



O USO DE LIMIAZIZAÇÃO E DO OPERADOR DE BORDAS CANNY NA DETECÇÃO DE NÓDULOS EM IMAGENS DE MAMOGRAFIA¹

THE USE OF THRESHOLDING AND THE CANNY OPERATOR IN THE DETECTION OF NODULES IN MAMMOGRAPHY IMAGES

**Maikon Cismoski Dos Santos², Éllen Grasiéli Vieira³, Ricardo Vanni Dallasen⁴, André
Fernando Rollwagen⁵, Daniel Delfini Ribeiro⁶, Vanessa Lago Machado⁷**

¹ Pesquisa desenvolvida no IFSUL - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul Rio-Grandense, Câmpus Passo Fundo.

² Docente do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do IFSUL - Câmpus Passo Fundo

³ Discente do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do IFSUL - Câmpus Passo Fundo

⁴ Docente do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do IFSUL - Câmpus Passo Fundo

⁵ Docente do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do IFSUL - Câmpus Passo Fundo

⁶ Docente do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do IFSUL - Câmpus Passo Fundo

⁷ Docente do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do IFSUL - Câmpus Passo Fundo

RESUMO

Diversos estudos ressaltam que um dos principais métodos para a detecção do Câncer de Mama é o diagnóstico por imagem através de exames de mamografia. As imagens geradas neste exame permitem identificar possíveis nódulos, sejam eles malignos ou benignos, além de, quando iniciado um tratamento, exames de imagem auxiliam no acompanhamento deste tratamento. Entretanto, nem sempre os exames geram imagens com alto grau de detalhamento, o que demanda tempo para reconhecimento de possíveis nódulos. Portanto, este estudo propôs a análise da aplicação do algoritmo de limiarização global e do operador de Canny na identificação de nódulos em imagens de mamografia, fazendo o uso da biblioteca de visão computacional OpenCV aplicada à linguagem Python para o desenvolvimento. Após a realização dos experimentos, foi constatado que o conjunto das funções de limiarização e de detecção de bordas geram resultados significativos, mas que se faz necessário o uso de algum processo intermediário - tal como o uso de operadores morfológicos - para eliminar possíveis imperfeições originadas no processo de limiarização. Também foi possível constatar que o algoritmo de Canny possui um alto desempenho quando aplicado a imagens previamente limiarizadas.

Palavras-chave: Processamento de imagens. Mamografia. Segmentação.

ABSTRACT

Several studies emphasize that one of the main methods for the detection of breast cancer is the image diagnosis through mammography exams. The images generated in this exam allow the identification of possible nodules, whether malignant or benign, in addition to, when a treatment is initiated, image exams help in the monitoring of this treatment. However, the



exams do not always generate images with a high degree of detail, which takes time to recognize possible nodules. Therefore, this study proposed the analysis of the application of the global thresholding algorithm and the Canny operator in the identification of nodules in mammography images, using the OpenCV computer vision library applied to the Python language for development. After carrying out the tests, it was found that the set of thresholding and edge detection functions generate significant results, but that it is necessary to use some intermediate process - such as the use of morphological operators - to eliminate possible imperfections originated in the thresholding process. It was also possible to verify that the Canny algorithm has a high performance when applied to previously thresholded images.

Keywords: Image processing. Mammography. Segmentation.

INTRODUÇÃO

O Câncer de Mama é uma das doenças mais incidente em mulheres no mundo, sendo responsável por 15,5% dos óbitos por câncer em mulheres, sendo que na população feminina brasileira, o câncer de mama é, atualmente, a segunda principal causa de morte e a primeira entre as neoplasias malignas (INCA, 2019). Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), a estimativa é de que ocorrem mais de um milhão de novos casos por ano ao redor do mundo.

O principal método de diagnóstico do câncer de mama é o exame de mamografia, onde as imagens são geradas através do equipamento denominado mamógrafo. O aparelho de mamógrafo faz uso de raios X para gerar uma impressão da mama e neste processo as áreas onde existem irregularidades, como as neoplasias mamárias, acabam sendo destacadas.

