



ARTIGO DE REVISÃO

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM EXAMES DE MAMOGRAFIA PARA PREDIÇÃO E DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Cecília Mendonça Cavalcanti¹; Deborah Michelle Oliveira Alves¹; Lara Pereira Nóbrega Nascimento Catão¹; Ana Silvia Suassuna Carneiro Lucio²

RESUMO

Objetivo: Compreender o papel da inteligência artificial (IA) na mamografia para o diagnóstico do câncer de mama. **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa, que teve como busca e análise dos estudos encontrados nas bases de dados: MEDLINE, PUBMED e Sciencedirect. Diante disso, a combinação de descritores utilizados foram “Breast Neoplasms” AND “Artificial Intelligence” AND “Diagnosis” AND “Radiomics” AND “Mammography”. Em seguida, os artigos encontrados foram filtrados por meio de critérios de inclusão e exclusão. **Resultados:** O estudo analisou 12 artigos que abordam o uso da IA em exames de imagem para a detecção do câncer de mama. Todos os artigos foram publicados em inglês, sendo três de 2021, três de 2022, três de 2023 e três de 2024. Foram encontrados os seguintes tipos de estudos: experimental randomizado; ensaio multicêntrico; estudo retrospectivo; estudo de coorte prospectivo multicêntrico; caso controle. **Conclusão:** Concluiu-se que a IA na detecção do câncer de mama possui grande relevância, embora haja desafios para o acesso e a implementação dessa tecnologia nos serviços de saúde.

Palavras-chave: Breast Neoplasms, Artificial Intelligence, Diagnosis, Radiomics, Mammography.

ABSTRACT

Objective: To understand the role of artificial intelligence (AI) in mammography for the diagnosis of breast cancer. **Methods:** This is an integrative review, which involved searching and analyzing studies found in the following databases: MEDLINE, PUBMED, and Sciencedirect. The combination of descriptors used was “Breast Neoplasms” AND “Artificial Intelligence” AND “Diagnosis” AND “Radiomics” AND “Mammography.” Subsequently, the retrieved articles were filtered based on inclusion and exclusion criteria. **Results:** The study analyzed 12 articles that discuss the use of AI in imaging exams for the detection of breast cancer. All articles were published in English, with three from 2021, three from 2022, three from 2023, and three from 2024. The following types of studies were identified: randomized experimental study, multicenter trial, retrospective study, prospective multicenter cohort study, and case-control study. **Conclusion:** It was concluded that AI in breast cancer detection is highly relevant, although challenges remain regarding access and implementation of this technology in healthcare services.

Keywords: Breast Neoplasms, Artificial Intelligence, Diagnosis, Radiomics, Mammography.

1. Discente do curso de Medicina da Afya Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba, Brasil.

2. Orientadora. Docente do curso de Medicina da Afya Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

O câncer (CA) de mama é um tumor maligno com capacidade de invadir órgãos adjacentes. No Brasil, excluindo os tumores de pele não melanoma, o CA de mama ocupa o primeiro lugar em incidência, com cerca de 73 mil casos novos por ano. Nesse contexto, o uso da Inteligência Artificial (IA) tem se mostrado um importante avanço para a melhoria do processo diagnóstico e preditivo do CA de mama (OMS, 2022; OPAS, 2023).

A mamografia é uma técnica de raio-X que utiliza imagens para analisar a textura, a forma e identificar a presença de lesões ainda imperceptíveis ao exame físico. Dessa forma, o exame de mamografia é considerado o padrão ouro para o rastreamento do câncer de mama em mulheres com idade entre 50 e 69 anos, sendo recomendado a cada dois anos. Assim, esse exame tem grande importância na detecção precoce do câncer, contribuindo para a redução do índice de mortalidade por CA de mama (Nicosia et al., 2023).

O uso da Inteligência Artificial (IA) vem sendo incorporado em diversos setores da sociedade. Na área da saúde, esse avanço tem se mostrado promissor, especialmente no rastreamento do câncer de mama. A implementação da IA ocorre principalmente por meio de sistemas e softwares que realizam a leitura e interpretação de exames radiológicos, com eficácia e acurácia já confirmadas. No entanto, ainda há desafios e limitações para a aplicação dessa ferramenta (Covington et al., 2024; Díaz et al., 2024).

