

Inteligência artificial em mamografia para rastreamento do câncer de mama: uma revisão sistemática de evidências

Luiza Vieira Werneck; Universidade do Estado do Amazonas; lvw.med22@ues.edu.br;

Gabriel Barroso Figueira; Universidade do Estado do Amazonas;

Danilo Lemes Reis; Universidade do Estado do Amazonas;

Lia Mizobe Ono; Fundação Centro de Controle de Oncologia do Estado do Amazonas/Oncoclínicas;

1. Introdução

O câncer de mama é a neoplasia maligna mais incidente entre mulheres em todo o mundo e representa a principal causa de mortalidade feminina por câncer. No Brasil, essa realidade não difere: a doença é considerada o principal fator de óbitos por neoplasias femininas¹. A mamografia, método de rastreamento padrão-ouro, contribui significativamente para a detecção precoce, reduzindo a mortalidade em até metade em países com programas consolidados. No entanto, o exame apresenta limitações, como sobrecarga de radiologistas, incidência de falsos-positivos e negativos e ansiedade gerada em pacientes². Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) emerge como ferramenta promissora, capaz de aumentar precisão diagnóstica, diminuir carga de trabalho e retrabalho em *recall*³.

Diversas revisões sistemáticas apontam que a IA aplicada à mamografia apresenta sensibilidade e especificidade comparáveis ou superiores à dupla leitura humana, além de reduzir falsos-positivos e agilizar fluxos de trabalho^{4,5}. Estudos prospectivos em ambientes clínicos reais, como na Coreia do Sul, mostram que o uso de *IA-CAD (computer-aided detection)* aumentou significativamente a taxa de detecção de câncer em cerca de 13,8%, sem elevar as taxas de *recall*⁶. Outro estudo realizado na Alemanha identificou incremento de 17,6% na detecção de casos de câncer com IA, sem agravar os falsos-positivos.

As desigualdades regionais, como nas regiões da Amazônia brasileira, agravam o cenário: acesso limitado a serviços de saúde, dificuldades logísticas, longas distâncias até centros especializados e escassez de radiologistas especializados elevam o risco de atrasos diagnósticos e impacto negativo no prognóstico das pacientes. No estado do Amazonas, segundo dados governamentais, existem equipamentos para mamografia nos 61 municípios, no entanto o processo de análise dos dados coletados e produção de laudo é realizado na capital Manaus⁷. Diante desse prisma ocorre a sobrecarga do sistema, isso serve por motivação para pesquisas que envolvem soluções tecnológica, como a IA, como potencial fator a mitigar essas barreiras logísticas e diagnósticas.

Portanto, esta revisão sistemática de evidências sobre IA em mamografia visa contribuir com o avanço científico e clínico no Brasil, especialmente em contextos com realidades como a Amazônia, oferecendo embasamento para futuras implementações locais.

2. Material e Métodos

Realizou-se uma revisão sistemática de literatura segundo as recomendações do PRISMA¹. A busca foi conduzida em PubMed/MEDLINE e Biblioteca Virtua em Saúde - BVS incluindo artigos publicados de janeiro de 2021 até junho de 2025, cujo a população e amostra foram compostas por mulheres submetidas a rastreamento mamográfico com aplicação de IA.

Como critérios de inclusão foram utilizados ensaios clínicos randomizados, estudos prospectivos multicêntricos ou implementações em larga escala que avaliaram desempenho da IA em termos de sensibilidade, especificidade, falsos positivos/negativos, carga de trabalho ou impacto no diagnóstico precoce. Foram aceitos trabalhos em inglês, português e espanhol. Quanto aos critérios de exclusão: revisões narrativas, relatos de caso, cartas ao editor, resumos não publicados integralmente e estudos exclusivamente retrospectivos ou sem validação clínica foram retirados do estudo.

A estratégia de busca foi feita por descritores MeSH combinados por operadores booleanos: (“Breast Neoplasms” OR “Breast Cancer”) AND (“Mammography” OR “Breast Screening”) AND (“Artificial Intelligence” OR “Deep Learning” OR “Machine Learning”).

A seleção e análise, após remoção de duplicatas, títulos e resumos foram avaliados por dois revisores independentes; divergências resolvidas por consenso. Os artigos elegíveis em texto completo foram incluídos na síntese qualitativa. O processo será representado em fluxograma PRISMA simplificado. Por tratar-se de estudo secundário baseado em literatura indexada, não houve necessidade de aprovação ética.

