

Detecção de agrupamentos de microcalcificações em imagens digitais de mamografias

Aldísio Gonçalves Medeiros¹, Daniel Silva Ferreira¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE, Campus Maracanaú
Ciência da Computação

aldisiog@gmail.com, daniels@ifce.edu.br

Abstract. *This paper presents a detection method of microcalcifications clusters with arbitrary shapes in digital mammography images. In the proposed method, the suspicious regions are marked according to the locations of the microcalcifications in the breast. This approach can help experts in mammogram analysis, since the microcalcification cluster shape is an important clinical attribute, and improve the performance of computational methods. Initial results in relation to circular ROIs (Regions Of Interest) show that the proposed method reduces the amount of ROI data, on average, 76%, 67% and 62% for glandular, fat and dense breast tissue, respectively, without significant loss in microcalcifications.*

Resumo. *Este artigo apresenta um método para detecção de agrupamentos de microcalcificações, com formas arbitrárias, em imagens digitais de mamografias. Neste método, o formato das regiões suspeitas é sinalizado de acordo com a localização das microcalcificações na mama. Essa abordagem pode ajudar os especialistas na análise da imagem, pois o formato do agrupamento é um importante atributo clínico, além de melhorar o desempenho de métodos computacionais. Quando comparado a ROIs (Regions Of Interest) circulares, os resultados iniciais mostram que o método proposto reduz o volume de dados da ROI, em média, de 76%, 67% e 62% para mamografias com tecido de mama glandular, gorduroso e denso, respectivamente, sem que haja perdas significativas nas microcalcificações.*

1. Introdução

O câncer de mama é uma das neoplasias que mais causam mortes na população feminina. Essa doença constitui um grave problema de saúde pública mundial e, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a cada ano um milhão de mulheres descobre que está com esse tipo de câncer. Para os anos de 2014 e 2015 são esperados, no Brasil, 75 mil novos casos de câncer de mama, número que corresponde a aproximadamente 15% do total de neoplasias esperadas para o país neste período [Facina 2014]. No entanto, mesmo com alto índice de mortalidade, as chances de cura com diagnósticos ainda na fase inicial chegam a 40% dos casos, como discutido nos trabalhos de [Martins et al. 2010].

As microcalcificações destacam-se em exames mamográficos como um dos primeiros sinais de câncer de mama [Martins et al. 2010]. Neste contexto, este artigo apresenta os resultados iniciais de um método para detecção de agrupamentos de microcalcificações com formas arbitrárias em imagens digitais de mamografias. A

detecção precisa destes agrupamentos em uma ROI¹ de formato arbitrário é importante para reduzir o número de dados a serem processados por sistemas CADs (do inglês, *Computer Aided Diagnosis*) [Duarte et al. 2013] e por algoritmos de compressão de imagens que se baseiam em regiões de interesse [Ferreira et al. 2010].

2. Fundamentação Teórica

O algoritmo proposto neste trabalho encontra sua fundamentação teórica na Morfologia Matemática (MM). Conforme descrito por [Soille 2003], a MM utiliza como ferramenta básica a teoria dos conjuntos, onde o conjunto pode ser representado pelos objetos encontrados na imagem. As operações morfológicas são fundamentadas no relacionamento entre dois conjuntos particulares, a imagem e um operador de processamento, denotado por Elemento Estruturante (EE) e são geralmente construídas com base em dois procedimentos elementares: erosão e dilatação [Stojić 2014].

Em MM, a combinação da erosão e dilatação gera outras operações. A abertura morfológica, por exemplo, é uma operação geralmente utilizada para suavizar o contorno dos objetos, eliminando saliências finas [Soille 2003]. Assim, pode ser empregada na eliminação de falhas que se apresentam como impulsos brancos na imagem, podendo ser útil para atenuação de ruídos presentes no mamograma. O fechamento morfológico, por sua vez, é empregado na redução de pequenos ruídos escuros, como buracos ou descontinuidades. Já o gradiente morfológico destaca transições finas em níveis de cinza, característica que, em imagens de mamografias, está presente na vizinhança das microcalcificações. Outras operações, como a limiarização, gradiente morfológico e transformada *top-hat*, empregadas neste trabalho, estão descritas em [Soille 2003].

3. Método Proposto

Imagens digitais de mamografia, em geral, apresentam duas regiões bem definidas: a mama, com *pixels* claros e a região de *background*, com *pixels* mais escuros. Nesta região escura, é comum observar rótulos de identificação que geralmente são fontes de ruídos e imprecisão [Duarte et al. 2013].

