



DISPOSITIVOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AUXÍLIO DIAGNÓSTICO MÉDICO POR IMAGEM

Ricardo dos Santos Azevedo – rick.azevedo07@gmail.com

Program of Postgraduate in Product and System Engineering - PPGESP - IFBA, Salvador

Marcelo Santana Silva – marcelosilva@ifba.edu.br

Program of Postgraduate in Product and System Engineering - PPGESP - IFBA, Salvador

Rilton Gonçalo Bonfim Primo - rilton@ufba.br

Program of Postgraduate in Industrial Engineering - PEI-UFBA, Salvador

Allan Edgard Silva Freitas - allan@ifba.edu.br

Program of Postgraduate in Industrial Engineering - PPGESP -IFBA, Salvador

Resumo — O uso de inteligência artificial (IA) na área médica tem promovido avanços significativos, especialmente no diagnóstico por imagem. Este estudo realizou uma prospecção tecnológica por meio de busca na base Google Patents, com foco em patentes relacionadas a dispositivos de apoio ao diagnóstico assistido por IA, utilizando códigos da Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) vinculados à classe G06N. Foram identificados 4.096 documentos de patente publicados em escritórios internacionais, como USPTO, EPO, CNIPA e WIPO. A análise temporal revelou um crescimento acentuado a partir de 2016, com pico em 2021, evidenciando o amadurecimento tecnológico do setor apoiado pelo advento do big data, surgimento de tecnologias de processamento massivo barato e democratização de bibliotecas de inteligência artificial como TensorFlow, MONAI e Pytorch. A China lidera o número de depósitos, seguida pelos Estados Unidos, destacando que IA tem caráter estratégico no desenvolvimento nacional para estas duas grandes potências. As principais instituições depositantes incluem grandes corporações tecnológicas. Os resultados indicam que a IA aplicada ao diagnóstico médico por imagem é um campo emergente com alto potencial de impacto clínico, econômico e tecnológico liderado por Estados Unidos e China.

Palavras-chave—Inteligência Artificial, Diagnóstico Médico, Imagens Médicas, Redes Neurais Convolucionais; G06N; Diagnóstico Assistido por Computador.

Abstract— The use of artificial intelligence (AI) in the medical field has driven significant advancements, particularly in medical imaging diagnostics. This study conducted a technological foresight analysis through a search on the Google Patents database, focusing on patents related to AI-assisted diagnostic support devices, using Cooperative Patent Classification (CPC) codes linked to class G06N. A total of 4,096 patent documents were identified, published in international offices such as USPTO, EPO, CNIPA, and WIPO. The temporal analysis revealed a sharp increase starting in 2016, peaking in 2021, highlighting the technological maturation of the sector driven by the advent of big data, the emergence of low-cost massive processing technologies, and the democratization of AI libraries such as TensorFlow, MONAI, and PyTorch. China leads in the number of filings, followed by the United States, emphasizing the strategic role of AI in national development for these two major powers.

Keywords—Artificial Intelligence, Medical Diagnosis, Medical Imaging, Convolutional Neural Networks, G06N, Computer-Aided Diagnosis.

1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico médico é um processo complexo que exige precisão e conhecimento aprofundado, tanto para a detecção precoce de doenças quanto para a definição de tratamentos eficazes. No Brasil, segundo Fioravante (2020), dos 19,4 milhões de pessoas tratadas anualmente em hospitais, cerca de 1,3 milhão sofre pelo menos um efeito colateral decorrente de negligência ou imprudência durante o tratamento. Esses números alarmantes evidenciam a necessidade urgente de aprimorar a precisão e a segurança nos processos diagnósticos e terapêuticos.

Nesse contexto, investigar o papel da inteligência artificial (IA) na prática clínica torna-se essencial para uma implementação eficaz, oferecendo aos profissionais de saúde ferramentas que ampliem sua capacidade analítica e de tomada de decisão (ALOWAIS *et al.*, 2023). A integração de tecnologias de apoio ao diagnóstico baseadas em IA tem demonstrado benefícios significativos, incluindo a redução de custos operacionais, a minimização de erros humanos e a identificação de padrões sutis frequentemente não perceptíveis pela avaliação clínica tradicional (NAZI; PENG, 2023).

