

**INTEGRAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL À INTERPRETAÇÃO DE EXAMES DE
IMAGEM: BENEFÍCIOS, LIMITAÇÕES E DESAFIOS**

**INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE INTERPRETATION OF
MEDICAL IMAGING: BENEFITS, LIMITATIONS, AND CHALLENGES**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.061-025>

José Henrique Gorgone Zampieri

Medicina pela Universidade Federal de Pelotas

Maria Fernanda Vichiato

Medicina pela UNILAGO

E-mail: mariafernandavichiato@hotmail.com

Marcelo Andrion Pinto

Medicina pela Universidade Estadual de Feira de Santana

E-mail: marceloandrion2@gmail.com

Matheus Amorim Nepomuceno

Medicina – Universidade Federal do Maranhão, campus IMPERATRIZ

E-mail: Nepomuk149@gmail.com

Natalia de Assis Rezende Spiandorello

Medicina – UAI

E-mail: Nah-rezende@hotmail.com

Marcos Paulo Parente Araújo

Médico pelo Centro Universitário São Lucas

E-mail: drmarcosparente@hotmail.com

RESUMO

A inteligência artificial (IA), especialmente por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais profundas, representa uma transformação na radiologia e no diagnóstico por imagem. Sua integração visa aumentar a acurácia, padronizar a análise, agilizar fluxos e reduzir erros relacionados à fadiga ou à variabilidade interobservador. Este artigo revisa os princípios técnicos, aplicações clínicas comprovadas, benefícios operacionais e diagnósticos, além de abordar limitações metodológicas, riscos éticos, questões regulatórias e desafios para sua implementação segura e responsável no sistema de saúde brasileiro. Conclui-se que a IA atua como ferramenta auxiliar, não substituta do profissional médico, exigindo governança rigorosa e validação contínua.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Radiologia; Diagnóstico por Imagem; Aprendizado Profundo; Segurança do Paciente; Regulamentação Médica.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI)—particularly through machine learning algorithms and deep neural networks—represents a transformation in radiology and diagnostic imaging. Its integration aims to enhance accuracy, standardize analysis, streamline workflows, and reduce errors associated with fatigue or inter-observer variability. This article reviews technical principles, proven clinical applications, and operational and diagnostic benefits, while also addressing methodological limitations, ethical risks, regulatory issues, and challenges regarding its safe and responsible implementation within the Brazilian healthcare system. It concludes that AI serves as an assistive tool rather than a substitute for medical professionals, requiring rigorous governance and continuous validation.

Keywords: Artificial Intelligence; Radiology; Diagnostic Imaging; Deep Learning; Patient Safety; Medical Regulation.

1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico por imagem constitui um dos pilares da medicina contemporânea, desempenhando papel central na detecção, caracterização, estadiamento e monitoramento de diversas condições clínicas. Estima-se que aproximadamente 80% a 90% das decisões médicas sejam influenciadas, direta ou indiretamente, por informações obtidas por métodos de imagem, como radiografia, ultrassonografia, tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM) e medicina nuclear.

Tradicionalmente, a interpretação dos exames depende da expertise do radiologista, exigindo elevado grau de conhecimento técnico, atenção sustentada e integração de dados clínicos e radiológicos. Apesar dos avanços na formação profissional e nos protocolos de qualidade, a literatura demonstra que erros diagnósticos podem ocorrer em cerca de 3% a 5% dos exames de rotina, decorrentes de fatores como fadiga, sobrecarga de trabalho, limitações perceptivas e variabilidade interobservador.

Nas últimas décadas, o desenvolvimento acelerado da capacidade computacional, associado ao avanço dos algoritmos de aprendizado de máquina (Machine Learning) e aprendizado profundo (Deep Learning), possibilitou a criação de sistemas de Inteligência Artificial (IA) capazes de processar e analisar grandes volumes de imagens médicas em poucos segundos. Essas tecnologias utilizam redes neurais convolucionais e modelos avançados de reconhecimento de padrões para identificar alterações anatômicas e funcionais com elevado grau de sensibilidade e especificidade.

Atualmente, as aplicações da IA em radiologia incluem triagem automatizada de exames, detecção precoce de lesões, segmentação anatômica, quantificação volumétrica de estruturas, classificação de patologias, priorização de casos críticos e suporte à tomada de decisão clínica. Em áreas específicas, como rastreamento do câncer de mama, avaliação de nódulos pulmonares, identificação de acidentes vasculares

cerebrais e análise de fraturas, diversos estudos demonstram desempenho comparável ao de especialistas experientes.