O método descrito neste trabalho propõe-se a gerar uma ROI com forma arbitrária que melhor se aproxima do real contorno de um agrupamento de microcalcificações. Na Figura 1 é ilustrada a etapa de remoção de ruídos e extração do *background* do mamograma. A partir da imagem da mama resultante deste primeiro passo, busca-se identificar, de maneira não-supervisionada, as regiões candidatas a possuir lesões.

Para alcançar as regiões suspeitas, inicialmente aplica-se um realce de contraste morfológico, descrito por [Soille 2003], ilustrado na Figura 2(a-2). Utilizando um disco com 5 *pixels* de raio como EE, aplica-se a transformada *top-hat*. Observa-se um realce das estruturas claras dentro da mama, Figura 2(a-3). As variações de intensidade das componentes realçadas são destacadas pela aplicação do gradiente morfológico. A etapa seguinte consiste em realizar um fechamento, suavizando a região da mama e aguçando, por consequência, o contraste entre as regiões candidatas a microcalcificações e o restante da imagem, Figura 2(a-4). Realizando uma binarização com limiar² de 0.19 chega-se

¹Do inglês *Region Of Interest* é a região que se deseja analisar na imagem.

²O limiar utilizado corresponde a uma normalização das escalas de intensidades da imagem e é representado no intervalo [0, 1].

a uma máscara que sinaliza a ROI suspeita. A aplicação da operação de extração de fronteiras na Figura 2(a-5) extrai o contorno da ROI. Como pode ser observado, a Figura 2(a-6), resultante do produto da imagem obtida com a Figura 2(a-2), sugere uma definição apropriada da forma do agrupamento. Todas as formas e tamanhos empregados nos EEs, bem como o valor de limiar adotado neste algoritmo, foram obtidos experimentalmente.

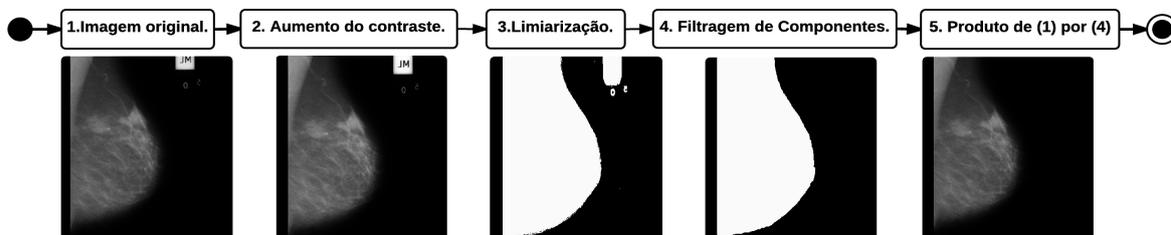


Figura 1. Diagrama de atividade do método de remoção do *background*. O limiar da etapa 3 é obtido por meio do método ótimo descrito em [Otsu 1975].

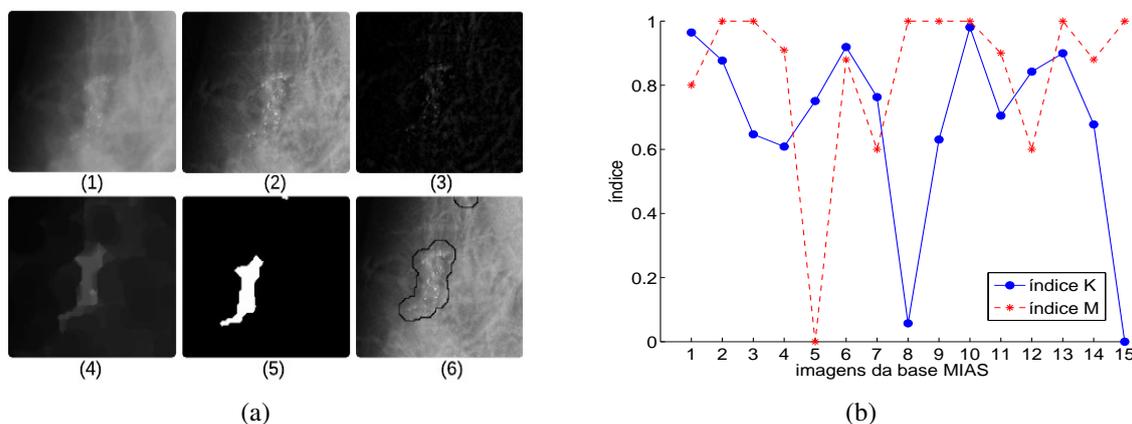


Figura 2. (a) Detecção da ROI na mamografia mdb241. (b) Índices K e M para imagens, sob a projeção médio-lateral oblíqua (MLO), da base MIAS.