Particularmente na área de diagnóstico por imagem, os avanços em técnicas de aprendizado profundo, como as redes neurais convolucionais (CNNs), têm revolucionado a forma como anomalias e alterações estruturais são detectadas em exames como radiografias, tomografias e ressonâncias magnéticas. Esses algoritmos demonstram elevada acurácia na interpretação de imagens médicas, superando, em alguns casos, o desempenho de especialistas humanos (KHALIFA; ALBADAWY, 2024). Além disso, a IA tem mostrado potencial para otimizar fluxos de trabalho em ambientes hospitalares. Em um estudo recente, um sistema automatizado reduziu o tempo médio de interpretação de radiografias de tórax de 11,2 para apenas 2,7 dias, evidenciando o impacto positivo de soluções baseadas em IA na triagem de casos e na agilidade da tomada de decisão clínica (NAJJAR, 2023). Essa capacidade tecnológica é particularmente valiosa em áreas críticas como oncologia, neurologia e doenças pulmonares, onde o diagnóstico precoce é decisivo para o prognóstico.

Paralelamente ao avanço científico, observa-se um crescimento expressivo na quantidade de patentes depositadas envolvendo tecnologias de IA aplicadas à saúde. A prospecção patentária, nesse contexto, torna-se uma ferramenta estratégica para mapear tendências tecnológicas, identificar lacunas de inovação e orientar investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise da produção patentária mundial relacionada a dispositivos baseados em IA voltados ao diagnóstico por imagem, oferecendo uma visão abrangente do estado da arte, principais depositantes e áreas com maior concentração de inovações.

2 METODOLOGIA

2.1 BUSCA INTERNACIONAL

Para a prospecção tecnológica realizada neste estudo, foi utilizada a base de dados do INPI e Google Patents (<https://patents.google.com>), devido ao seu amplo índice de patentes provenientes de escritórios internacionais, tais como:

- United States Patent and Trademark Office (USPTO)
- European Patent Office (EPO)
- Japan Patent Office (JPO)
- World Intellectual Property Organization (WIPO)
- China National Intellectual Property Administration (CNIPA)

A busca foi conduzida utilizando a string de pesquisa presente na tabela 1, estruturada para captar documentos relacionados ao uso de inteligência artificial em diagnóstico por imagem médica, com foco em sistemas de apoio à decisão clínica. A string foi aplicada no campo de busca geral, com a inclusão dos códigos

da Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) referentes à área de inteligência artificial (classe G06N), abrangendo subcategorias como redes neurais artificiais, sistemas especialistas e aprendizado de máquina. Foi realizada a filtragem para incluir apenas documentos classificados nas subclasses G06N e suas ramificações entre os anos de 2010 a 2025. A busca retornou um total de 4.096 documentos de patente (incluindo publicações e famílias internacionais), refletindo o estado da arte em tecnologias de diagnóstico médico por imagem assistidas por IA.

TABELA I
TERMO DA BUSCA INTERNACIONAL DE PATENTES

Termos relacionados a imagem médica	Termos relacionados a sistemas de diagnóstico assistido por computador	Classificações CPC/IPC utilizadas para IA
"MEDICAL IMAGE" OR "MEDICAL IMAGING" AND "MRI"	"AIDED-DIAGNOSIS" OR "COMPUTER-AIDED" OR "COMPUTER-AIDED DETECTION" OR "CAdE" OR "CAdx"	G06N OR G06N10/00 OR /00 OR G06N3/00 OR G06N5/00 OR G06N7/00 OR G06N99/00

Bd

Essas análises visam identificar as tendências tecnológicas emergentes, os agentes mais ativos no setor e potenciais lacunas de inovação no campo de dispositivos de IA aplicados ao diagnóstico por imagem médica.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

