



Redes neurais para segmentação e quantificação de imagens mamográficas de pacientes virtuais

Palavras-Chave: câncer de mama, mamografia, redes neurais

Autores(as):

HENRIQUE DE MIRANDA LIMA DOS SANTOS – DFA/IFGW

ALINE YOSHIDA MACHADO (co-orientadora) - DFA/IFGW

RODRIGO T MASSERA (co-orientador) - KU LEUVEN

Prof^(a). Dr^(a). ALESSANDRA TOMAL (orientadora)– DFA/IFGW

INTRODUÇÃO:

O câncer de mama é uma das doenças mais relevantes no contexto atual da saúde pública brasileira e global. Além de ser um dos tipos mais observados, é o primeiro entre os cânceres no quesito mortalidade feminina. O estudo de Incidência do Câncer no Brasil do Instituto Nacional do Câncer, estima que 41,89 novos casos serão diagnosticados a cada 100 mil mulheres brasileiras (INCA, 2023). Portanto, é de destaque a importância dessa doença, desde o seu diagnóstico até o tratamento e sua possível prevenção.

A mamografia é um método de imagens da mama por raios X desenvolvido especialmente para investigação do câncer de mama, sendo amplamente utilizado em programas de rastreamento da doença. Essa técnica introduz a vantagem do diagnóstico precoce, que é responsável por aumentar enormemente as chances de cura da doença (INCA, 2023). De acordo com o Ministério da Saúde, em 2023, mais de 4,2 milhões de mamografias foram realizadas pelo SUS (Ministério da Saúde, 2007), o que demonstra a relevância do estudo acerca do tipo de exame.

Nesse contexto, se torna relevante analisar as heterogeneidades quando se trata da anatomia da mama. Isso pois, diversas características podem influenciar nos exames de imagem e nas eficácias dos diagnósticos. Dentre as de maior destaque, pode-se citar a densidade da mama, definida como a proporção de tecido glandular na mama. Quando uma mama possui uma maior proporção de tecido fibroglandular, quando comparado ao tecido adiposo, a taxa de detecção da doença tende a ser menor (Ventorim, 2015). Acrescenta-se a isso o fato de que, em geral, uma maior densidade da mama é um fator de risco que potencializa as chances de se ter câncer no tecido imageado (Ventorim, 2015). O uso da radiação ionizante do exame de mamografia também se mostra relevante, sabendo que o tecido fibroglandular é especialmente radiosensível.

Assim, no projeto foram treinadas redes neurais, cujo objetivo era avaliar a densidade e massas baseando-se em imagens de mamografias. Essas imagens foram simuladas através de fantasmas virtuais, que representam a anatomia de mamas, utilizando o método de simulação Monte Carlo (Massera; Tomal, 2021). Além da base de dados utilizada por Massera e Tomal (2021) para imagens simuladas para o exame mamográfico na projeção crânio-caudal (CC), foi utilizado um banco de dados de imagens simuladas na projeção mediolateral-oblíqua (MLO).

METODOLOGIA:

Foram treinadas 3 redes neurais, cujos objetivos são complementares. Os dados de treinamento são compostos de 178 imagens e suas respectivas máscaras, enquanto os dados de validação são 30 imagens e suas máscaras. A rede 1, é uma rede de neural convolucional de segmentação baseada em uma arquitetura U-Net, com o objetivo de segmentar a imagem de entrada (*input*) com base nas diferentes regiões: fundo, pele (incluindo mamilo) e mama (região interna). Com as imagens segmentadas, é possível treinar a rede 2, também baseada em U-Net, cujo objetivo é definir a altura relativa da área interna da mama (de 0 a 1, sendo 1 o valor máximo de altura observado).

Por fim, com as redes 1 e 2 treinadas, o passo seguinte é o treinamento da rede 3, cuja arquitetura se baseia numa *Multilayer Perceptron* (MLP). Essa rede procura, com base nas segmentações e definições das alturas relativas em cada ponto das imagens, definir a altura glandular relativa. Ou seja, em cada ponto, qual valor relativo à altura máxima corresponde ao tecido glandular.

Assim, o *output* da rede 1 é a imagem de entrada com os valores alterados com base nas diferentes regiões da mama, devidamente segmentada. Já a saída da rede 2 é uma imagem (matriz) cujos valores são a altura relativa em cada ponto. Por fim, a saída da rede 3 é uma imagem com valores de altura glandular relativos.

Após o treinamento das três redes, é possível estimar para cada mama, o volume glandular correspondente, com base na altura glandular relativa (equação 1).

$$VBD = \frac{\sum_i^N (A_i \times g_i \times h_r)}{\sum_i^N (A_i \times h_r)}, \quad (1)$$

em que N é o número de *patches*, A_i é a área relativa do *patch* pertencente à área interna da mama, em que $0 < A_i < 1$, g_i é a altura glandular com $0 < g_i < 1$ e h_r é a altura média relativa do *patch* (com a pele). O esquema pode ser visto na figura 1, abaixo. Após o treinamento das redes 1, 2 e 3, seus respectivos resultados foram comparados com trabalhos realizados anteriormente pelo grupo de pesquisa (Massera; Tomal, 2021).