3. Resultados e Discussão

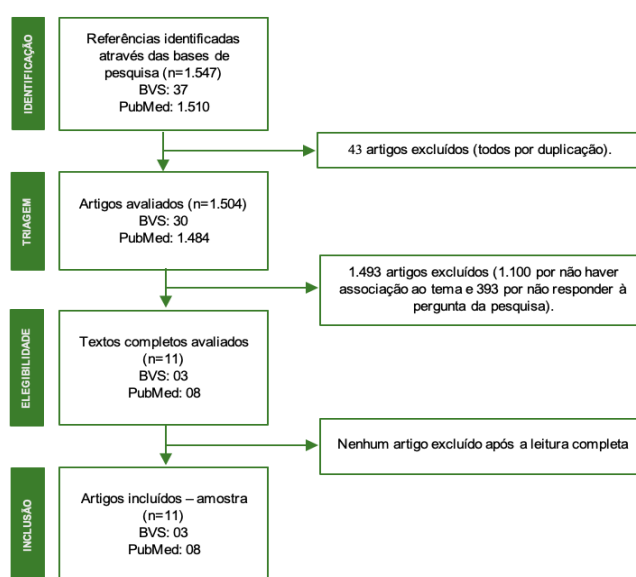


Figura 1 – Fluxograma PRISMA¹⁹.

Foram obtidos, inicialmente, 1.547 artigos (Pubmed: 1.510; BVS: 37) nas bases de dados descritas na metodologia. Após a resolução das duplicatas obteve-se 1.504 produções científicas (Pubmed: 1.484; BVS: 30). Após aplicar-se os critérios de inclusão e exclusão listados na metodologia desta revisão, obteve-se 11 artigos (Pubmed: 08; BVS: 03).

O uso da inteligência artificial (IA) no rastreamento por mamografia demonstrou impacto consistente na detecção precoce de câncer de mama em diferentes contextos populacionais⁸. No estudo sueco de coorte prospectivo com 55.581 mulheres, a leitura dupla combinando radiologista e IA apresentou taxa de detecção de câncer 4% superior à leitura dupla tradicional, sem aumento significativo de falsos positivos⁹. Similarmente, o ensaio clínico *MASAI*, com 105.934 participantes, evidenciou taxa de detecção de 6,4/1000 no grupo com IA versus 5,0/1000 no grupo controle, reduzindo a carga de trabalho de leitura em 44,2%¹⁰. Esses dados reforçam a viabilidade da IA como ferramenta complementar em triagens populacionais amplas.

Em cenários de seleção para exames complementares, a IA também mostrou superioridade. No *ScreenTrustMRI trial*, a ferramenta de IA selecionou indivíduos com mamografia negativa, identificando uma incidência de câncer quatro vezes maior por 1000 exames de ressonância magnética comparada a critérios tradicionais de densidade mamária¹¹. De forma complementar, o estudo *AI-STREAM*, envolvendo 24.543 mulheres, demonstrou aumento significativo de 13,8% na taxa de detecção de câncer para radiologistas apoiados por *IA-CAD*, mantendo taxas de *recall* semelhantes¹². Esses achados indicam que a IA pode refinar a identificação de pacientes que se beneficiam de exames adicionais.

Estudos de implementação *real-world* reforçaram a aplicabilidade clínica da IA em ambientes multicêntricos. Na análise de 463.094 mulheres, a leitura dupla assistida por IA mostrou taxa de detecção de 6,7/1000 versus 5,7/1000 do grupo controle, mantendo valores preditivos positivos (VPPs) superiores e não inferioridade na taxa de *recall*¹³. Experimentos focados em otimização de fluxo, como o estudo de triagem com priorização de casos, demonstraram redução de 25% no tempo para imagens adicionais e 30% no tempo até diagnóstico de biópsia, sugerindo que a IA pode acelerar o processo diagnóstico e melhorar a eficiência operacional¹⁴. A detecção adicional de câncer por IA variou de 0,7 a 1,6 por 1000 casos, sem aumento relevante de recalls desnecessários.

Em regiões de baixa renda e recursos limitados, a IA demonstrou potencial estratégico. Estudos prospectivos enfatizaram a utilização de tecnologias portáteis e IA para superar barreiras geográficas e socioculturais, aumentando o acesso ao rastreamento e à detecção precoce de lesões significativas¹⁵. Além disso, projetos de banco de dados de mamografias fornecem suporte educacional e instrumental para o desenvolvimento de algoritmos personalizados, fortalecendo o aprendizado e a precisão diagnóstica. Coletivamente, os resultados indicam que a IA não apenas aumenta a detecção de câncer de mama, mas também promove eficiência e equidade no rastreamento populacional.