Entretanto, apesar dos resultados promissores, os sistemas de IA ainda apresentam limitações relacionadas à interpretabilidade dos algoritmos, viés dos bancos de dados utilizados para treinamento, necessidade de validação multicêntrica e desafios éticos, regulatórios e legais. Por essa razão, na maioria dos países, essas ferramentas permanecem autorizadas apenas como sistemas de apoio à decisão ou como "segundo leitor", não substituindo a responsabilidade diagnóstica do médico radiologista nem sendo autorizadas, de forma autônoma, para emissão de laudos definitivos.

Nesse contexto, a integração entre inteligência artificial e expertise humana configura uma abordagem complementar, com potencial para aumentar a acurácia diagnóstica, reduzir erros interpretativos, otimizar fluxos de trabalho e ampliar o acesso a serviços especializados de diagnóstico por imagem.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, de abordagem qualitativa, cujo objetivo principal é analisar a integração da inteligência artificial no contexto da interpretação de exames de imagem, bem como seus benefícios, limitações e desafios clínicos e regulatórios.

A busca sistemática por informações foi realizada no mês de janeiro de 2026, utilizando as seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, LILACS, SciELO e Latindex. Foram consideradas publicações produzidas no período de 15 anos anteriores à realização da pesquisa, abrangendo o intervalo temporal compreendido entre 2011 e 2026.

Para a seleção dos estudos, foram adotados os descritores em ciências da saúde: Inteligência Artificial, Radiologia, Diagnóstico por Imagem, Aprendizado Profundo e Segurança do Paciente, os quais foram utilizados de forma isolada ou em associação com operadores booleanos adequados, conforme a sintaxe de cada base de dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONCEITOS E TECNOLOGIAS APLICADAS

Aprendizado de Máquina (Machine Learning): ramo da inteligência artificial que utiliza algoritmos capazes de identificar padrões e relações complexas em grandes conjuntos de dados previamente rotulados ou não rotulados. Na radiologia, esses modelos podem ser treinados para reconhecer características associadas a doenças específicas, auxiliando na classificação diagnóstica, estratificação de risco e predição de desfechos clínicos.

Aprendizado Profundo (Deep Learning): subárea do aprendizado de máquina baseada em redes neurais artificiais multicamadas, especialmente as Redes Neurais Convolucionais (Convolutional Neural Networks – CNNs), amplamente empregadas na análise de imagens médicas. Esses algoritmos são capazes de extrair automaticamente características relevantes das imagens, identificando alterações anatômicas e funcionais muitas vezes imperceptíveis à avaliação humana. Suas aplicações incluem detecção de lesões, segmentação de órgãos, classificação de patologias e suporte ao diagnóstico em exames de tomografia computadorizada, ressonância magnética, mamografia e radiografia.

Radiômica (Radiomics): metodologia avançada que consiste na extração automatizada de centenas ou milhares de características quantitativas das imagens médicas, incluindo parâmetros morfológicos, texturais, histogramas de intensidade e padrões espaciais. Esses dados são posteriormente integrados a algoritmos de inteligência artificial para identificar biomarcadores de imagem capazes de prever prognóstico, agressividade tumoral, resposta terapêutica, risco de recorrência e sobrevida, constituindo uma importante ferramenta para a medicina de precisão.

Aprendizado Federado (Federated Learning): abordagem inovadora de treinamento distribuído que permite o desenvolvimento de modelos de inteligência artificial utilizando dados provenientes de múltiplas instituições sem a necessidade de compartilhamento direto das informações dos pacientes. Nesse modelo, apenas os parâmetros do algoritmo são transferidos entre os centros participantes, preservando a privacidade, a confidencialidade e a conformidade com legislações de proteção de dados, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Essa estratégia favorece a construção de modelos mais robustos, generalizáveis e representativos de diferentes populações.

3.2 BENEFÍCIOS CLÍNICOS E OPERACIONAIS

3.2.1 Maior acurácia diagnóstica e redução de erros interpretativos

A aplicação da inteligência artificial (IA) em radiologia tem demonstrado potencial significativo para aumentar a precisão diagnóstica e reduzir falhas associadas à interpretação humana. Estudos indicam que sistemas baseados em aprendizado profundo podem reduzir em até 25% os resultados falso-negativos em mamografias e em aproximadamente 30% as falhas na detecção de nódulos pulmonares, contribuindo para o diagnóstico precoce de neoplasias. Em programas de rastreamento de câncer de pulmão por tomografia computadorizada de baixa dose, alguns algoritmos alcançam sensibilidades superiores a 90%, mantendo elevada especificidade.