O uso de imagens na medicina auxilia na elaboração dos diagnósticos clínicos e na tomada de decisões médicas. O processamento de imagens fornece métodos para a extração de atributos de uma imagem digital e pode oferecer melhores parâmetros para a elaboração de um diagnóstico mais exato, indicando áreas suspeitas (NETO et Al. , 2004). Por esse motivo, a análise de técnicas de processamento de imagens e segmentação, aplicados às imagens de exame, se faz necessário para auxiliar no processo de reconhecimento destes nódulos. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar o uso dos algoritmos de limiarização e detecção de bordas na segmentação de nódulos em imagens de mamografia.



REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são abordados os conceitos referentes ao referencial teórico utilizado para para este trabalho, onde, primeiramente é introduzido o Câncer de Mama e o exame de mamografia, em seguida são apresentados os conceitos sobre imagens digitais. Na seção seguinte é explicado o processo de segmentação em imagens digitais.

CÂNCER DE MAMA E O EXAME DE MAMOGRAFIA

De acordo com o INCA - Instituto Nacional de Câncer (2022), “o câncer de mama é uma doença causada pela multiplicação desordenada de células anormais da mama, que formam um tumor com potencial de invadir outros órgãos”. Esse tumor é uma estrutura tridimensional que pode ser identificada através da palpação da mama e/ou por exames de imagem. Através dos exames de imagem, é possível delimitar as dimensões do tumor para posteriormente ser classificado como um nódulo (SILVA e COSTA, 2021 apud CALVOSO B.S. 2019).

Dentre os exames de imagem, o principal método de diagnóstico é o exame de mamografia, que é um tipo de radiografia das mamas, realizada com uma baixa dose de radiação por um equipamento chamado de mamógrafo. Esse exame ajuda a diferenciar o nódulo e identificar se o mesmo é sólido ou cístico. Segundo Koch e Godinho (2004), nódulos em exames de mamografia podem ser classificados pelas suas características de forma, margem e densidade, onde:

- Forma: redonda, ovalada, macrolobulada ou irregular;
- Margens: circunscrita, microlobulada, obscurecida, mal definidas ou espiculadas;
- Densidade: alta densidade, isodensa ou baixa densidade;

IMAGENS DIGITAIS

De acordo com Gonzalez e Woods (2011) a imagem digital pode ser expressada como uma função bidimensional $f(x,y)$ onde os pares de x e y correspondem às coordenadas espaciais no plano, e a amplitude de f em qualquer uma destas coordenadas, no caso de imagens de tons de cinza, corresponde ao nível de cinza no ponto em questão. Ou corresponde



a um conjunto de três valores (RGB, sigla para *Red*, *Blue* e *Green*) para representar uma cor em imagens coloridas. A cada uma das coordenadas deste vetor bidimensional damos o nome de pixel. Quanto maior for a quantidade destes pixels no plano, maior é a resolução da imagem. Em suma, uma imagem digital é uma representação de uma imagem através de um conjunto de elementos discretos e finitos em um vetor bidimensional.

O campo do processamento de imagens se refere à manipulação de imagens digitais por um computador digital e tem como objetivo desenvolver meios para a melhoria na visualização da imagem, o realce ou a extração de informações de uma imagem de forma adequada para o processamento computacional (Neto et al, 2004; Gonzalez e Woods, 2011).

SEGMENTAÇÃO

“O processo de segmentação é um passo fundamental para analisar e extrair dados das imagens” (Kannan et al, 2015). Essa etapa é responsável por separar uma imagem em regiões ou em objetos constituintes. Conforme Gonzalez e Woods (2011) a definição para a segmentação que será realizada depende do problema a ser resolvido. Segundo Saldanha e Freitas (2010), a segmentação de imagens possui dois objetivos: Decompor a imagem em partes menores para uma análise futura e realizar uma mudança de representação (apud Shapiro e Stockman, 2001).

De acordo com Gonzalez e Woods (2011), os algoritmos de segmentação podem ser categorizados em dois grupos: Algoritmos baseados na busca pelas discontinuidades e algoritmos baseados na busca de similaridades.

