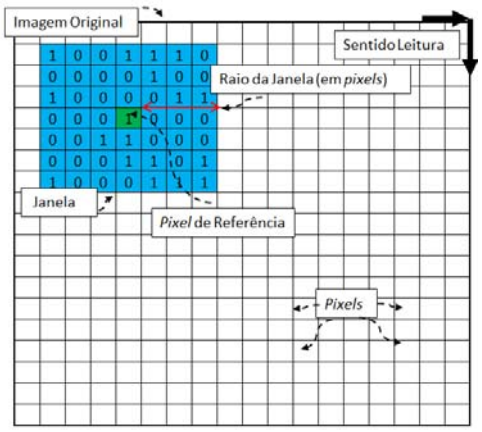

Figura 3: Processo de Contagem das Microcalcificações na imagem de mamografia.

Como resultado desse processo, uma matriz é gerada onde seus elementos correspondem à quantidade de microcalcificações presentes na região de vizinhança correspondente ao elemento de referência. A Figura 4 mostra a contagem das microcalcificações da janela (Região Azul) da Figura 3, no qual o resultado é 17 para o *pixel* de referência da Figura 3. Os pontos de interrogação são *pixels* que ainda serão lidos como *pixel* de referência no decorrer do processo.

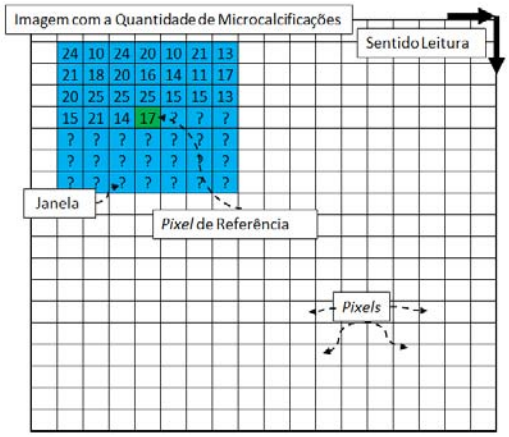

Figura 4: Resultado da Contagem da Quantidade de Microcalcificações na imagem de mamografia.

Resultados

A Figura 5 mostra o resultado da etapa de detecção. Trata-se de uma imagem binária, onde os *pixels* em branco representam as microcalcificações (*pixel* de valor *'1'*), e a região escura as demais partes da imagem ignoradas (*pixel* de valor *'0'*).

Figura 5: Imagem com Microcalcificações detectadas.

Na Figura 6 é mostrada a imagem que representa como as microcalcificações estão concentradas na imagem de mamografia. Nesta figura, quanto mais próximo do vermelho, mais concentradas estão as microcalcificações naquela região; ao passo que quanto mais próximo do azul, mais espalhadas elas estão.

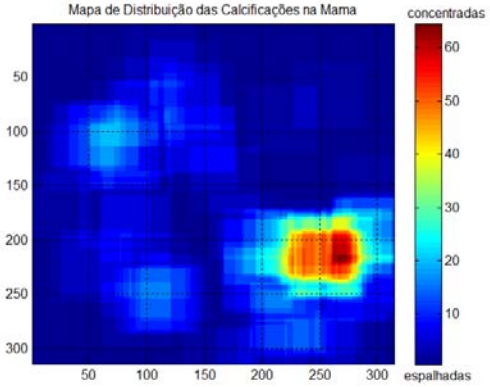

Figura 6: Mapa de Distribuição das Microcalcificações na mamografia.

Discussão

Na Figura 5, têm-se os pontos em branco, no qual a maioria representa a localização de microcalcificações. Entretanto, alguns deles são ruídos de imagem – cerca de 3 a 5% do total de pontos – que às vezes não são filtrados devido às limitações de pré-processamento e também da própria qualidade da imagem original. Porém, como a taxa de erro é razoavelmente baixa e os ruídos são aleatórios na imagem, pouco afeta para o caso de análise de distribuição.

Como já foi falado, para que se gerasse a imagem da Figura 5 vários tipos de *wavelets* foram testadas, sendo que a *haar* teve o melhor desempenho. Em alguns testes, a *haar* conseguiu identificar quase que o dobro de calcificações em comparação com outras *wavelets*. A *haar* conseguiu, por exemplo, identificar 1,7 vezes mais calcificações que a *daubechie2*. A eficiência do uso de uma *wavelet*, não se leva em conta apenas o poder de detecção, mas também sua complexidade. Algumas *wavelets* possuem funções complexas que requerem maior recurso computacional, isso não é o caso da *haar.*

A imagem da Figura 6 é o principal resultado deste artigo e, auxilia o profissional da saúde no diagnóstico, facilitando análise de uma possível malignidade e do local onde ela ocorre. A quantidade de *pixels* atribuídos à concentração de microcalcificações e, que merecem atenção para indícios de malignidade está na faixa acima de 53 *pixels* presentes na janela. Esse valor foi obtido comparando a imagem usada neste trabalho com outra já pré-diagnosticada. Como o método de detecção é pontual, ou seja, é detectada microcalcificação por microcalcificação e, ainda a limiarização é global, toda a metodologia deste trabalho é válida para outros tipos de distribuição, mostradas na Figura 1.