A radiômica auxilia no diagnóstico do câncer de mama ao oferecer análises mais precisas e detalhadas das lesões mamárias. Essa técnica consiste na utilização de algoritmos complexos que extraem informações quantitativas das mamografias, permitindo uma análise mais profunda das lesões. São avaliados parâmetros como o potencial de crescimento, a natureza das lesões e sua resposta ao tratamento — aspectos que muitas vezes não são percebidos apenas pela prática radiológica convencional. Entretanto, é necessário considerar alguns

desafios futuros para a radiômica, como os altos custos, a complexidade técnica, a necessidade de padronização, as questões éticas e a integração com a prática clínica (Panico et al., 2024).

Nesse sentido, também se destaca o uso da Inteligência Artificial na realização do diagnóstico precoce. Estudos realizados pelo Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência da Computação (CSAIL) do MIT, em parceria com o Hospital Geral de Massachusetts (MGH), demonstraram que é possível prever, com o auxílio da IA, o surgimento precoce do câncer de mama com até cinco anos de antecedência. Isso evidencia que, quanto mais cedo um tumor invasivo é detectado e seu tratamento iniciado, maior é a probabilidade de cura (SBM, 2023).

Portanto, esta revisão tem como objetivo compreender o papel da Inteligência Artificial na mamografia para o diagnóstico do câncer de mama.

2. MÉTODOS

A busca dos artigos da presente revisão integrativa foi realizada no dia 12 de setembro de 2024, e subsequentemente foram feitas as análises e seleções dos artigos. A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados: MEDLINE, PUBMED e Sciencedirect. Diante disso, a combinação de descritores utilizada foi: “Breast Neoplasms” AND “Artificial Intelligence” AND “Diagnosis” AND “Radiomics” AND “Mammography”. Em seguida, os 356 artigos encontrados foram filtrados por meio de critérios de inclusão e exclusão. Tais critérios de inclusão utilizados foram: texto completo e publicações dos últimos 4 anos, no idioma inglês. Ademais, os textos excluídos foram aqueles que apresentaram fuga ao tema, textos duplicados e estudos do tipo revisão. Os textos e dados selecionados após as etapas citadas foram avaliados minuciosamente por meio da leitura e análise, assim totalizando 12 artigos selecionados, dos quais os resultados estão apresentados em forma de quadros no presente artigo.

Quadro 1- Artigos selecionados e respectivas bases de dados/ bibliotecas virtuais.

Bases de dados	Nº de artigos encontrados	Nº de artigos excluídos	Nº de artigos selecionados
MEDLINE	20	19	1
PUBMED	40	34	6
Sciencedirect	296	291	5

Fonte: Autores, 2024.

3. RESULTADOS

Foram selecionados 12 artigos, sendo 3 do ano de 2024, 3 do ano de 2023, 3 do ano

de 2022 e 3 do ano de 2021. Os estudos eleitos estão dispostos em forma de quadro contendo as principais informações acerca da literatura.

Quadro 2- Classificação dos artigos incluídos na revisão de acordo com: título, ano, autor, tipo de estudo, objetivo e conclusão.

Título	Ano	Autor	Tipo de estudo	Objetivo	Conclusão
Predição de Sobrevida Livre de Doença no Câncer de Mama usando Deep Learning com Ultrassom e Mamografia: Um Estudo Multicêntrico	2024	Han, et al	Ensaio clínico multicêntrico	Estabelecer e validar o DLM combinando MG, US e dados clínicos para prever o prognóstico no câncer de mama.	O modelo de aprendizado profundo, baseados na combinação de US, MG e dados clínicos têm potencial como ferramentas preditivas para o prognóstico do câncer de mama.
Aproveitando o poder da radiômica e do aprendizado profundo para melhorar o diagnóstico do câncer de mama com mamografia mamária multiparamétrica.	2024	Mahmood, et al.	Estudo experimental randomizado	Melhorar a qualidade da mamografia aplicando várias técnicas, como redimensionamento, embaralhamento, normalização e redução de ruído usando filtragem mediana adaptativa. Além disso, a equalização do histograma de difusão anisotrópica foi empregada para melhorar o contraste da imagem.	O estudo propõe uma abordagem otimizada para detectar pacientes malignos utilizando arquiteturas CNN em modelos híbridos (CNN+LSTM e CNN+SVM) para diagnosticar nódulos mamários. Uma pesquisa demonstrou que a integração de características melhorou a precisão do diagnóstico, com a arquitetura alcançando 0,995 de acurácia e 0,991 de F1-score.
Classificação baseada em inteligência artificial da lesão mamária a partir da mamografia com contraste: um estudo multicêntrico.	2024	Zhang, et al.	Estudo retrospectivo	Diferenciar lesões benignas e malignas e classificar cânceres in situ e invasivos.	O método mostrou-se mais eficaz do que radiologistas e outros modelos analisados, sugerindo seu potencial para melhorar diagnósticos pré-operatórios de câncer de mama.
Um estudo radiômico: classificação de lesões mamárias	2023	Letchumanan, et al	Estudo retrospectivo	Investigar a viabilidade do uso de características radiômicas de textura extraídas de imagens de	Os modelos de aprendizado de máquina treinados contra características radiômicas baseadas em