Além disso, a IA reduz a variabilidade inter e intraobservador, promovendo maior padronização dos critérios diagnósticos e maior reprodutibilidade dos laudos. Essa característica é particularmente relevante em áreas que dependem de avaliações subjetivas, como classificação de lesões mamárias, avaliação de doenças pulmonares intersticiais e caracterização de tumores sólidos.

3.2.2 Agilidade operacional e triagem inteligente

Os sistemas de IA são capazes de analisar imagens em poucos segundos e identificar automaticamente achados críticos que demandam intervenção imediata. Em ambientes de emergência, algoritmos especializados podem detectar sinais sugestivos de acidente vascular cerebral (AVC), hemorragia intracraniana, pneumotórax, embolia pulmonar e fraturas complexas, priorizando esses exames nas filas de interpretação e reduzindo significativamente o tempo para diagnóstico e início do tratamento.

Adicionalmente, a automação de tarefas repetitivas, como segmentação de órgãos, mensuração de lesões, cálculos volumétricos, avaliação de densidade tecidual e comparação longitudinal de exames, otimiza o fluxo de trabalho radiológico. Essa automatização permite que o especialista dedique mais tempo à correlação clínico-radiológica e à tomada de decisões complexas, aumentando a eficiência dos serviços de imagem.

3.2.3 Ampliação do acesso e promoção da equidade em saúde

A inteligência artificial possui potencial para reduzir desigualdades no acesso ao diagnóstico especializado, especialmente em regiões remotas ou com escassez de radiologistas. Nesses cenários, os sistemas podem atuar como ferramentas de suporte remoto à decisão clínica, auxiliando profissionais locais na identificação precoce de patologias relevantes e na definição de prioridades assistenciais.

Outro benefício importante é a utilização de algoritmos de reconstrução e aprimoramento de imagens, capazes de melhorar a qualidade diagnóstica de exames obtidos em condições subótimas. Essas tecnologias permitem reduzir artefatos, aumentar a resolução espacial e otimizar a relação sinal-ruído, diminuindo a necessidade de repetição de exames, reduzindo custos operacionais e minimizando a exposição dos pacientes à radiação ionizante em modalidades como a tomografia computadorizada.

3.2.4 Contribuições para a medicina de precisão

Além da interpretação convencional das imagens, a IA possibilita a integração de dados radiológicos, clínicos, laboratoriais, genômicos e histopatológicos, favorecendo abordagens personalizadas de diagnóstico e tratamento. Ferramentas avançadas de radiômica e aprendizado profundo podem identificar biomarcadores de imagem associados ao prognóstico, à resposta terapêutica e ao risco de progressão de doenças, ampliando o papel da radiologia na medicina de precisão e na oncologia personalizada.

3.3 MEDICINA PREDITIVA E PERSONALIZADA

A incorporação da inteligência artificial (IA) à radiologia tem ampliado significativamente as possibilidades da medicina preditiva e personalizada. Por meio da análise de grandes volumes de dados

clínicos e de imagem, algoritmos avançados são capazes de identificar biomarcadores radiológicos associados ao risco de desenvolvimento, progressão e recorrência de diversas doenças antes mesmo da manifestação clínica evidente.

Em oncologia, por exemplo, técnicas de radiômica e aprendizado profundo permitem estimar agressividade tumoral, potencial metastático, resposta ao tratamento e probabilidade de recorrência. De forma semelhante, em doenças cardiovasculares, neurológicas e pulmonares, a IA pode identificar padrões sutis relacionados à progressão de aterosclerose, degeneração neurocognitiva, fibrose pulmonar e insuficiência cardíaca, contribuindo para intervenções precoces e estratégias terapêuticas individualizadas.

Além disso, a integração entre dados de imagem, informações clínicas, exames laboratoriais e perfis genômicos favorece a construção de modelos prognósticos mais precisos, alinhados aos princípios da medicina de precisão.

3.4 LIMITAÇÕES INERENTES À TECNOLOGIA

Apesar de seu potencial transformador, a inteligência artificial apresenta limitações técnicas e metodológicas que restringem sua aplicação autônoma na prática clínica.

Uma das principais preocupações refere-se ao viés algorítmico. Modelos treinados em populações limitadas ou pouco representativas podem apresentar desempenho reduzido quando aplicados a indivíduos de diferentes grupos étnicos, faixas etárias, condições socioeconômicas ou instituições com protocolos distintos de aquisição de imagens. Essa limitação pode resultar em desigualdades diagnósticas e comprometer a segurança do paciente.

Adicionalmente, a qualidade dos dados utilizados para treinamento influencia diretamente o desempenho dos algoritmos. Imagens com artefatos, baixa resolução, erros de rotulagem, informações incompletas ou protocolos heterogêneos podem reduzir a capacidade de generalização dos modelos e aumentar a ocorrência de erros diagnósticos em cenários reais.