4. Resultados e Conclusões

Os testes foram realizados em 15 imagens da Base MIAS [Suckling et al. 1994], distribuídas igualmente entre amostras com tecido glandular, glandular gorduroso e denso. Para avaliação dos resultados, observou-se a relação entre a quantidade de dados pertencentes à ROI de forma arbitrária R_a , resultante do método proposto, e a ROI circular padrão R_c da base MIAS. Considerando p_a e p_c pontos da região arbitrária e circular em imagem binária, respectivamente, propõe-se o uso de um índice k , conforme descrito na Equação 1.

$$k = 1 - \frac{\sum p_a(x, y)}{\sum p_c(x, y)}, \forall p_a(x, y) \in R_a, \forall p_c(x, y) \in R_c \quad (1)$$

onde $k \rightarrow 1$ sinaliza alta redução no tamanho da ROI e $k \rightarrow 0$ significa baixa redução.

É necessário analisar também o quantitativo de microcalcificações nas duas regiões (R_a e R_c), detectados por meio do algoritmo proposto em [Linguraru et al. 2006]. Para este estudo, propõe-se o uso de um índice M de acordo com a Equação 2.

$$M = \frac{N_a}{N_c}, \quad (2)$$

onde N_a e N_c representam o número de microcalcificações existentes em R_a e R_c , respectivamente. Com $M \rightarrow 1$, tem-se a preservação e $M \rightarrow 0$ indica perda das calcificações.

Quando comparado ao método de [Stojić 2014], o algoritmo proposto além de detectar a região das lesões, remove completamente o *background* da imagem. Além disso os resultados iniciais deste trabalho, Figura 2(b), sugerem que o método proposto é promissor, pois consegue definir uma região de agrupamento de microcalcificações satisfatória para imagens de mama glandular (amostras 1 a 5), gordurosas (amostras 6 a 10) e densas (amostras 11 a 15), com taxas de acerto superiores a 82%, em média, quando comparadas ao *ground truth* da base. Para as amostras 8 e 15, a ROI detectada possui formato muito próximo do *ground truth*, o que representa baixa redução no índice K , já a amostra 3 pode representar um falso negativo do método de detecção utilizado.

A definição de ROIs que melhor descrevem a disposição das microcalcificações na mama, permitiu reduzir o número de dados a serem considerados, fato que pode aumentar o desempenho de algoritmos de classificação e compressão de imagens de mamografias. Os testes mostraram que a redução da ROI, na abordagem proposta, não gera perdas excessivas no número de microcalcificações, além de não alterar significativamente seu formato. As próximas etapas deste estudo consistem em investigar o desempenho de algoritmos de compressão e classificação de imagens digitais de mamografias a partir de ROIs arbitrárias definidas pelo método proposto.

Referências

- Duarte, M. d. A., Alvarenga, A. V., et al. (2013). Segmenting mammographic microcalcifications using a semi-automatic procedure based on otsu's method and morphological filters. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 29(4):377–388.
- Facina, T. (2014). *Estimativa 2014–Incidência de Câncer no Brasil*. INCA.
- Ferreira, D. S., Medeiros, F. N. S. d., and Marques, R. C. P. (2010). Compressão de imagens de mamografias com preservação de regiões de interesse. *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*.
- Linguraru, M. G., Marias, K., English, R., and Brady, M. (2006). A biologically inspired algorithm for microcalcification cluster detection. *Medical image analysis*, 10(6):850–862.
- Martins, L. A. L., de Almeida Barra, A., et al. (2010). Microcalcificações mamárias suspeitas de malignidade. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 56(2):251–258.
- Otsu, N. (1975). A threshold selection method from gray-level histograms. *Automatica*, 11(285-296):23–27.
- Soille, P. (2003). *Morphological image analysis: principles and applications*. Springer-Verlag New York, Inc.
- Stojić, T. M. (2014). A fast and simple method for the visual enhancement of microcalcifications in digital mammograms based on mathematical morphology. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 29(2):108–115.
- Suckling, J., Parker, J., Dance, D., Astley, S., et al. (1994). The mammographic image analysis society digital mammogram database. In *Excerpta Medica. International Congress Series*, volume 1069, pages 375–378.