por características texturais de imagens de mamografia				mamografia para distinguir entre lesões mamárias e classificar lesões benignas e determinar o melhor modelo de aprendizado de máquina (ML) para realizar as tarefas.	textura e características do paciente oferecem desempenho razoável na diferenciação de lesões mamárias benignas e malignas.
Sistema de pipeline totalmente automatizado habilitado para aprendizado profundo para segmentação e classificação de lesões mamárias de massa única usando mamografia com contraste: um estudo prospectivo e multicêntrico	2023	Zheng, et al.	Estudo de coorte prospectivo multicêntrico	Desenvolver um modelo de inteligência artificial que diagnosticasse lesões mamárias de massa única na mamografia com contraste (CEM) para auxiliar o fluxo de trabalho de diagnóstico	O FAPS fornece um método não invasivo para realizar a segmentação e classificação com base em imagens CEM, que exibe desempenho superior e pode servir bem à clínica.
Impacto do uso real da inteligência artificial como suporte à leitura humana em um programa de rastreamento de câncer de mama de base populacional com mamografia e tomossíntese.	2023	Elías-Cabot, et al.	Estudo de coorte longitudinal	Avaliar o impacto do uso de um sistema de inteligência artificial como suporte para dupla leitura humana em um cenário real de um programa de rastreamento de câncer de mama com mamografia digital (MD) ou tomossíntese mamária digital (DBT).	A IA usada como suporte para leitura dupla humana em um programa real de rastreamento de câncer de mama com DM e DBT aumenta a CDR e o VPP das mulheres reconvocadas.
Conjunto de dados de mamografia com contraste aprimorado categorizado para pesquisa diagnóstica e de inteligência artificial.	2022	Khaled, et al.	Estudo de coorte retrospectivo	Desenvolver um Banco de dados digital categorizado para imagens de Mamografia Espectral com Contraste Subtraído e de Baixa Energia (CDD-CESM) para avaliar sistemas de suporte à decisão.	O conjunto de dados pode ser usado para treinar modelos de aprendizado de máquina para classificar imagens de mamografia em normais, benignas e malignas, ou classificar as tags associadas a cada imagem. Além disso, ele pode ser usado para treinar modelos de segmentação para segmentar as lesões.
Um protocolo de triagem mamográfica em inteligência artificial para câncer de mama: resultado e carga de trabalho do radiologista.	2022	Lauritzen, et al.	Estudo de simulação retrospectiva	Investigar se um sistema de IA poderia detectar mamografias normais, de risco moderado, e suspeitas em uma amostra de triagem para reduzir com segurança a carga de trabalho do radiologista e avaliar as densidades do Sistema de Dados e Relatórios de Imagem da Mama (BI-RADS).	A triagem baseada em IA pode detectar mamografias normais, de risco moderado e suspeitas em um programa de triagem de câncer de mama, o que pode reduzir a carga de trabalho do radiologista. A triagem baseada em IA foi realizada de forma consistente em todas as densidades mamárias.
Avaliação de modelos de aprendizagem	2022	Mohapatra, et al.	Estudo comparativo	Conduzir uma análise comparativa de várias arquiteturas CNN na	O estudo conclui que quando os classificadores de rede são aplicados com