3.5 OPACIDADE ALGORÍTMICA E INTERPRETABILIDADE

Grande parte dos sistemas atuais de aprendizado profundo opera como uma “caixa-preta” (black box), na qual o processo decisório interno não é facilmente compreendido pelos usuários. Embora o algoritmo seja capaz de fornecer uma classificação ou previsão, frequentemente não consegue justificar de forma transparente quais características da imagem fundamentaram sua conclusão.

Essa limitação dificulta a correlação clínico-radiológica, reduz a confiança dos profissionais de saúde e cria desafios para validação científica, auditoria e responsabilização em situações de erro diagnóstico. A ausência de rastreabilidade adequada também representa um obstáculo para a implementação de modelos regulatórios e éticos robustos.

Por esse motivo, uma das principais áreas de pesquisa atual é o desenvolvimento da chamada Inteligência Artificial Explicável (Explainable Artificial Intelligence – XAI), que busca tornar os processos decisórios mais transparentes e interpretáveis.

3.6 DESEMPENHO DIAGNÓSTICO E LIMITAÇÕES CONTEXTUAIS

Embora muitos sistemas apresentem elevada sensibilidade para detecção de alterações radiológicas, sua especificidade pode ser inferior à observada em especialistas experientes. Como consequência, ocorre aumento da taxa de resultados falso-positivos, gerando exames desnecessários, maior carga de trabalho para revisão humana e potencial aumento dos custos assistenciais.

Além disso, a IA avalia predominantemente padrões de imagem, sem compreender integralmente o contexto clínico do paciente. Fatores fundamentais para a tomada de decisão médica — como idade, comorbidades, histórico familiar, sintomas, exames laboratoriais, tratamentos prévios e evolução temporal da doença — permanecem dependentes da interpretação humana.

Dessa forma, um achado radiológico isolado identificado pelo algoritmo pode não refletir adequadamente a relevância clínica real daquele paciente específico.

3.7 RISCO DE DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA

Outro desafio relevante é o risco de dependência excessiva dos sistemas automatizados. A utilização indiscriminada da IA pode induzir fenômenos como a "automação acrítica" (automation bias), em que profissionais tendem a aceitar as conclusões do algoritmo sem questionamento adequado.

Esse fenômeno pode comprometer o desenvolvimento do raciocínio diagnóstico, especialmente entre estudantes, residentes e profissionais em formação, reduzindo a capacidade de identificar erros algorítmicos ou situações não contempladas durante o treinamento do modelo.

Portanto, a implementação segura da inteligência artificial exige supervisão humana contínua, treinamento adequado dos profissionais, validação clínica rigorosa e utilização da tecnologia como ferramenta complementar, e não como substituta do julgamento médico especializado.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a incorporação da inteligência artificial à interpretação dos exames de imagem representa uma das mais relevantes inovações da medicina diagnóstica contemporânea, com potencial para ampliar a acurácia, a eficiência e a segurança dos processos assistenciais. Entretanto, apesar dos avanços alcançados, a tecnologia ainda apresenta limitações que impedem sua utilização como substituta da avaliação médica, permanecendo indispensáveis o raciocínio clínico, o julgamento ético e a experiência do profissional na tomada de decisões.

Nesse cenário, a consolidação da IA na prática radiológica depende do desenvolvimento de modelos mais transparentes e confiáveis, do treinamento com bases de dados diversificadas e representativas, da implementação de marcos regulatórios robustos e da capacitação contínua dos profissionais de saúde. Assim, a perspectiva mais promissora não é a substituição do radiologista, mas a construção de uma radiologia aumentada, na qual a inteligência artificial atua como ferramenta complementar, potencializando as capacidades humanas e contribuindo para diagnósticos mais precisos, ágeis e seguros, com benefícios diretos para a qualidade da assistência e para os desfechos clínicos dos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. CFM. Resolução nº 2.454, de 11 de fevereiro de 2026. Uso de Inteligência Artificial na Medicina
2. ANVISA. Guia de Requisitos para Registro de Softwares Médicos com IA. Brasília, 2025
3. Hochhegger B et al. AI em rastreamento de câncer de pulmão: validação em população brasileira. *Radiol Bras.* 2025;58(3):158–165
4. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2024;30(1):44–56
5. Académie Nationale de Médecine. Rapport: Intelligence artificielle en imagerie médicale. Paris, 2026
6. Radiological Society of North America (RSNA). AI in Radiology: Augmentation, Not Replacement. *Radiology.* 2025;304(1):e243052