REVISÃO DE LITERATURA IDENTIFICADA

TÍTULO EM PORTUGUÊS

Inteligência Artificial na Detecção do Câncer de Mama: Aplicações Atuais e Perspectivas Futuras

TÍTULO EM INGLÊS

Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection: Current Applications and Future Perspectives

[2]Jõao Pedro Cardoso Faccio, Ariel Briskievicz[1], Gustavo Marcolina Kampf[1]

[2]Professor do curso de Medicina na Afya Centro Universitário de Pato Branco

[1]Acadêmicos do curso de Medicina da Afya Pato Branco, Paraná, Brasil.

Autor correspondente: Gustavo Marcolina Kampf — [Gustavomarcolinakampf@gmail.com]

Eixo Temático: Tecnologia e inovação em saúde

RESUMO

Introdução: O câncer de mama permanece entre os principais problemas oncológicos no mundo, e o diagnóstico oportuno é fundamental para reduzir desfechos desfavoráveis. **Objetivo**: Sintetizar evidências recentes sobre as aplicações, o desempenho e as perspectivas futuras da inteligência artificial (IA) na detecção do câncer de mama. **Método**: Foi realizada uma revisão de literatura estruturada, com busca em bases bibliográficas biomédicas e seleção de seis estudos de maior relevância publicados entre 2021 e 2026, priorizando revisões sistemáticas, metanálises e estudos prospectivos sobre mamografia, tomossíntese digital, estratificação de risco e patologia digital. **Resultados**: As evidências indicam que modelos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo apresentam elevado desempenho na análise mamográfica e podem apoiar a detecção de lesões, a classificação de risco e a redução da carga de trabalho dos radiologistas. Estudos prospectivos demonstraram desempenho não inferior à leitura convencional em determinados fluxos e redução importante do número de leituras humanas, enquanto análises de risco sugerem potencial para individualização do rastreamento. **Conclusão**: A IA apresenta potencial para ampliar eficiência e precisão na detecção do câncer de mama, mas sua implementação clínica depende de validação prospectiva, generalização entre diferentes populações, explicabilidade, padronização, integração ao fluxo assistencial e avaliação contínua de segurança e desempenho.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Neoplasias da Mama. Mamografia. Aprendizado Profundo. Detecção Precoce.

ABSTRAC

Introduction: Breast cancer remains one of the major oncological health problems worldwide, and timely diagnosis is essential to reduce unfavorable outcomes. **Objective**: To synthesize recent evidence on the applications, performance, and future perspectives of artificial intelligence (AI) in breast cancer detection. **Method**: A structured literature review was conducted using biomedical bibliographic databases, with selection of six highly relevant studies published between 2021 and 2026, prioritizing systematic reviews, meta-analyses, and prospective studies addressing mammography, digital breast tomosynthesis, risk stratification, and digital pathology. **Results**: The evidence indicates that machine learning and deep learning models achieve high performance in mammographic analysis and may support lesion detection, risk classification, and reduction of radiologists' workload. Prospective studies demonstrated non-inferior performance compared with conventional reading in specific workflows and substantial reductions in the number of examinations requiring human reading, while risk assessment studies suggest potential for individualized screening. **Conclusion**: AI has the potential to improve the efficiency and accuracy of breast cancer detection, but clinical implementation depends on prospective validation, generalizability across populations, explainability, standardization, integration into clinical workflows, and continuous assessment of safety and performance.

Keywords: Artificial Intelligence. Breast Neoplasms. Mammography. Deep Learning. Early Detection.

INTRODUÇÃO

O câncer de mama constitui um dos principais problemas de saúde pública relacionados às neoplasias femininas. Estimativas globais recentes apontam aproximadamente 2,4 milhões de novos casos e 694 mil mortes em 2024, destacando a necessidade de estratégias capazes de favorecer o diagnóstico oportuno e a redução de atrasos no cuidado.[1]

A mamografia permanece componente central do rastreamento, porém sua interpretação pode ser limitada por características da imagem, densidade mamária, experiência do examinador e necessidade de dupla leitura. Nesse contexto, técnicas de inteligência artificial, especialmente aprendizado de máquina e aprendizado profundo, vêm sendo investigadas para auxiliar na detecção, classificação e priorização de exames.[2]

