

O papel do Brasil na dinâmica de produção científica sobre novas tecnologias em serviços de saúde.

The role of Brazil in the dynamics of scientific production on new technologies in health services.

Autores

João Henrique Silva Rizzetto¹

Brunna Verna Castro Gondinho²

¹Universidade de São Paulo - USP.

²Universidade Estadual do Piauí - UESPI. Parnaíba - PI, Brasil

Resumo

O uso de novas tecnologias como Machine Learning, Deep Learning, Big Data e Inteligência Artificial está crescendo nos sistemas de saúde globalmente. Este artigo analisa a produção e incorporação desse conhecimento, destacando que a tecnologia é influenciada por relações sociais, podendo ampliar o acesso à saúde ou aumentar a desigualdade. A pesquisa no banco de dados Medline analisou 36.803 artigos de 2014 a fevereiro de 2024, utilizando RStudio, bibliometrix e VOSviewer para análise. Desde 2013, foram encontrados 36.803 artigos, com um aumento significativo de publicações a partir de 2017, chegando ao pico em 2022. No Brasil, foram encontrados 540 artigos, predominantemente de universidades públicas do sudeste, indicando uma produção científica ainda marginal comparada aos dados globais.

Descritores: Aprendizado de Máquina; Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação; Inteligência Artificial

Keywords: Machine Learning; Science, Technology and Innovation Indicators; Artificial Intelligence

Palabras-claves: Aprendizaje Automático; Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación; Inteligencia Artificial

1. INTRODUÇÃO

Entre promessas e anseios, o uso de novas tecnologias computacionais está em constante expansão nos sistemas de saúde do mundo¹. Nascimento Neto et al.² (2020) dividem as novas tecnologias em três grandes eixos: I) o eixo das tecnologias de informação e comunicação (TICs) - ferramentas de comunicação em pequena e grande escala; II) o eixo das ferramentas de mineração de dados – técnica computacional de reconhecimento de padrões, estatísticas, banco de dados e visualização, para conseguir extrair informações de grandes bases de dados; III) eixo da Inteligência artificial e dos métodos de otimização – ramo da ciência da computação que aproxima a análise computacional ao pensamento humano, com capacidade de aprendizagem e armazenamento de conhecimento.

No âmbito das TICs, os sistemas de saúde estão adotando prontuários eletrônicos e ferramentas de comunicação remota para a realização da telemedicina. No eixo de mineração de dados, o destaque recai sobre o Big Data, que é a capacidade computacional de análise de padrões em conjuntos massivos de dados. Por fim, no domínio da Inteligência Artificial, observam-se técnicas de Aprendizado de Máquina, ou “Machine Learning” (ML) em inglês, que permite o desenvolvimento de algoritmos capazes de aprender e prever desfechos a partir dos dados. Neste eixo, também se encontra processamento o Aprendizado Profundo, ou “Deep Learning” (DL) em inglês que possibilita ao computador de reconhecer padrões e reproduzir imagens ou fala/escrita humana.

Em meio às promessas do uso destas tecnologias, a literatura científica aponta para a possibilidade da inteligência artificial (IA) aprimorar os serviços de saúde e medicina e fortalecer a cobertura de saúde. Os benefícios resultantes da adoção dessas ferramentas incluem melhoria da precisão diagnóstica, melhoraria do cuidado clínico, avanços em pesquisa médica, avanços no desenvolvimento de medicamentos, apoio na vigilância de doenças, aumento da velocidade de resposta a surtos e facilitação da gestão de sistemas de saúde^{3,4}.

Em relação aos anseios, a literatura aponta para as questões éticas como privacidade, potenciais riscos à segurança do paciente, o uso predatório de dados, a mercadologização da saúde e a reconfiguração das relações público-privada com

enfraquecimento de sistemas de saúde nacionais⁵⁻⁷. Milan e Treré⁸ (2022) apontam para riscos aumentados nos países à margem do capitalismo central, como o Brasil, incluindo prejuízo dos direitos humanos ou criação de novas formas de discriminação.