A implementação da inteligência artificial no rastreamento por intermédio da mamografia representa um avanço significativo na prática clínica, com evidências robustas demonstrando aumento na taxa de detecção precoce de câncer de mama. Estudos prospectivos e ensaios clínicos randomizados mostraram que a IA, quando utilizada como complemento à leitura humana, melhora a sensibilidade sem comprometer a especificidade⁹. A redução da carga de trabalho observada nos estudos sugere benefícios operacionais importantes, permitindo que radiologistas concentrem seus esforços em casos de maior complexidade, otimizando recursos humanos e aumentando a eficiência do serviço¹⁰.

A seleção de pacientes para exames complementares, especialmente ressonância magnética, foi aprimorada com o uso da IA, que identificou subgrupos de maior risco que não seriam captados por critérios tradicionais. Essa abordagem personalizada contribui para a detecção precoce de tumores que poderiam evoluir silenciosamente, reduzindo a necessidade de rastreamento universal invasivo¹¹. Além disso, o uso da IA-CAD demonstrou capacidade de aumentar a taxa de detecção sem elevar significativamente os falsos positivos, preservando a acurácia diagnóstica¹².

Em estudos de implementação *real-world*, a IA manteve seu desempenho em contextos multicêntricos e heterogêneos, comprovando sua aplicabilidade em rotina clínica¹⁴. A melhoria do valor preditivo positivo de recalls e biópsias sugere que a IA pode contribuir para decisões clínicas mais precisas e redução de procedimentos desnecessários, conforme descrito por Sechopoulos *et al.* (2022) e por Friedewald *et al.* (2025)^{13, 16}. A diminuição do tempo para diagnóstico observada em estudos de triagem reforça o papel da IA na aceleração do fluxo de atendimento, fator crítico em sistemas de saúde com alta demanda¹⁷.

Nos contextos de baixa renda e regiões rurais, a IA pode ser uma ferramenta transformadora, superando limitações de acesso e escassez de profissionais especializados. A utilização de outras tecnologias portáteis integradas à IA, como a ultrassonografia, oferece oportunidade de rastreamento descentralizado, reduzindo desigualdades no acesso primário ao diagnóstico precoce, funcionando como um atendimento inicial ao paciente. A equidade em saúde é favorecida, promovendo intervenções precoces em populações historicamente negligenciadas, potencialmente melhorando os desfechos clínicos a longo prazo¹⁵.

Os resultados indicam também que a IA contribui para a educação e treinamento de radiologistas, através de bancos de imagens e plataformas de aprendizado assistido por IA. O desenvolvimento de *datasets* abertos permite refinamento contínuo de algoritmos e formação de profissionais mais capacitados, criando um ciclo virtuoso entre tecnologia e expertise clínica.

Essa integração pode acelerar a adoção de práticas baseadas em evidências e reduzir variações na qualidade do rastreamento¹⁸.

Apesar dos benefícios, a adoção da IA exige avaliação cuidadosa de aspectos éticos, regulatórios e de integração aos fluxos clínicos existentes. A interpretação dos resultados deve considerar a necessidade de supervisão humana, garantindo que decisões críticas não dependam exclusivamente de algoritmos¹⁷. A validação contínua em diferentes populações e densidades mamárias é essencial para generalizar resultados e manter a confiança clínica¹⁸.

Por fim, a literatura sugere que a IA não substitui radiologistas, mas complementa suas capacidades, permitindo detecção precoce mais eficiente e individualizada¹⁸. A integração de IA em programas de rastreamento pode reduzir a sobrecarga de trabalho, melhorar o valor diagnóstico e ampliar o acesso em contextos com recursos limitados. Estudos futuros devem focar em protocolos padronizados, impacto em desfechos de mortalidade e custo-efetividade, consolidando a IA como componente central do rastreamento moderno de câncer de mama.

4. Conclusões

O emprego da inteligência artificial no rastreamento com mamografia revelou-se um recurso complementar relevante, favorecendo a detecção precoce do câncer de mama e tornando o processo de leitura mais eficiente. A tecnologia também auxilia na seleção de grupos de maior risco, aprimora a acurácia diagnóstica e amplia o alcance do rastreamento em cenários de menor infraestrutura. Embora a supervisão médica seja indispensável, a IA se destaca como aliada para um rastreamento mais direcionado, ágil e equitativo, consolidando seu papel na prática clínica contemporânea.

Palavras-Chave: inteligência artificial; mamografia; câncer de mama; rastreamento

Divulgação

Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, o Congresso Pan-Amazônico de Oncologia detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação deste resumo, por meio eletrônico.