profunda para detecção de câncer de mama usando mamografias histopatológicas Imagens				classificação de tumores benignos e malignos em imagens de mamografia.	aprendizagem de transferência, eles têm melhor desempenho do que quando treinados do zero, como visto no caso do VGG16. Devido ao volume limitado de dados de imagem, os modelos de rede sofrem de baixa precisão.
Deep-LIBRA: Um método de inteligência artificial para quantificação robusta da densidade mamária com validação independente na avaliação de risco de câncer de mama	2021	Maghsou dii, et al.	Caso Controle	Apresentar o Deep-LIBRA, um método de IA para estimativa da densidade mamária, que combina a arquitetura de aprendizado profundo U-Net com técnicas de processamento de imagem e aprendizado de máquina radiômica para estimar a densidade mamária a partir do FFDM.	Melhorar a discriminação baseada na densidade do câncer de mama em comparação com métodos comerciais e de pesquisa de ponta.
Abordagem de redução de características radiômicas para prever o câncer de mama por imagens de mamografia espectral com contraste	2021	Massafra ,et al.	Estudo retrospectivo	Criar um sistema automatizado capaz de discriminar lesões mamárias benignas e malignas com base na análise radiômica.	O sistema pode representar uma ferramenta de suporte válida para radiologistas na interpretação de imagens do CESM.
Radiômica baseada em mamografia para prever o risco de recorrência do câncer de mama: um estudo multicêntrico	2021	Mao, et al.	Estudo retrospectivo	Estabelecer um modelo radiômico baseado em mamografia para prever o risco de recorrência de câncer de mama invasivo positivo para receptor de estrogênio (RE) e negativo para linfonodo (LN) com base no Oncotype DX e validá-lo usando dados multicêntricos.	O modelo radiômico baseado em mamografia mostra desempenho preditivo favorável para prever o risco de recorrência de câncer de mama invasivo ER-positivo e LN-negativo.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

4.DISSCUSSÕES

O uso da inteligência artificial (IA) em exames de imagem, como a mamografia, tem se mostrado eficaz ao promover uma análise mais apurada para a detecção do câncer de mama. Essa tecnologia se baseia em métodos de aprendizado profundo, treinados com características sugestivas de lesões neoplásicas, visando à interpretação dos

exames mamográficos com maior efetividade. Além de possibilitar o diagnóstico precoce do câncer de mama, a IA oferece suporte no estadiamento da doença e aprimora o acompanhamento de pacientes oncológicos na detecção de recidivas (Letchumanam et al., 2023; Han et al., 2024).

Receber o diagnóstico de câncer de mama é um processo difícil e complexo para a paciente em investigação, o que reforça a

necessidade de um diagnóstico mais preciso. A IA complementa a avaliação dos exames mamográficos. De acordo com evidências científicas, os métodos de IA na interpretação dos achados podem ser equiparados à avaliação de um radiologista sobre lesões mamárias, como demonstrado no estudo de Letchumanam et al. Portanto, a implementação dessa tecnologia na prática diária de mamografias oferece suporte e respaldo ao médico, reduzindo a possibilidade de erro diagnóstico (Letchumanam et al., 2023).

No entanto, outro estudo demonstrou que a IA obteve resultados ainda mais promissores quando comparada a radiologistas experientes. A coorte analisada na China revelou que o sistema de pipeline FAPS levou cerca de 6 segundos para classificar o BIRADS, enquanto um grupo de seis radiologistas com mais de 10 anos de experiência levou cerca de 3 minutos para realizar a mesma tarefa. Além disso, o FAPS apresentou maior sensibilidade e especificidade em comparação aos médicos. Esses mesmos radiologistas, ao utilizarem o auxílio do FAPS para a segmentação das lesões, obtiveram desempenho superior ao que teriam sozinhos. Isso evidencia a importância significativa de ferramentas como essa para o diagnóstico mais eficiente e precoce de lesões mamárias, tornando-se uma aliada essencial para o aprimoramento da prática médica (Zheng et al., 2023).

Ademais, o aprendizado profundo de máquinas tem se mostrado uma área promissora no auxílio diagnóstico do câncer de mama. No estudo de Maghsoudi et al., foi desenvolvido o método Deep-LIBRA, capaz de quantificar a densidade mamária — um fator de risco significativo para o câncer de mama que também impacta a especificidade e a sensibilidade da mamografia. O método utiliza redes neurais convolucionais para segmentar a área da mama e diferenciar tecidos densos de não densos no exame mamográfico. Além disso, o uso do Deep-LIBRA demonstrou melhor desempenho na discriminação de casos de câncer de mama, em comparação com outros métodos comerciais e de pesquisa. Dessa forma, o aprendizado profundo se apresenta como uma

ferramenta eficaz, complementando o uso da IA no rastreamento do câncer de mama (Maghsoudi et al., 2021).