Nos algoritmos de discontinuidades, as mesmas são identificadas através de pontos, linhas ou bordas que se sobressaem em uma imagem por possuírem tons distintos a região onde se encontram ou por destacarem uma mudança brusca nos tons entre as regiões, no caso de linhas e bordas. Já nos algoritmos de similaridades, Saldanha e Freitas (2010) definem que “a detecção tem como fundamento a observação do interior dos objetos e não as fronteiras que os delimitam”. A seguir, são apresentados dois modelos para a implementação do processo de segmentação: a limiarização e a detecção de bordas.



LIMIARIZAÇÃO

O processo de limiarização possui uma implementação simplificada e uma velocidade computacional significativa, e, por estes motivos, possui uma posição central nas aplicações de segmentação de imagem (Gonzalez e Woods, 2011).

Um objeto pode ser definido como uma região da imagem que possui pixels com uma faixa de intensidade em comum. O processo de limiarização faz o uso dessa intensidade comum dos pixels para individualizar as regiões, através da análise do histograma de frequências da imagem, onde as faixas de intensidade correspondem às bandas do histograma (Saldanha e Freitas, 2010).

DETECÇÃO DE BORDAS

Em uma imagem a borda é definida como sendo o limite entre duas regiões com diferentes propriedades. Gonzalez e Woods (2011) definem os modelos de borda em três tipos: Bordas em degrau, que ocorrem quando há uma mudança brusca na transição dos níveis de intensidade, geralmente com a distância de um pixel; Bordas em rampa que ocorrem quando há um desfoque na borda; E as bordas em telhado, que são modelos de linhas que cortam uma região da imagem.

Dentro do segmento de detecção de bordas, existem inúmeros algoritmos para o reconhecimento das mesmas, neste trabalho será utilizado o algoritmo de Canny. O detector de bordas Canny tem como característica o uso de um filtro gaussiano em conjunto com um operador diferencial a fim de suavizar o ruído e localizar as bordas da imagem (VALE e POZ, 2002). O detector possui alguns critérios para a detecção das bordas: A baixa taxa de erro na detecção das bordas, ou seja, o processo de detecção precisa localizar a maior quantidade possível de bordas existentes na imagem. Outro critério é que o ponto de borda detectado pelo operador deve possuir uma distância extremamente baixa entre ele e a borda verdadeira. Por fim, o detector deve retornar apenas um ponto para cada ponto de borda verdadeiro (Vale e Poz, 2002; Gonzalez e Woods, 2011).



METODOLOGIA

A metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho consiste na utilização de imagens da base *Dataset of Breast mammography images with Masses*, disponibilizados por Lin, Ting; Huang, Mei-Ling (2020), com nódulos já identificados. Essa base de imagens foi escolhida pois fornece exames de mamografia já classificados em imagens com achados malignos e achados benignos, além de ser uma base pública.

Para a realização dos experimentos foram selecionadas seis das imagens de exames de mamografia disponíveis. Como mostra a Figura 1, as imagens de entrada inicialmente passaram pelo processo de limiarização a fim de segmentar o nódulo, o qual usa dados da análise do histograma das mesmas como parâmetro para a operação. Finalizando esta etapa, a imagem de saída (imagem com o nódulo segmentado) segue para o processo de detecção de bordas e por fim a etapa de validação para verificar se foi obtido sucesso na segmentação, ou seja, se o nódulo foi identificado sem a perda de suas características. Para realizar a implementação da análise, foi utilizada a linguagem de programação Python, associada a biblioteca de visão computacional OpenCV.

Figura 1 - Diagrama de implantação do protótipo para segmentação de nódulos.