Um empecilho para o desenvolvimento de algoritmos na área médica está no fato de que muitos diagnósticos se baseiam no conhecimento tácito do especialista, na qual nem sempre é possível modelar esse conhecimento. Como algoritmos computacionais trabalham com modelos matemáticos ou numéricos, isso se torna um problema, como pode ser visto nesse trabalho quanto à escolha dos limiares que separavam microcalcificações de outras calcificações.

A detecção e a análise de distribuição não geram automaticamente uma classificação para uma categoria de malignidade, entretanto gera informações sobre a imagem que podem ser utilizadas para a classificação. Essa tarefa de classificação foi desenvolvida pelo segundo autor desse artigo em sua dissertação de pós-graduação [12]. Para classificar uma imagem como possível suspeita de câncer, é necessário utilizar uma base de dados com várias imagens e tendo os diagnósticos já conhecidos.

Conclusão

Como o câncer de mama atinge cada vez mais mulheres no mundo todo, além de ser muitas vezes severo, torna-se importante realizar um diagnóstico cada vez mais precoce e eficiente, para que aumente as chances de recuperação e tratamento das pacientes. Nesse aspecto, técnicas computacionais, como PDI, auxiliam para o diagnóstico, visto que gera resultados com informações mais objetivas e de forma mais clara, que a olho nu não é possível.

O principal desafio neste trabalho foi conseguir detectar microcalcificações de forma mais eficiente e confiável, sendo que para calcificações desse tamanho, a identificação é mais difícil. Outro desafio é definir valores para limiares no qual muitas vezes não se encontram na literatura médica. À medida que esses desafios forem sendo superados, cada vez mais será possível ter um modelo mais confiável para detecção e análise das calcificações mamárias.

Agradecimentos

Este trabalho é fruto da parceria da UnB-GAMA com a Clínica Janice Lamas Radiologia (CJLR) e integra o projeto intitulado “Atlas Anatômico 3D Aplicado à Mama” desenvolvido com o Laboratório Nacional de Computação Científica do Ministério de Ciência e Tecnologia (LNCC/MCT) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Medicina Assistida por Computação Científica (MACC). O primeiro autor agradece ao ProIC-UnB pela bolsa e apoio financeiro.

Referências

[1] World cancer statistics: Breast cancer. World cancer Research Fund [internet]. 2014 Jan [citado em 10 de jul 2014]. Disponível em: http://www.wcrf-uk.org/research/cancer_statistics/world_cancer_statistics_breast_cancer.php

[2] Chakrabarti J. Accuracy of mammography in predicting histological extent of carcinoma ductal in situ. Eur J Surg Oncol. 2006; 32(10): p. 1089-92.

[3] Mallat SA. Wavelet tour of signal processing. 2ª ed. Elsevier; 1999.

[4] ACR. BI-RADS, Sistema de laudos e registro de dados de imagem da mama. 1ª ed. São Paulo: American College of Radiology; 2005.

[5] Kettritz U, Morack G, Decker T. Stereotatic vaccum-assisted breast biopsies in 500 women with microcalcifications: radiological and pathological correlations. Eur J Radiol. 2005; 55(2):270-6.

[6] Lamas J M. Prevalência e fatores de risco de câncer de mama e de lesões pré-malignas em mulheres assintomáticas no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado), Curso de Pós Graduação em Medicina. Brasília: Universidade de Brasília. 1998; p.27-29.

[7] Sales RV, Elpídio FG, Brasil LM, Lamas JM, Miosso CJ. Detectando calcificações em imagens mamográficas através da aplicação de limiar e uso de wavelets. Pan American Health Care Exchanges (PAHCE); 2014 Abr 7-12; Brasília, Brasil; 2014.

[8] Lamas JM. Clínica Janice Lamas Radiologia [internet]. [citado em 18 fev 2014]. Disponível em: http://www.janicelamas.com.br/.

[9] Martins LAL, et al. Microcalcificações Mamárias Suspeitas de Malignidade. Revista Brasileira de Cancerologia. 2010; vol.56(2): p. 251-258.

[10] Jasmine JSL et al. Microcalcification detection in digital mammograms based on wavelet analysis and neural networks. Control, Automation, Communication and Energy Conservation; INCACEC 2009. Perundurai, Tamilnadu; 2009.

[11] Rezai-Rad G et al. Detecting microcalcification clusters in digital mammograms using combination of wavelet and neural network. Computer Graphics, Imaging and Vision: New Trends; 2005.

[12] Elpídio, FG.G. Sistema de auxílio na avaliação de calcificações mamárias por processamento digital de imagens e inteligência artificial. Dissertação de Pós-Graduação Stricto Sensu, Publicação 001A/2012, Brasília: Universidade de Brasília. 150p, 2012.