5. Referências

1. World Health Organization - WHO. Breast cancer [Internet]. World Health Organization. 2024. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
2. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA: a Cancer Journal for Clinicians. 2021;71(3):209–49.
3. Uzun Ozsahin D, Ikechukwu Emegano D, Uzun B, Ozsahin I. The Systematic Review of Artificial Intelligence Applications in Breast Cancer Diagnosis. Diagnostics. 2022;13(1):45.
4. Duffy SW, Tabár L, Yen AM, Dean PB, Smith RA, Jonsson H, et al. Mammography screening reduces rates of advanced and fatal breast cancers: Results in 549,091 women. Cancer. 2020;126(13):2971–9.
5. Pesapane F, Trentin C, Montesano M, Ferrari F, Nicosia L, Rotili A, et al. Mammography in 2022, from Computer-Aided Detection to Artificial Intelligence Applications. Clinical and Experimental Obstetrics & Gynecology. 2022;49(11):237–7.
6. Chang YW, An JK, Choi N, Ko KH, Kim KH, Han K, et al. Artificial Intelligence for Breast Cancer Screening in Mammography (AI-STREAM): A Prospective Multicenter Study Design in Korea Using AI-Based CADe/x. Journal of Breast Cancer. 2022;25(1):57–68.

7. Secretaria do Estado de Saúde do Amazonas - SES AM. Sem filas de espera na capital, oferta de mamografia na rede pública do Amazonas cresceu 10% em 2019 [Internet]. SES AM. Amazonas; 2020. Available from: <https://www.saude.am.gov.br/sem-filas-de-espera-na-capital-oferta-de-mamografia-na-rede-publica-do-amazonas-cresceu-10-em-2019/>
- 8.Bitencourt AGV. The impact of AI implementation in mammographic screening: redefining dense breast screening practices. *European Radiology*. 2024;34(10):6296–7.
- 9.Dembrower K, Crippa A, Colón E, Eklund M, Strand F. Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Screening Mammography in Sweden: a prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority Study. *The Lancet Digital Health*. 2023;5(10).
- 10.Hernström V, Josefsson V, Sartor H, Schmidt D, Larsson AM, Hofvind S, et al. Screening performance and characteristics of breast cancer detected in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a randomised, controlled, parallel-group, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study. *The Lancet Digital Health*. 2025;7(3).
- 11.Salim M, Liu Y, Sorkhei M, Ntola D, Foukakis T, Fredriksson I, et al. AI-based selection of individuals for supplemental MRI in population-based breast cancer screening: the randomized ScreenTrustMRI trial. *Nature Medicine*. 2024;30(9).
- 12.Chang YW, Ryu JK, An JK, Choi N, Park YM, Ko KH, et al. Artificial intelligence for breast cancer screening in mammography (AI-STREAM): preliminary analysis of a prospective multicenter cohort study. *Nature Communications*. 2025;16(1).
- 13.Friedewald SM, Sieniek M, Jansen S, Mahvar F, Kohlberger T, Schacht D, et al. Triaging mammography with artificial intelligence: an implementation study. *Breast Cancer Research and Treatment*. 2025;211(1).
- 14.Eisemann N, Bunk S, Mukama T, Baltus H, Elsner SA, Gomille T, et al. Nationwide real-world implementation of AI for cancer detection in population-based mammography screening. *Nature Medicine*. 2025;3(31).
- 15.Xiques-Molina W, Lozada-Martinez ID, Fiorillo-Moreno O, Hernández-Lastra AL, Bermúdez V. Operational Advantages of Novel Strategies Supported by Portability and Artificial Intelligence for Breast Cancer Screening in Low-Resource Rural Areas: Opportunities to Address Health Inequities and Vulnerability. *Medicina*. 2025;61(2):242–2.
- 16.Sechopoulos I, Abbey CK, van der wall D, Geertse T, Tetteroo E, Pijnappel RM, et al. Evaluation of reader performance during interpretation of breast cancer screening: the Recall and detection Of breast Cancer in Screening (ROCS) trial study design. *European Radiology*. 2022;32(11):7463–9.
- 17.Ng AY, Oberije C, Ambrózay É, Szabó E, Serfőző O, Karpati E, et al. Prospective implementation of AI-assisted screen reading to improve early detection of breast cancer. *Nature Medicine*. 2023;29(12).
- 18.Monteiro Cordeiro N, Facina G, Pinto Nazário AC, Monteiro Sanvido V, Araujo Neto JT, Rodrigues dos Santos E, et al. Towards precision medicine in breast imaging: A novel open mammography database with tailor-made 3D image retrieval for AI and teaching. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2024;248:108117.
- 19.Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal [Internet]*. 2021;372(71).