Fonte: dos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

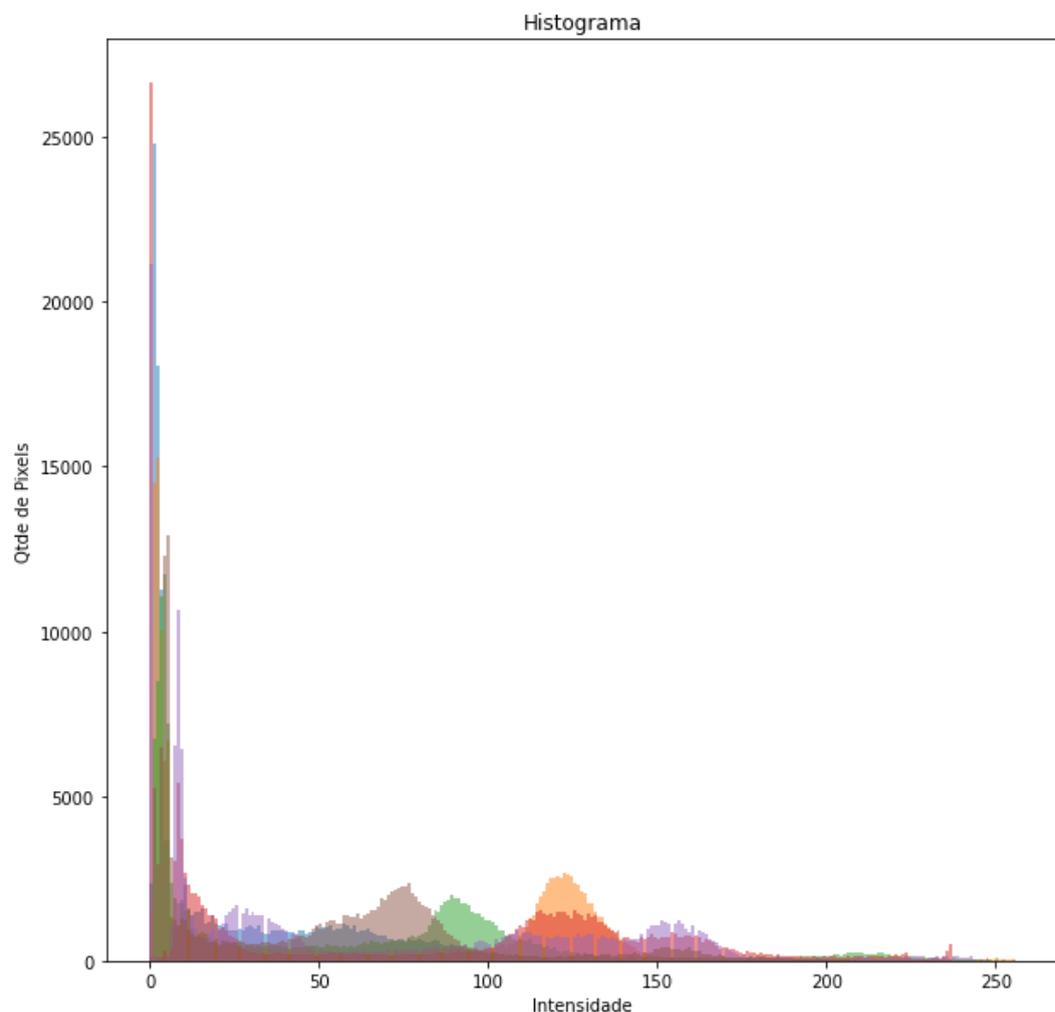
Como as imagens de mamografia possuem como característica uma impressão da mama em um fundo escuro, com as áreas de destaque em tons mais claros, podemos definir que haverá uma grande quantidade de pixels com valores de intensidade muito baixos e um volume menor de pixels com valores altos de intensidade (áreas de destaque). Com base na análise do histograma das imagens selecionadas, foi possível observar que a concentração de



pixels com maior intensidade (mais claros) se encontra em uma faixa de intensidade entre os tons 100 e 225 na escala de cinza, conforme a Figura 2.

Por esse motivo, foram definidos os valores 100, 150, 175, 200 e 225 como fatores de limiarização global para analisar a segmentação dos nódulos nas imagens selecionadas.

Figura 2 - Histograma das imagens selecionadas para o estudo.