Para Gadelha⁹ (2021), a implementação das tecnologias pertencentes à Quarta Revolução Industrial pode ameaçar a visão coletiva da saúde e da solidariedade pois se propõe a uma solução técnico-gerencialista com maior segmentação do cuidado para com a saúde. Para o autor a ciência, a tecnologia e a inovação não são neutras, tendo seu direcionamento definido pelas relações sociais, que podem impulsionar o avanço científico para a ampliação de acesso à saúde ou, na direção oposta, pode aumentar a fragmentação, a exclusão e a desigualdade, de acordo com o padrão e a direção do progresso técnico e de seu uso social.

Devido a não neutralidade do conhecimento científico, faz-se importante analisar onde este conhecimento é produzido e como é difundido. Com essa problemática, este artigo se objetiva a explorar a dinâmica internacional de publicações sobre a aplicação das novas tecnologias em sistemas de saúde, através da exploração bibliométrica dos artigos, para evidenciar os principais autores, revistas e instituições que produzem conhecimento de referência mundial sobre o tema. Além disso, pretende-se analisar a evolução dos termos mais utilizados no campo e o papel do Brasil nesta dinâmica, analisando a colaboração de autores brasileiros com outros países.

2. MÉTODO

Para investigar a produção científica, foi optado pela realização de uma revisão bibliométrica, que é um método rigoroso de exploração quantitativa e estatística de um grande volume de dados científicos, eficiente para medir a produção e disseminação do conhecimento científico de um tema¹⁰⁻¹³.

Como postulado por Donthu¹⁰(2021), a revisão seguiu 4 passos: 1) Definição do objetivo e escopo do estudo bibliométrico; 2) Escolha da técnica de análise bibliométrica; 3) Coleta de dados bibliométrico; 4) Realização da análise bibliométrica e apresentação dos resultados.

2.1 Definição do objetivo e escopo do estudo bibliométrico

O objetivo do estudo foi analisar a dinâmica da produção científica sobre as novas tecnologias nos serviços de saúde ao longo dos últimos 10 anos, utilizando

como fonte de dados a PubMed, uma base amplamente reconhecida no meio científico. A escolha da PubMed se justifica pela sua reputação como um serviço de referência para a busca de artigos científicos¹⁴. Operado pela National Library of Medicine (NLM) nos Estados Unidos, esse banco de dados utiliza descritores de saúde chamados de “Medical Subject Headings” (MeSH) para indexar os assuntos abordados nos artigos. A PubMed é parte integrante do Medline, uma base de dados que abrange artigos de diversas revistas de renome internacional nas áreas de Ciências da Saúde e Biomédicas.

Os descritores MeSH selecionados foram termos mais abrangentes, divididos em dois pólos: o do fenômeno e do contexto. No pólo dos fenômenos das novas tecnologias, foram selecionados os descritores "Big Data", "Artificial Intelligence" e "Digital Health", combinados pelo operador booleano OR. No pólo do contexto, foi utilizado o descritor "Health Care Category". Ambos pólos foram conectados pelo operador booleano AND , resultando na sintaxe ("Big Data"[Mesh] OR "Artificial Intelligence"[Mesh] OR "Digital Health"[Mesh]) AND "Health Care Category"[Mesh].

2.2 Escolha da técnica de análise bibliométrica

Segundo Donthu¹⁰ (2021), as técnicas de análise bibliométrica podem ser divididas em duas categorias. A primeira é a análise de desempenho, que avalia as contribuições dos componentes pesquisados – como autores, instituições, países e revistas – com o objetivo de compreender a produtividade, impacto e influência dos componentes de pesquisa em determinado campo.

A segunda categoria é o mapeamento científico, que visa examinar as relações entre componentes de pesquisa, enfatizando interações intelectuais e conexões estruturais entre eles para descobrir a estrutura intelectual de um campo de pesquisa.