A mamografia digital (MD) é a modalidade de imagem padrão-ouro para a detecção precoce do câncer de mama. No entanto, sua eficácia é limitada em pacientes com mamas densas, o que dificulta um diagnóstico precoce e preciso. Para superar esse obstáculo, foi desenvolvida a mamografia espectral com contraste (CESM), que utiliza imagens de dupla energia. Esse sistema requer um conjunto de dados robusto para gerar resultados confiáveis. A CESM combina a MD com um software específico, sendo necessário um banco de dados diversificado sobre o tumor para o desenvolvimento de um modelo de segmentação baseado em aprendizado profundo (DL). A aquisição de dados detalhados sobre cada caso contribui para a construção de um banco de dados completo, aumentando a taxa de acerto do sistema na detecção de lesões malignas (Khaled et al., 2022).

A incorporação da IA à CESM também pode oferecer suporte significativo aos radiologistas na interpretação dos achados. Um estudo italiano propôs um sistema automatizado capaz de classificar lesões mamárias, selecionando 58 áreas de interesse. A utilização do método, com o auxílio do classificador de floresta aleatória, resultou em melhor predição de regiões de interesse benignas/malignas, com valores medianos de sensibilidade e especificidade de 88,37% e 100%, respectivamente, utilizando apenas três componentes principais. Nesse contexto, o sistema pode representar uma ferramenta de suporte válida para radiologistas na interpretação de imagens e no diagnóstico precoce do câncer de mama (Massafra et al., 2021).

Diante da análise sobre o uso de CNNs como ferramenta auxiliar no diagnóstico do câncer de mama, verificou-se a possibilidade de integrá-las à classificação de mamografias, diferenciando-as em malignas, benignas ou normais. Os resultados mostraram que a combinação entre radiologistas e IA pode fornecer um diagnóstico mais precoce e preciso. Durante o

estudo, testaram-se diferentes modelos de CNNs, incluindo os pré-treinados (VGG16 e ResNet) e os treinados do zero (AlexNet e VGG16). Constatou-se que os modelos pré-treinados, especialmente a versão ajustada do VGG16, obtiveram melhores resultados na classificação das mamografias. Considerando que a mamografia é o exame de escolha para o rastreamento precoce do câncer de mama, é essencial aprimorar esse método para aumentar a precisão diagnóstica (Mohapatra et al., 2022).

Embora diversos sistemas de IA ainda não tenham alcançado excelência diagnóstica, eles têm se mostrado eficazes na redução de biópsias desnecessárias e na melhoria do processo diagnóstico. De acordo com Tariq et al., por meio do uso de técnicas de aprendizado profundo, como CNNs (redes neurais convolucionais), e do modelo CNN+LSTM, foi comprovada a redução no número de exames falso-positivos, tornando o diagnóstico mais confiável. O modelo também distingue achados malignos e não malignos, além de identificar microcalcificações e massas mamárias. Em suma, por identificar achados mamográficos com maior precisão, a IA facilita o diagnóstico e reduz intervenções desnecessárias, promovendo conforto e segurança (Mahmood et al., 2024).

Conforme exposto no estudo de Mahmood et al., o modelo de IA proposto foi capaz de integrar as principais características do aprendizado profundo para auxiliar no diagnóstico por imagem. O estudo de Zhang et al. apresenta um método de IA capaz de correlacionar a CEMM com características clínicas. Nesse contexto, é possível utilizar esse método para diferenciar lesões benignas e malignas no diagnóstico pré-operatório, bem como distinguir carcinoma in situ de carcinoma invasivo. Ademais, o modelo demonstrou superar métodos tradicionais, evidenciando os benefícios da interação entre IA e prática clínica no diagnóstico por imagem, além de contribuir para a detecção precoce e para a preservação dos pacientes (Zhang et al., 2024).

A associação de métodos não invasivos tem mostrado resultados positivos na detecção precoce do câncer de mama. Um

estudo realizado na Espanha avaliou a utilização da IA em um sistema de leitura dupla simultânea, no qual a IA destaca automaticamente achados suspeitos em exames de mamografia digital e tomossíntese mamária digital. Esse cruzamento simultâneo de dados permitiu maior acurácia na taxa de detecção de câncer, em comparação com o mesmo sistema sem o uso da IA. No grupo em que a IA foi implementada, houve um aumento de 3,2% na taxa de detecção e de 4% no valor preditivo positivo. Além disso, a IA foi capaz de estratificar o risco das pacientes, com apenas um caso alocado incorretamente na categoria de baixo risco. Os resultados promissores deste estudo demonstram a necessidade crescente de modernização das formas diagnósticas atuais (Elias-Cabout et al., 2023).