Além disso, com as novas imagens, as redes neurais estão sendo adaptadas para segmentar, além dos tecidos descritos anteriormente, o músculo peitoral na região da mama. Isso ocorreu pois avaliou-se que, em algumas imagens, a presença do músculo confundia os resultados das redes,

principalmente quanto à glandularidade. Outra orientação da imagem mamográfica também está sendo levada em consideração, chamada mediolateral-oblíqua (MLO), além da usualmente utilizada, chamada incidência craniocaudal (CC).

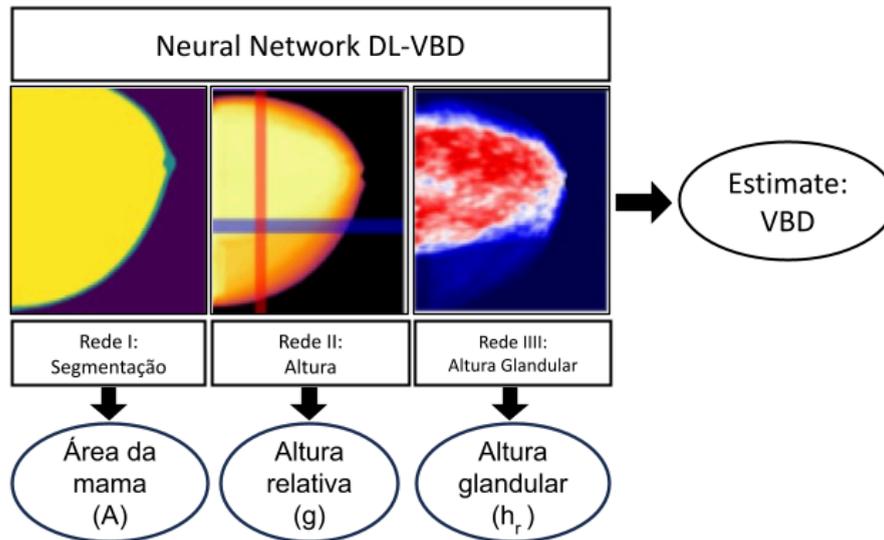


Figura 1: Esquema referente às tarefas de cada rede e seu objetivo final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A figura 2 apresenta os resultados da predição de altura relativa de tecido glandular sobre a área da mama (rede 3) para quatro exemplos de mamas. As imagens para diferentes mamas são comparadas com relação a imagem simulada pelo método Monte Carlo, máscaras geradas por ray-tracing, predições deste trabalho e as predições do trabalho anterior do grupo (Massera e Tomal, 2021).

Na figura 3 são apresentados gráficos em que se analisa a performance das redes 2 e 3, quantitativamente. Assim, neles é possível comparar os resultados dos treinamentos atual e de referência (resultados anteriores do grupo).