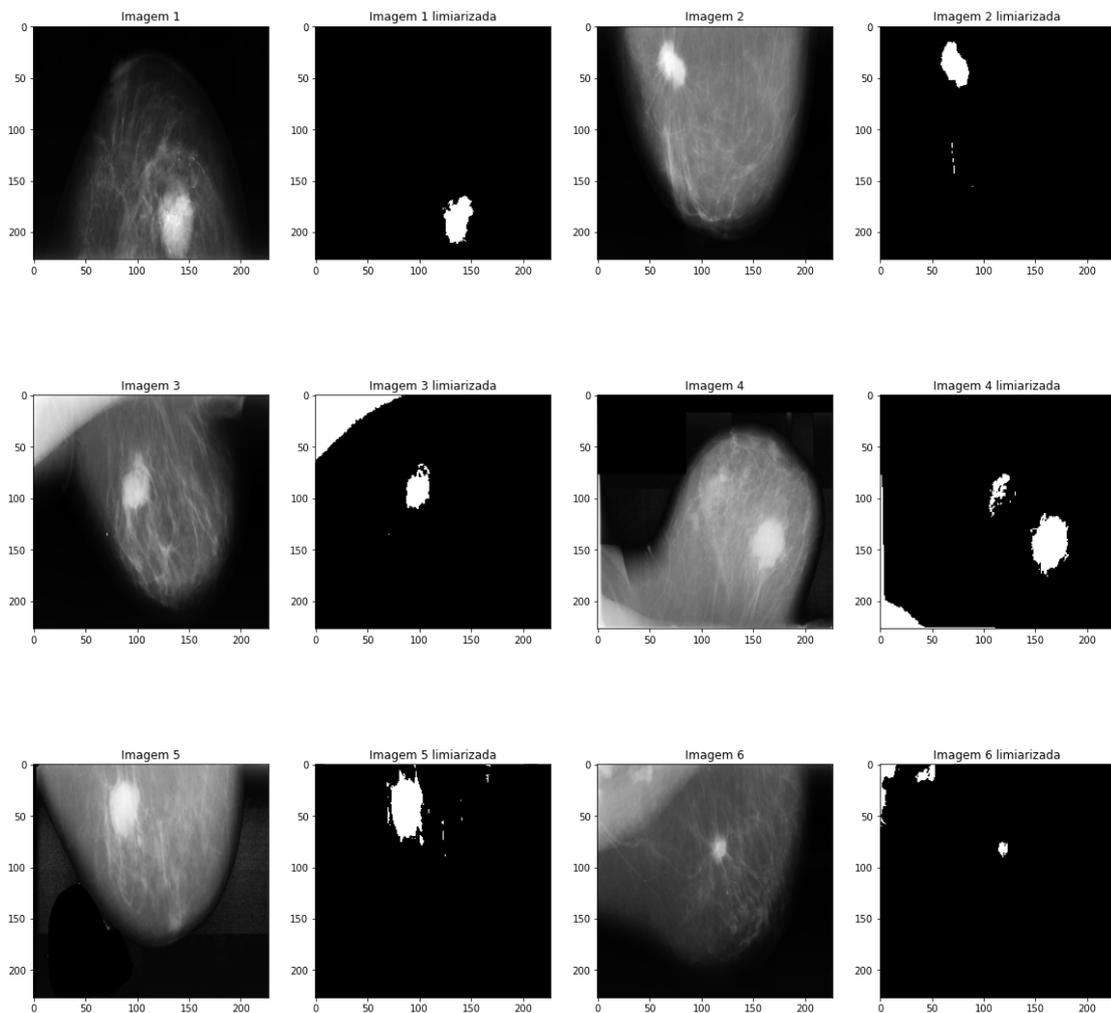
Fonte: dos autores.

Foram efetuados dois tipos de testes: no primeiro, todas as amostras foram testadas individualmente com os cinco valores definidos para limiar, onde foi possível obter melhores resultados com o valor de limiar 175. Após isso, todas as amostras foram testadas em



conjunto, considerando o limiar encontrado no teste anterior. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 3, onde são apresentadas as imagens originais e as imagens obtidas no processo de limiarização.

Figura 3 - Resultados obtidos na fase de limiarização.



Fonte: dos autores.