A evolução temporal dos depósitos (Figura 1) mostra um cenário típico de emergência tecnológica acelerada: De 2010 a 2016, o número de depósitos permaneceu relativamente baixo, indicando uma fase inicial de pesquisa e desenvolvimento, com pouca maturidade tecnológica. A partir de 2016, observa-se um crescimento exponencial, atingindo seu pico em 2021, com aproximadamente 600 depósitos em um único ano. Esse aumento coincide com a popularização dos métodos de deep learning, especialmente as redes neurais convolucionais (CNNs) aplicadas à análise de imagens médicas. A leve queda observada nos anos subsequentes (2022 e 2023) pode ser atribuída a dois fatores: atraso na publicação dos documentos mais recentes (devido ao tempo de processamento nos escritórios de patente) e uma possível saturação de inovações incrementais nesse campo. Essa curva de crescimento reforça que o tema se encontra em pleno processo de amadurecimento. Segundo XIE *et al.* (2024), a ascensão do uso de inteligência artificial pode ser explicada por três fatores principais. O primeiro está relacionado aos avanços em hardware e à consequente redução dos custos de processamento computacional. Um levantamento realizado por PILZ *et al.* (2025) concluiu que houve uma redução drástica nos custos de processamento massivo entre os anos de 2019 e 2025. O segundo fator refere-se ao desenvolvimento de tecnologias voltadas para a aprendizagem de máquina, como redes neurais artificiais, redes neurais convolucionais e bibliotecas de código aberto — por exemplo, TensorFlow, PyTorch e MONAI — que contribuíram para a democratização do desenvolvimento de soluções em inteligência artificial. Por fim, o terceiro fator corresponde ao advento do Big Data, que possibilitou o acesso a grandes volumes de dados indispensáveis para o treinamento de modelos de inteligência artificial.

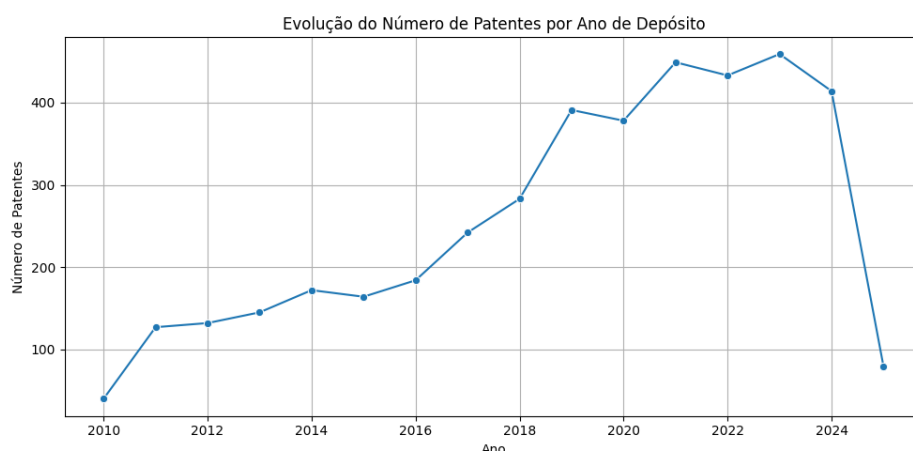
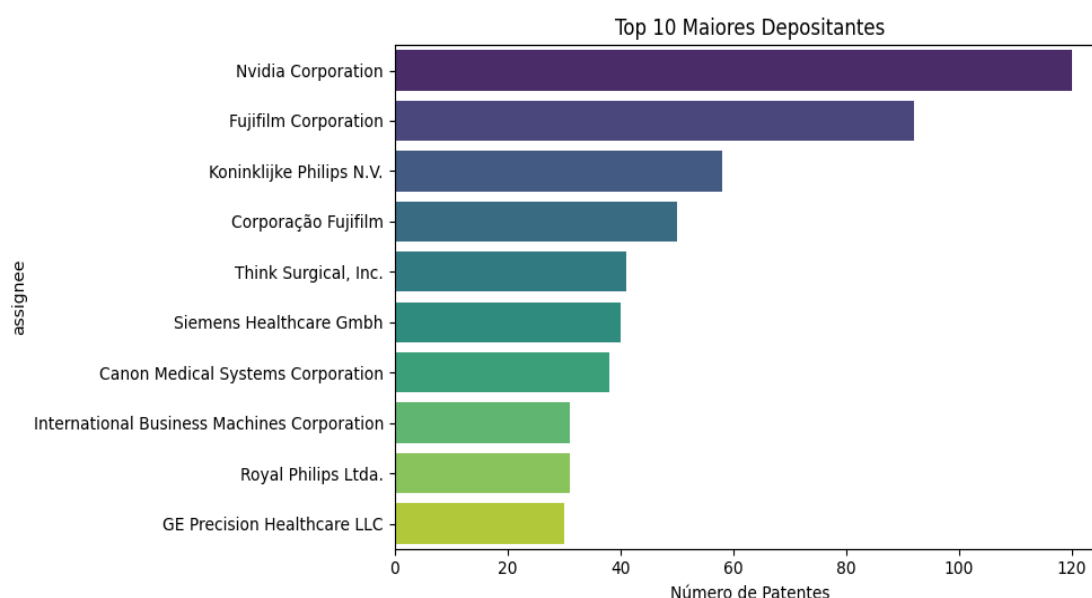


Figura 1. Evolução temporal do depósito de patentes. Fonte: Elaboração própria.