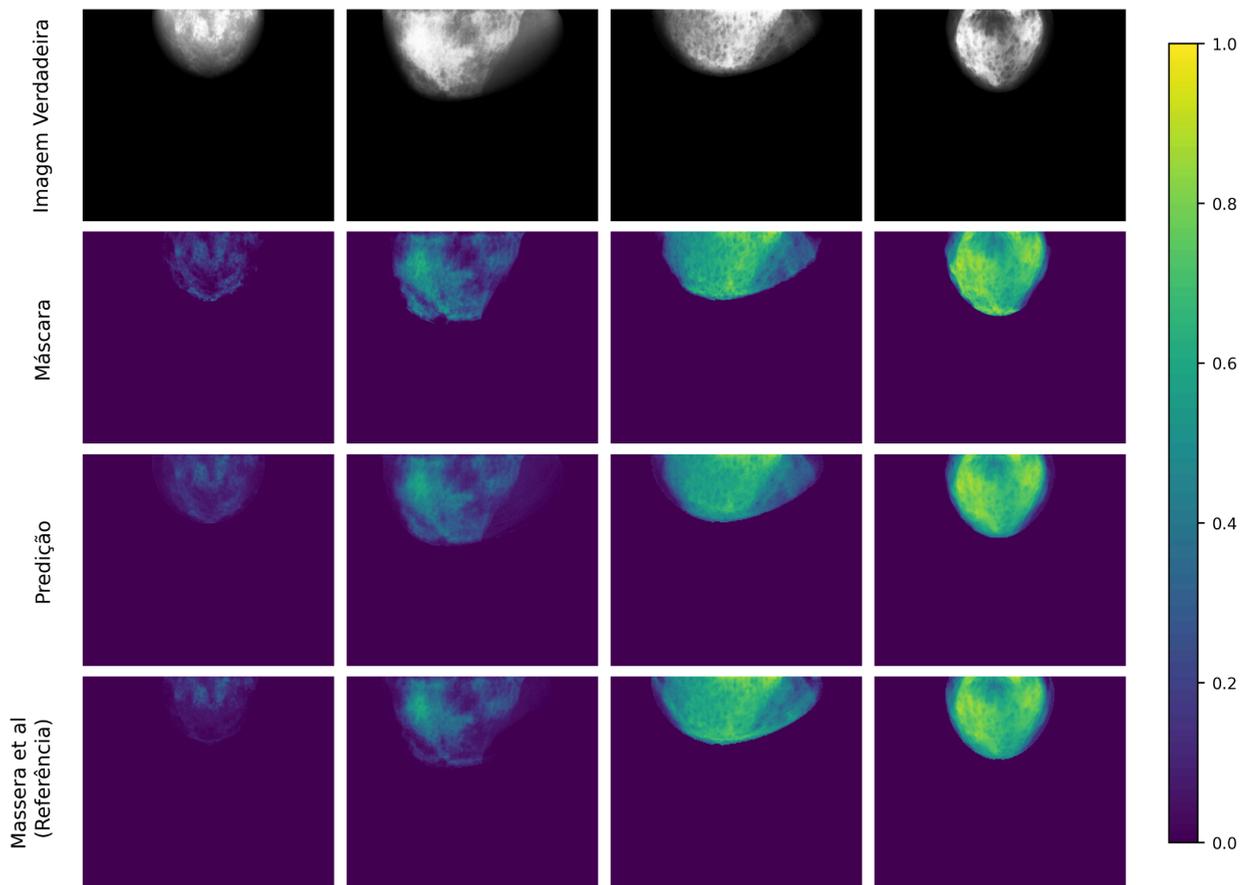


Figura 2: Comparação entre imagem simulada, máscara, a predição obtida com o projeto e a predição realizada anteriormente pelo grupo (Massera & Tomal, 2021) como referência. Nas imagens de máscara, predição e referência, o mapa de cor denota a altura glandular obtida através das máscaras. São comparadas diferentes imagens, com baixa densidade glandular até alta densidade glandular, da esquerda para a direita.

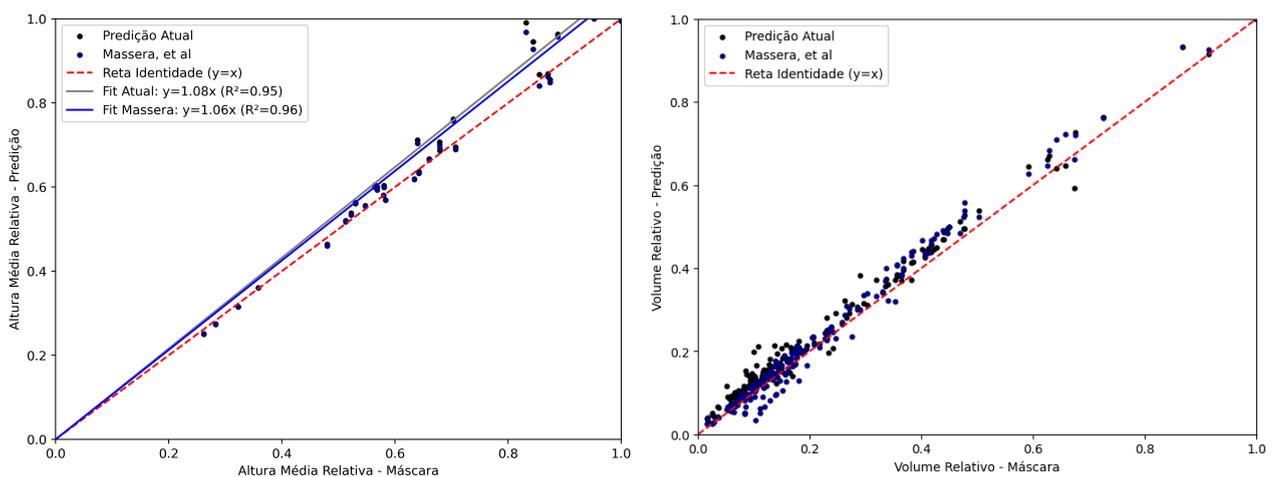


Figura 3: (à esquerda) Comparação entre altura relativa da predição versus altura relativa da máscara. Comparação (à direita) entre volume relativo glandular da predição versus volume relativo da máscara. Nos gráficos, cada ponto representa uma imagem, sendo em preto valores médios da predição atual e em azul valores médios das predições de referência, realizadas pelo grupo.

CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos demonstraram que foi possível validar o treinamento das redes neurais a partir de imagens simuladas por Monte Carlo, com boa concordância em relação aos valores de referência e aos valores esperados (“*Ground Truth*”), considerando a meta de treinamento das redes. Essas análises foram importantes para as análises automatizadas de imagens mamográficas.

BIBLIOGRAFIA

INCA. **Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Nacional De Câncer, 2023.

MASSERA, Rodrigo T.; TOMAL, Alessandra. Breast glandularity and mean glandular dose assessment using a deep learning framework: Virtual patients study. **Physica Medica**, v. 83, p. 264–277, mar. 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Ministério Da Saúde. **Sistema De Informações Ambulatoriais Do Sus- Sia/Sus: Manual De Orientação Técnicas**. [S.l.]: Ms, 2007.

VENTORIM, Diego Do Prado. Estudo epidemiológico sobre densidade mamográfica e sua possível influência no risco de câncer de mama. 2015.