Como é possível observar, os objetos destacados na fase de limiarização possuem uma forma muito semelhante ao nódulo existente nas imagens, entretanto, houve a perda da margem de borda dos objetos segmentados, além de que, outras regiões da mama também foram segmentadas. Uma possível solução para o problema da perda das características dos nódulos, imprescindíveis para sua caracterização, é a aplicação de operadores morfológicos

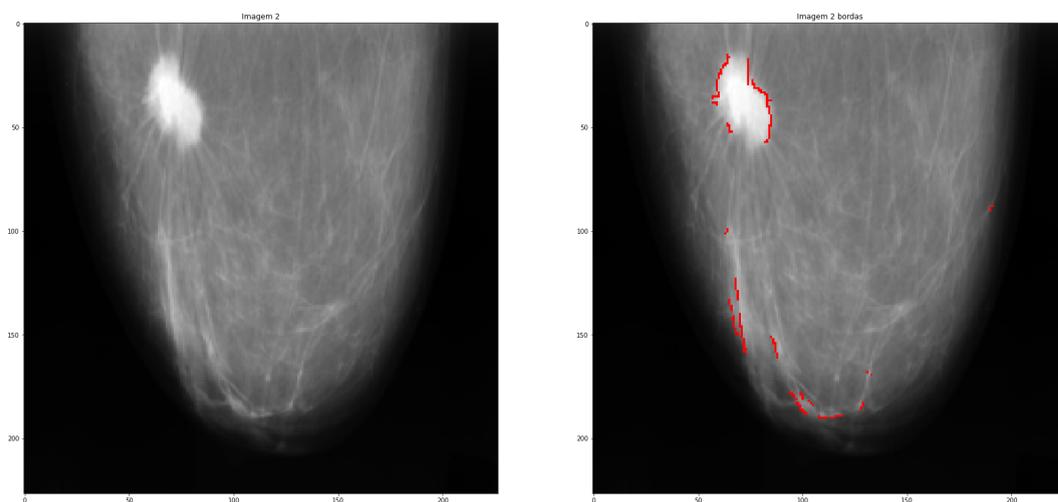


para tratamento das imagens limiarizadas, realizando o tratamento do objeto segmentado, com suas operações de erosão e dilatação que manipulam a área de interesse, aproximando a forma do objeto de saída com a forma do objeto original. Além disso, os operadores morfológicos podem auxiliar na remoção de áreas que não são de interesse, mas que também foram destacadas no processo de limiarização, como pode ser visto na Imagem 6 da Figura 3.

Para a realização dos testes de detecção de bordas com o algoritmo de Canny, foram realizados dois tipos de testes: testes com as imagens cruas, ou seja, sem nenhum tipo de processamento e testes com as imagens já limiarizadas. Como o operador de Canny exige um limite inferior e um limite superior, foram considerados os mesmos valores utilizados como parâmetros na fase anterior como limite inferior, para limite superior foi considerado o valor máximo de intensidade. Nesta etapa, o objetivo principal é fazer o uso do algoritmo de detecção de bordas para criar uma demarcação ao redor da borda do nódulo.

A Figura 4 apresenta um dos resultados obtidos neste processo, considerando as imagens originais dos exames.

Figura 4 - Resultados obtidos na fase de demarcação das bordas, utilizando as imagens originais.

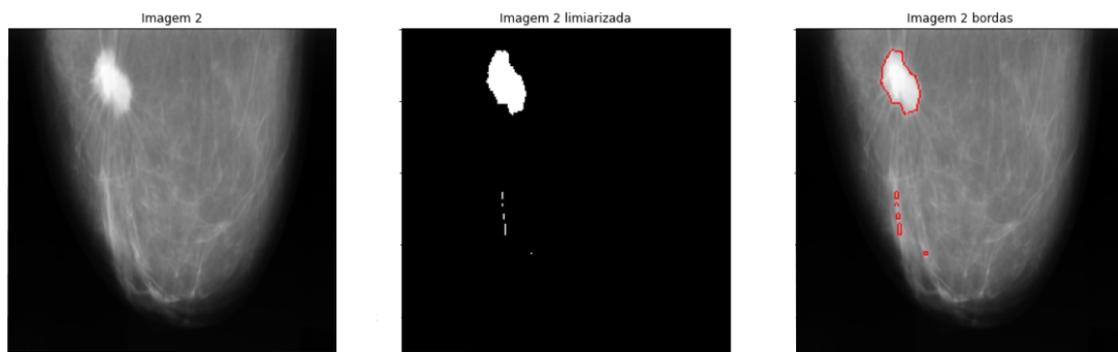


Fonte: dos autores.