Além da eficácia diagnóstica, a IA tem sido implementada em outras áreas como ferramenta preditiva. Um estudo com modelo radiômico baseado em mamografia permitiu prever o risco de incidência de câncer de mama, correlacionando fatores como heterogeneidade tumoral, biomarcadores (HER2), idade e tamanho do tumor. Esse método também avalia a necessidade de quimioterapia por meio do Oncotype DX, estratificando pacientes em grupos de baixo, médio e alto risco. Além disso, auxilia os médicos na análise do risco de recorrência, contribuindo para a prevenção quaternária. Contudo, há limitações, como o alto custo do Oncotype DX para grandes amostras e a possibilidade de generalização indevida dos resultados conforme os dados inseridos no software. Assim, é fundamental que os médicos mantenham um olhar clínico e crítico na interpretação dos resultados, a fim de evitar que casos específicos sejam negligenciados (Mao et al., 2022).

Ainda no contexto do uso da IA no câncer de mama, a previsão do curso da doença com essa tecnologia é bastante promissora. O estudo de Han et al. demonstrou o desenvolvimento de um modelo de IA que correlaciona exames de mamografia e ultrassonografia com dados clínicos para prever o prognóstico do câncer de mama. Com isso, torna-se possível o desenvolvimento de uma abordagem mais

individualizada para o tratamento, reduzindo o risco de recidiva e de tratamentos inadequados (Han et al., 2024).

Por fim, um estudo dinamarquês demonstrou que a implementação de um sistema de IA na análise de mamografias pode reduzir significativamente a carga de trabalho dos radiologistas e melhorar o rastreamento do câncer de mama. A pesquisa revelou uma diminuição de 62,6% na carga horária desses profissionais após a introdução da IA, além de um aumento na especificidade das triagens em comparação àquelas realizadas apenas por radiologistas, resultando também na redução de falsos negativos. No entanto, a sensibilidade na detecção manteve-se equivalente entre ambos os métodos. Dessa forma, o sistema Transpara demonstrou ser seguro para a estratificação de risco e eficaz na redução da carga de trabalho dos radiologistas (Lauritzen et al., 2022).

5. CONCLUSÕES

Os estudos analisados indicam que o uso da inteligência artificial na mamografia possui grande relevância para a detecção precoce do câncer de mama. Portanto, é essencial que se promovam meios para democratizar o acesso e implementar essa tecnologia nos serviços de saúde, garantindo que todos possam usufruir dos avanços tecnológicos e ter acesso pleno à saúde.

Por fim, o presente estudo reconhece que, embora a IA seja uma ferramenta inovadora, sua implementação enfrenta desafios significativos, incluindo a escolha do método mais adequado a ser adotado. Além disso, há dificuldades adicionais para sua integração no Sistema Único de Saúde (SUS), especialmente em razão dos altos custos envolvidos. No entanto, os resultados dos estudos são promissores e devem continuar a ser aprofundados, com o objetivo de promover melhorias nos sistemas de aprendizado profundo, na expectativa de que seu uso seja implementado nos próximos anos.

6. REFERÊNCIAS

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Câncer - OPAS/OMS. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/cancer>. Acesso em: 2 nov. 2024.

COVINGTON, M. F. et al. State-of-the-art for contrast-enhanced mammography. *British Journal of Radiology*, v. 97, n. 1156, p. 695–704, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/bjr/tqae017>. Disponível em: <https://academic.oup.com/bjr/article/97/1156/695/7582327>. Acesso em: 14 out. 2024.

DÍAZ, O.; RODRÍGUEZ-RUÍZ, A.; SECHOPOULOS, I. Artificial intelligence for breast cancer detection: technology, challenges, and prospects. *European Journal of Radiology*, v. 175, p. 111457, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111457>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0720048X24001736>. Acesso em: 2 nov. 2024.

ELÍAS-CABOT, E. et al. Impact of real-life use of artificial intelligence as support for human reading in a population-based breast cancer screening program with mammography and tomosynthesis. *European Radiology*, v. 34, n. 6, p. 3958–3966, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10426-4>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37975920/>. Acesso em: 16 out. 2024.