A liderança da Nvidia no ranking de maiores depositantes de patentes (Figura 2) reflete seu papel central no avanço tecnológico da área. A empresa não apenas domina o mercado de hardware especializado, como GPUs de alto desempenho, mas também disponibiliza frameworks de programação, como o CUDA, que viabilizam o desenvolvimento e a execução de algoritmos avançados de diagnóstico por imagem (ILIEVSKI et al., 2018). Pesquisas indicam que a aceleração computacional proporcionada por tecnologias de big data, armazenamento em nuvem e processamento massivo é um fator determinante para treinar redes neurais profundas em grandes conjuntos de dados médicos, possibilitando diagnósticos cada vez mais precisos e rápidos (TOPOL, 2019). Companhias tradicionais do setor, como Siemens Healthcare, Canon Medical Systems e Fujifilm, também figuram entre as principais depositantes. Essa presença é coerente com estudos que apontam a crescente integração de soluções de IA em equipamentos de diagnóstico por imagem, incluindo sistemas de ressonância magnética e tomografia computadorizada (WILLEMINK et al., 2020). A aparição da Fujifilm sob duas denominações (“Fujifilm Corporation” e “Corporação Fujifilm”) pode refletir estratégias diferenciadas de proteção intelectual, possivelmente relacionadas a subsidiárias ou operações regionais específicas. A IBM (International Business Machines) aparece no ranking provavelmente devido ao Watson Health, sistema voltado à oncologia e ao diagnóstico assistido por IA, embora a empresa tenha enfrentado desafios relacionados à validação clínica de algumas de suas soluções (STRIKLAND, 2019). A Philips, listada sob diferentes variações de nomenclatura corporativa (Koninklijke Philips N.V. e Royal Philips Ltda.), evidencia uma estratégia global robusta de depósito de patentes, algo frequente em multinacionais que buscam resguardar inovações em múltiplas jurisdições. A presença da Think Surgical - empresa de robótica voltada para área cirúrgica - destaca o interesse da robótica cirúrgica apoiada por inteligência artificial, evidenciando o interesse em soluções que auxiliam procedimentos complexos de forma mais precisa e menos invasiva. Já a GE Precision Healthcare reforça a tendência de investimentos direcionados a ferramentas de diagnóstico personalizadas, integrando IA para oferecer análises adaptadas às características individuais de cada paciente. A concentração de patentes e investimentos em grandes corporações como Nvidia, Philips e Fujifilm pode acelerar o desenvolvimento tecnológico e consolidar soluções eficientes para diagnóstico médico. Entretanto, essa mesma concentração suscita um conjunto relevante de questionamentos de ordem ética, social e econômica. A predominância de poucos atores globais no cenário de patentes e investimentos pode conduzir a uma dependência estrutural do mercado em relação a essas corporações, limitando a diversidade de fornecedores e enfraquecendo a competitividade do setor. Além disso, o domínio de tecnologias essenciais por um grupo restrito de empresas pode ampliar barreiras de acesso para instituições de saúde de menor porte ou países em desenvolvimento, dificultando a disseminação equitativa dos benefícios trazidos pela inteligência artificial médica. Nesse contexto, emerge um debate necessário acerca do equilíbrio entre inovação acelerada,

livre concorrência e democratização do acesso às tecnologias que moldarão o futuro do diagnóstico médico assistido por computador.