Metanálises demonstram desempenho diagnóstico elevado de modelos de aprendizado de máquina na análise mamográfica, embora grande parte da literatura inicial tenha sido retrospectiva. Em estudos prospectivos, sistemas de IA passaram a ser avaliados em condições mais próximas da prática clínica, incluindo cenários de substituição parcial da dupla leitura e triagem baseada em risco.[23]

Além da detecção em mamografia, a IA vem sendo aplicada à tomossíntese mamária, à estratificação do risco futuro de câncer e à patologia digital. Revisões recentes descrevem aplicações em análise de imagens histopatológicas, biomarcadores e outras etapas do diagnóstico e manejo, ampliando o potencial da tecnologia para além do simples reconhecimento de lesões.[45]

Apesar desses avanços, permanecem lacunas relacionadas à heterogeneidade dos conjuntos de dados, à generalização entre instituições e populações, à explicabilidade dos modelos e à integração segura da IA aos fluxos assistenciais. Assim, esta revisão teve como objetivo sintetizar evidências recentes sobre as aplicações e o desempenho da inteligência artificial na detecção do câncer de mama, incluindo mamografia, tomossíntese, estratificação de risco e patologia digital, bem como discutir suas perspectivas futuras.[56]

MÉTODO

Foi realizada uma revisão de literatura estruturada, orientada pela seguinte pergunta norteadora: quais são as aplicações atuais e quais evidências de desempenho sustentam o uso de inteligência artificial na detecção do câncer de mama? A busca bibliográfica foi planejada nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Embase, utilizando combinações dos descritores “artificial intelligence”, “machine learning”, “deep learning”, “breast cancer”, “breast neoplasms”, “mammography”, “digital breast tomosynthesis”, “risk prediction” e “digital pathology”, associados pelos operadores booleanos AND e OR. Foram priorizadas publicações em inglês, disponíveis entre 2021 e 2026, com foco em rastreamento ou diagnóstico do câncer de mama e apresentação de resultados de desempenho, impacto clínico ou síntese de evidências. Foram excluídos estudos sem relação direta com a detecção ou avaliação diagnóstica do câncer de mama, trabalhos exclusivamente experimentais sem desfecho aplicável à prática clínica, editoriais e publicações duplicadas. Após triagem por relevância temática e robustez metodológica, seis estudos foram selecionados para a síntese final, contemplando metanálise, estudos prospectivos e revisões de aplicações em radiologia, estratificação de risco e patologia digital. O processo foi organizado segundo princípios de transparência para revisões de literatura; entretanto, esta atividade não foi registrada como revisão sistemática e não pretende reproduzir integralmente um protocolo PRISMA.

RESULTADOS

Na mamografia, a síntese de Liu et al. identificou elevado desempenho dos métodos de aprendizado de máquina, com estimativas agrupadas de sensibilidade de 91,4%, especificidade

de 91,6% e área sob a curva de 0,945. Entre os métodos avaliados, as redes neurais convolucionais apresentaram desempenho particularmente alto. Entretanto, os autores ressaltaram a predominância de estudos retrospectivos e a necessidade de avaliações prospectivas para determinar a efetividade longitudinal desses sistemas.[2]

Os estudos prospectivos trouxeram evidências relevantes para a aplicabilidade clínica. No ensaio MASAI, com mais de 80 mil participantes, a estratégia apoiada por IA apresentou taxa de detecção de câncer semelhante à dupla leitura convencional, ao mesmo tempo em que reduziu em 44,3% a carga de leitura dos radiologistas. Em outro estudo prospectivo, o ScreenTrustCAD demonstrou que uma estratégia com um radiologista associado à IA foi não inferior à dupla leitura convencional, com aumento de 4% na detecção de câncer e redução aproximada de 50% na carga de trabalho.[34]

A evidência prospectiva mais recente reforça esse potencial, mas também mostra que os benefícios dependem da forma de implementação. Em um estudo de 2026 envolvendo 31.301 mulheres submetidas a mamografia de rotina, um fluxo parcialmente automatizado com IA reduziu em 63,6% a carga de trabalho dos radiologistas e aumentou a taxa de detecção de câncer em 15,2%; por outro lado, a taxa de recall também aumentou, indicando que maior sensibilidade pode vir acompanhada de maior número de resultados positivos que exigem avaliação adicional.[6]