A demarcação das bordas do nódulo nas imagens originais não obteve sucesso, já que existem inúmeras intensidades de cinza na imagem, o que atrapalha o funcionamento do algoritmo. Nos testes com as imagens já que segmentadas, os resultados foram melhores já

que a imagem se torna binarizada, ou seja, em apenas dois tons. Um dos resultados obtidos pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Resultados obtidos na fase de demarcação das bordas, utilizando imagens limiarizadas.



Fonte: dos autores.

Como podemos observar, o algoritmo de Canny obteve um desempenho significativamente melhor em imagens previamente limiarizadas. Mesmo com uma perda de informações na etapa de limiarização, o conjunto de ambas as técnicas obteve resultados muito próximos à estrutura original do nódulo, o que, em propostas futuras, pode ser aplicado na extração das características de forma, margem e densidade, utilizadas para classificar o nódulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi proposta uma análise dos métodos de limiarização e segmentação com o operador de Canny voltados a segmentação de nódulos em imagens de mamografia, onde foi possível concluir que a técnica se mostra promissora, mas que precisa de refinamentos, como o tratamento pré e pós limiarização, com objetivo de remover ruídos que interfiram na fase de limiarização da imagem e remover possíveis imperfeições que possam ocorrer nesta fase.

Uma proposta para trabalhos futuros é a individualização da análise do histograma para cada imagem (o que também pode auxiliar na correção do problema da perda de



características do objeto), bem como o uso de momentos invariantes e inteligência artificial para automatizar o processo de reconhecimento e caracterização dos nódulos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer, Ministério da Saúde. **Controle do Câncer de Mama**. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/controle-do-cancer-de-mama>>. Acesso em 19 de abril de 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer, Ministério da Saúde. **Parâmetros técnicos para rastreamento do câncer de mama**. Rio de Janeiro, RJ 2021. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br>>. Acesso em 18 de abril de 2022.

CALVOSO, Beatriz De S. et Al., **Diagnóstico e Conduta Acerca De Nódulos Benignos De Mama: Uma Revisão Sistemática**. Revista de Medicina da Faculdade Atenas, p. 2236-9252, 2019.

GODINHO, Eduardo R; KOCH, Hilton A., **Rastreamento do câncer de mama: aspectos relacionados ao médico**. Radiologia Brasileira, São Paulo, v. 37, ed. 6, v. 37, p. 91-99, 2004.

GONZALEZ, R.C. e WOODS, R.E., **Processamento De Imagens Digitais**; 3ª ed. São Paulo (SP), Editora Pearson; 2011.

KANNAN, Subbu; GURUSAMY, Vairaprakash; NALINI, G. **Review on Image Segmentation Techniques**. Pattern recognition 26.9 (1993): 1277-1294.

LIN, T.; HUANG, M, **Dataset of Breast mammography images with Masses**, Mendeley Data, 2020.

NETO, G. H. RIBEIRO, G. C. VALERI, F. V. **Processamento e Segmentação de Mamogramas Digitais**. In Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2004.

OPENCV. Disponível em: <<https://opencv.org/>>. Acesso em: 8 de julho de 2022.



PAIVA, Fábio Augusto Procópio de. et al. **Introdução a python com aplicações de sistemas operacionais**. Editora IFRN, 2020.

PYTHON. Disponível em: <<https://www.python.org/>>. Acesso em: 8 de julho de 2022.

SALDANHA, M. F. S. FREITAS, C. C. **Segmentação de Imagens Digitais: Uma Revisão**. In: WORKSHOP DOS CURSOS DE COMPUTAÇÃO APLICADA DO INPE, 9. (WORCAP)., 2009, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009 Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP8W/37NC86S>>. Acesso em: 23 de mai. de 2022.

SHAPIRO, Linda; STOCKMAN, George. **Computer vision**. Vol. 3. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

SILVA, Anna K. G. ; COSTA, Leticia F. de J. **Importância do diagnóstico por imagem no câncer de mama**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biomedicina) - UNA Câmpus Catalão, [S. 1.], 2021. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/19213>>. Acesso em: 21 jun. 2022.

VALE, G. M. D.; POZ, A. P. D. **Processo de detecção de bordas de canny**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 8, n. 2, 2002.