Figura 2. Top 10 maiores despositantes de patentes



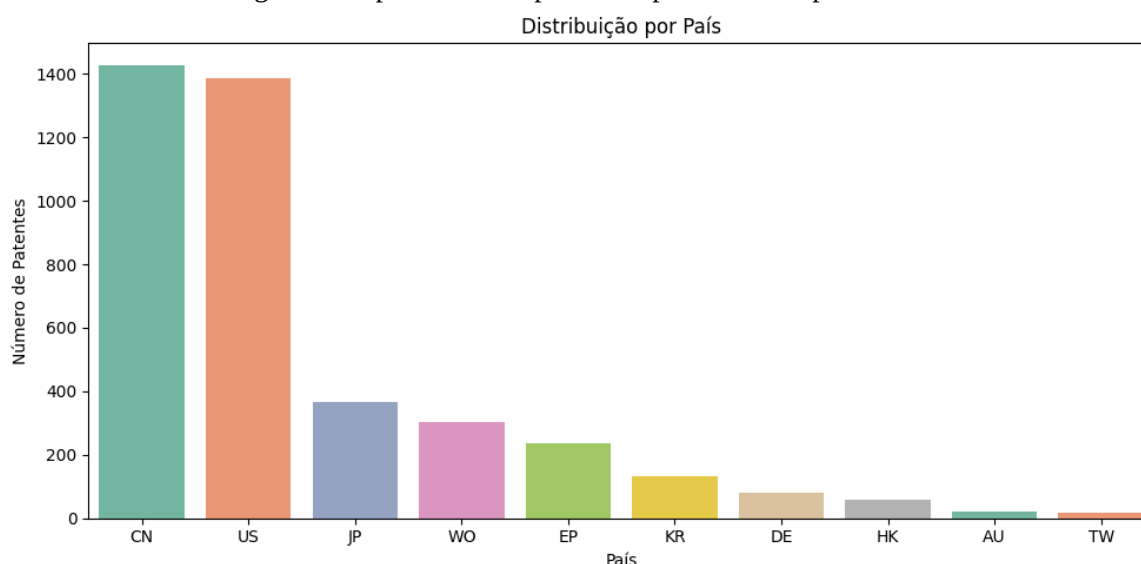
Fonte: Elaboração própria.

A análise da distribuição global de patentes em diagnóstico médico por imagem guiado por computador (Figura 3) revela um claro protagonismo da China (CN) e dos Estados Unidos (US), que juntos concentram a maior parte dos depósitos, ultrapassando significativamente outros países. A China lidera com mais de 1.400 patentes, resultado de fortes investimentos governamentais em inteligência artificial e inovação em saúde digital, alinhados às políticas nacionais de avanço tecnológico (HIRATUKA *et al.*, 2025). Os EUA aparecem logo em seguida, com um volume semelhante de patentes, impulsionados pelo ecossistema de pesquisa avançada, empresas de tecnologia e regulamentações que aceleram a aprovação de soluções médicas baseadas em IA (UNITED STATES, 2025). Em um segundo patamar, Japão (JP), Escritório Mundial da Propriedade Intelectual (WO), Escritório Europeu de Patentes (EP), Coreia do Sul (KR) e Alemanha (DE) apresentam números menores, mas ainda expressivos. Essa concentração nas duas primeiras potências e a presença de outros polos de inovação reforçam o caráter competitivo e global da corrida tecnológica para integrar IA ao diagnóstico por imagem, com impacto direto no futuro da medicina personalizada e baseada em dados.

Entretanto, essa forte assimetria na titularidade de patentes suscita debates de ordem geopolítica, econômica e ética. A predominância de apenas alguns países no controle da propriedade intelectual em uma área estratégica para a saúde pública mundial levanta questionamentos sobre dependência tecnológica e desigualdade de acesso.

Isso ocorre porque a situação de assimetria global, que exclui estruturalmente países, regiões e populações do acesso à saúde, é um reflexo também de uma divisão internacional do trabalho na qual alguns países se tornam meros consumidores de tecnologia enquanto outros definem o padrão tecnológico vigente, o que os leva a deter um domínio geopolítico que incide sobre as políticas públicas, inclusive as de saúde. (GADELHA, 2018, 283)

Figura 3. Top 10 maiores países depositantes de patentes



Fonte: Elaboração própria.

4 CONCLUSÕES

O número de depósitos de patentes em diagnóstico por imagem assistido por inteligência artificial (IA) permaneceu baixo entre 2010 e 2016, entrando em crescimento exponencial a partir de 2016, com pico em 2021, impulsionado pela popularização do deep learning, especialmente redes neurais convolucionais aplicadas à medicina. Após 2021, houve uma leve queda, seguida de um aumento nos anos de 2022-2023 indicando um processo de estabilização da produção tecnológica no setor.

Três fatores explicam a ascensão da IA: avanços em hardware com redução de custos, desenvolvimento de tecnologias de machine learning e o advento do Big Data, que possibilitou o treinamento de modelos com grandes volumes de dados. A Nvidia lidera o ranking das maiores depositantes de patentes, destacando-se no mercado de hardware especializado e frameworks para IA. Outras grandes empresas como Siemens, Canon, Fujifilm, IBM, Philips, Think Surgical e GE Precision Healthcare também figuram entre os principais depositantes, evidenciando investimentos robustos em diagnóstico e robótica cirúrgica assistidos por IA.