A IA também pode ser incorporada à tomossíntese digital, modalidade tridimensional que gera grande volume de imagens e aumenta o tempo de interpretação. Revisões recentes descrevem aplicações de aprendizado profundo para detecção automática, enquanto estudos recentes apoiam a integração de IA em fluxos que priorizam exames de menor risco, reduzindo a demanda de leitura humana sem eliminar a necessidade de validação prospectiva.[46]

No campo da estratificação de risco, a revisão de Schopf et al. mostrou que algoritmos baseados em imagens mamográficas podem fornecer informação prognóstica além da interpretação imediata do exame, indicando potencial para estimar risco futuro de câncer e apoiar estratégias de rastreamento mais individualizadas. Essa perspectiva amplia a utilização da IA de uma ferramenta de detecção para um componente de avaliação de risco.[5]

Na avaliação patológica e no fluxo diagnóstico integrado, revisões recentes descrevem o emprego de IA para detecção tumoral, classificação histológica, avaliação de biomarcadores e apoio a outras etapas do manejo do câncer de mama. Essas aplicações podem aumentar a eficiência e a reprodutibilidade, mas ainda enfrentam desafios de padronização das imagens, diversidade dos conjuntos de dados, validação externa e explicabilidade. Em conjunto, os

estudos selecionados indicam que a principal contribuição atual da IA é atuar como ferramenta de apoio à decisão, e não como substituta universal do julgamento clínico.[4]

CONCLUSÃO

As evidências recentes indicam que a inteligência artificial apresenta desempenho elevado e utilidade clínica potencial na detecção do câncer de mama, especialmente quando aplicada à interpretação mamográfica, à tomossíntese e à priorização de exames. Estudos prospectivos demonstram que determinados modelos de integração podem manter ou aumentar a detecção de câncer e, simultaneamente, reduzir substancialmente a carga de trabalho dos radiologistas. A tecnologia também apresenta perspectivas para estratificação de risco e apoio à patologia digital, ampliando seu possível papel ao longo da linha de cuidado.

Apesar dos resultados promissores, a adoção ampla requer validação prospectiva multicêntrica, avaliação de desempenho em diferentes populações, transparência dos modelos, padronização e definição clara da responsabilidade clínica. O cenário atual favorece a compreensão da IA como ferramenta complementar ao profissional de saúde, com potencial para aumentar eficiência e consistência sem dispensar supervisão humana. Estudos futuros deverão concentrar-se em desfechos clínicos, segurança, equidade e impacto real sobre o diagnóstico e o prognóstico das pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Breast cancer [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2026 Jul 3 [cited 2026 Aug 28]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer.
2. Liu J, Lei J, Ou Y, Zhao Y, Tuo X, Zhang B, et al. Mammography diagnosis of breast cancer screening through machine learning: a systematic review and meta-analysis. Clin Exp Med. 2023;23(6):2341-2356. doi:10.1007/s10238-022-00895-0.
3. Lång K, Josefsson V, Larsson AM, Larsson S, Högberg C, Sartor H, et al. Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a clinical safety analysis of a randomised, controlled, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study. Lancet Oncol. 2023;24(8):936-944. doi:10.1016/S1470-2045(23)00298-X.
4. Dembrower K, Crippa A, Colón E, Eklund M, Strand F; ScreenTrustCAD Trial Consortium. Artificial intelligence for breast cancer detection in screening mammography in Sweden: a prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority study. Lancet Digit Health. 2023;5(10):e703-e711. doi:10.1016/S2589-7500(23)00153-X.

5. Ahn JS, Shin S, Yang SA, Park EK, Kim KH, Cho SI, et al. Artificial intelligence in breast cancer diagnosis and personalized medicine. J Breast Cancer. 2023;26(5):405-435. doi:10.4048/jbc.2023.26.e45.

6. Schopf CM, Ramwala OA, Lowry KP, Hofvind S, Marinovich ML, Houssami N, et al. Artificial intelligence-driven mammography-based future breast cancer risk prediction: a systematic review. J Am Coll Radiol. 2024;21(2):319-328. doi:10.1016/j.jacr.2023.10.018.

7. Elías-Cabot E, Romero-Martín S, Raya-Povedano JL, Rodríguez-Ruiz A, Álvarez-Benito M. AI-based triage and decision support in mammography and digital breast tomosynthesis for breast cancer screening: a paired, noninferiority trial. Nat Med. 2026;32(4):1296-1305. doi:10.1038/s41591-026-04277-x.