HAN, J. et al. Prediction of disease-free survival in breast cancer using deep learning with ultrasound and mammography: a multicenter study. *Clinical Breast Cancer*, v. 24, n. 3, p. 215–226, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526820924000065>. Acesso em: 15 out. 2024.

KHALED, R. et al. Conjunto de dados de mamografia com contraste categorizado para pesquisa em diagnóstico e inteligência artificial. *Scientific Data*, v. 9, n. 1, p. 122,

2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01238-0>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8885803/>. Acesso em: 15 out. 2024.

LAURITZEN, A. D. et al. Um protocolo de rastreamento mamográfico baseado em inteligência artificial para câncer de mama: resultado e carga de trabalho do radiologista. *Radiology*, v. 304, n. 1, p. 41–49, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1148/radiol.210948>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35438561/>. Acesso em: 15 out. 2024.

LETCHUMANAN, N. et al. A radiomics study: classification of breast lesions by textural features from mammography images. *Journal of Digital Imaging*, v. 36, n. 4, p. 1533–1540, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36864622/>. Acesso em: 16 out. 2024.

MAGHSOUDI, O. H. et al. Deep-LIBRA: an artificial-intelligence method for robust quantification of breast density with independent validation in breast cancer risk assessment. *Medical Image Analysis*, v. 73, p. 102138, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.102138>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361841521001845>. Acesso em: 15 out. 2024.

MAHMOOD, T. et al. Potencializando o poder da radiômica e do aprendizado profundo para melhorar o diagnóstico do câncer de mama com mamografia multiparamétrica. *Expert Systems with Applications*, v. 249, p. 123747, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123747>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417424006134>. Acesso em: 15 out. 2024.

MAO, N. et al. Radiômica baseada em mamografia para prever o risco de recorrência

do câncer de mama: um estudo multicêntrico. *British Journal of Radiology*, v. 94, n. 1127, p. 20210348, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1259/bjr.20210348>.

Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8553203/>. Acesso em: 15 out. 2024.

MASSAFRA, R. et al. Radiomic feature reduction approach to predict breast cancer by contrast-enhanced spectral mammography images. *Diagnostics (Basel)*, v. 11, n. 4, p. 684, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37253893/>. Acesso em: 16 out. 2024.

MOHAPATRA, S. et al. Avaliação de modelos de aprendizado profundo para detecção de câncer de mama usando imagens de mamografias histopatológicas. *Sustainable Operations and Computers*, v. 3, p. 296–302, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.06.001>.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666412722000162>. Acesso em: 14 out. 2024.

NICÓZIA, L. et al. História da mamografia: análise das conquistas diagnósticas por imagem da mama no último século. *Healthcare (Basel)*, v. 11, n. 11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare11111596>.

Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10318842/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Câncer. Disponível em: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>. Acesso em: 2 nov. 2024.

PANICO, A. et al. Radiômica em imagem mamária: desenvolvimento futuro. *Revista de Medicina Personalizada*, v. 13, n. 5, p. 862, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm13050862>. Acesso em: 7 nov. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOLOGIA. Inteligência artificial prevê o câncer de mama cinco anos antes. 2019. Disponível em:

<https://www.sbmastologia.com.br/inteligencia-artificial-preve-cancer-de-mama-cinco-anos-antes/>. Acesso em: 6 nov. 2024.

URBAN, L. A. B. D. et al. Recomendações para o rastreamento do câncer de mama no Brasil do Colégio Brasileiro de Radiologia, da Sociedade Brasileira de Mastologia e da Federação Brasileira das Associações de Ginecologia e Obstetrícia. *Femina*, p. 390–399, 2023. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1512437>. Acesso em: 13 out. 2024.

ZHANG, H. et al. Classificação de lesões mamárias baseada em inteligência artificial a partir de mamografia com contraste: um estudo multicêntrico. *International Journal of Surgery*, v. 110, n. 5, p. 2593–2603, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001076>. Acesso em: 14 out. 2024.

ZHENG, T. et al. Deep learning-enabled fully automated pipeline system for segmentation and classification of single-mass breast lesions using contrast-enhanced mammography: a prospective, multicentre study. *eClinicalMedicine*, v. 58, p. 101913, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.101913>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589537023000901>. Acesso em: 15 out. 2024.