A concentração de patentes em grandes corporações levanta questões éticas, econômicas e sociais, como a dependência do mercado em poucos atores, a limitação da diversidade de fornecedores e o difícil acesso a essas tecnologias por países em desenvolvimento e instituições menores, suscitando um debate sobre o equilíbrio entre inovação, competição e democratização do acesso.

Geograficamente, China e Estados Unidos dominam o cenário de patentes, com mais de 1.400 patentes cada, seguidos por Japão, Coreia do Sul, União Europeia e Alemanha. Essa assimetria gera preocupações sobre dependência tecnológica e desigualdade no acesso a inovações médicas. Por fim, a análise de patentes confirma uma intensa atividade inovadora no campo do diagnóstico por imagem com IA, apontando para um mercado



global em crescimento, liderado por grandes corporações tecnológicas, e destacando a importância da prospecção patentária para identificar tendências e oportunidades no setor da saúde.

REFERENCES

- ALOWAIS, S. A. et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, London, v. 23, n. 1, p. 689, 2023. DOI: 10.1186/s12909-023-04698-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- FIORAVANTE, C. **Um diagnóstico do erro médico**. São Paulo: FAPESP, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/UM-DIAGNOSTICO-DO-ERRO-MEDICO/>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- GADELHA, Carlos Augusto Grabois et al. Transformações e assimetrias tecnológicas globais: estratégia de desenvolvimento e desafios estruturais para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 7, p. 2119–2132, jul. 2018. DOI: 10.1590/1413-81232018237.09452018.
- HIRATUKA, Célio; DIEGUES, Antônio Carlos. Artificial Intelligence in the development strategy of contemporary China. **Brazilian Journal of Political Economy**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. e253636, 2025. DOI: 10.1590/0101-31572025-3636.
- ILIEVSKI, A.; ZDRAVESKI, V.; GUSEV, M. How CUDA powers the machine learning revolution. In: TELECOMMUNICATIONS FORUM (TELFOR), 26., 2018, Belgrade. **Anais...** Belgrade: IEEE, 2018. p. 420–425. DOI: 10.1109/TELFOR.2018.8611982.
- KHALIFA, Mohamed; ALBADAWY, Mona. AI in diagnostic imaging: revolutionising accuracy and efficiency. **Computer Methods and Programs in Biomedicine Update**, [S.l.], v. 5, p. 100146, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2024.100146>. Acesso em: 14 jun. 2025.
- NAJJAR, R. Redefining radiology: a review of artificial intelligence integration in medical imaging. **Diagnostics**, Basel, v. 13, n. 17, p. 2760, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13172760>. Acesso em: 14 jun. 2025.
- NAZI, Zabir Al; PENG, W. Large language models in healthcare and medical domain: A review. **arXiv** (Cornell University), 12 dez. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2401.06775>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- PILZ, Konstantin F.; SANDERS, James; RAHMAN, Robi; HEIM, Lennart. Trends in AI Supercomputers. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2504.16026>. Acesso em: 2 ago. 2025.
- STRICKLAND, E. IBM Watson, heal thyself: How IBM overpromised and underdelivered on AI health care. **IEEE Spectrum**, New York, v. 56, n. 4, p. 24–31, abr. 2019. DOI: 10.1109/MSPEC.2019.8678513.
- TOPOL, Eric J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. **Nature Medicine**, New York, v. 25, n. 1, p. 44–56, 2019. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7.
- UNITED STATES. White House unveils America's AI Action Plan. The White House, 31 jul. 2025. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/articles/2025/07/white-house-unveils-americas-ai-action-plan/>. Acesso em: 2 ago. 2025.
- WILLEMINK, M. J. et al. Preparing Medical Imaging Data for Machine Learning. **Radiology**, Oak Brook, v. 295, n. 1, p. 4–15, abr. 2020. DOI: 10.1148/radiol.2020192224. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7104701/>. Acesso em: 2 ago. 2025.
- XIE, Y.; ZHAI, Y.; LU, G. Evolution of artificial intelligence in healthcare: a 30-year bibliometric study. **Frontiers in Medicine**, Lausanne, v. 11, p. 1505692, 15 jan. 2025. DOI: 10.3389/fmed.2024.1505692. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1505692>. Acesso em: 2 ago. 2025.