Por fim, ambas análises podem ser complementadas pelas métricas de rede (em inglês “networking”) que evidenciam as relações entre instituições e países no campo científico determinado.

Esta pesquisa realizou a análise de desempenho do campo, com um breve mapeamento científico através das palavras mais utilizadas. Por fim, a análise foi complementada pela análise de rede.

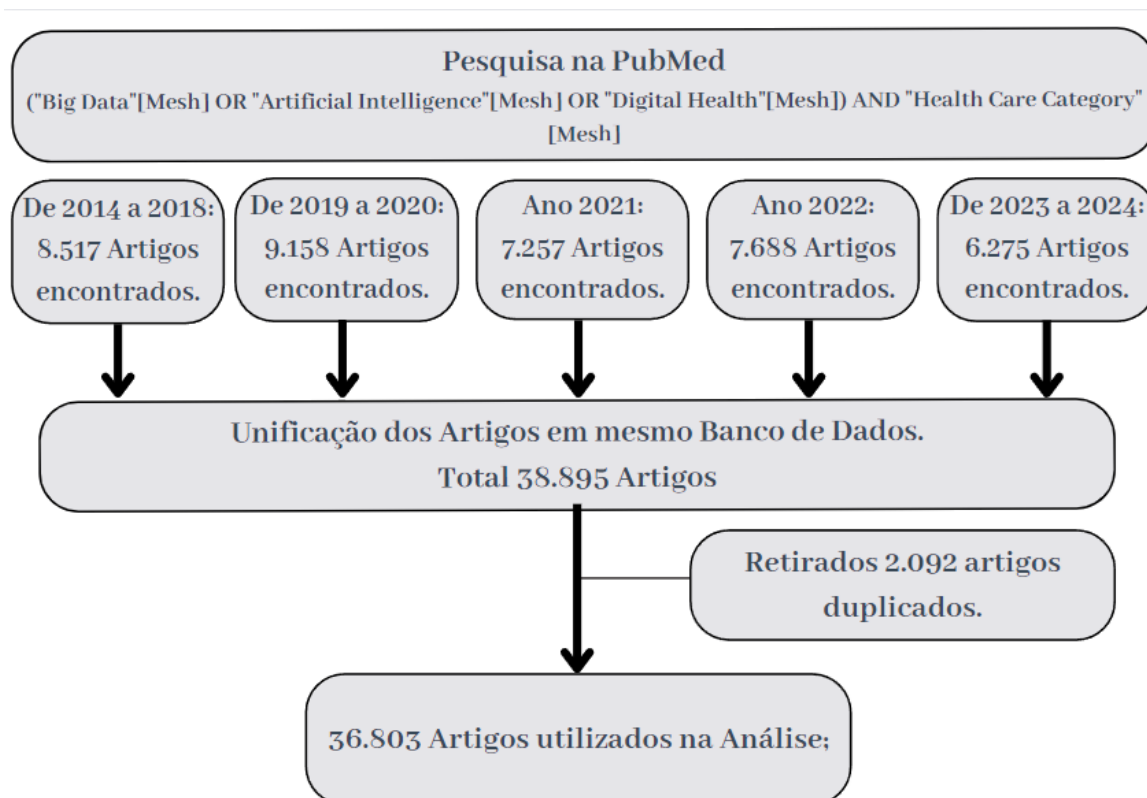
2.3. Coleta de dados bibliométrica

A coleta de dados, realizada em 24 de fevereiro de 2024, abrangeu um período de 10 anos. Realizou-se um refinamento dos trabalhos encontrados por meio da aplicação de filtros oferecidos pelo mecanismo de busca da base. Selecionou-se apenas artigos com texto completo em livre acesso, classificados como "FULL FREE ARTICLES" e excluíram-se preprints utilizando a opção "EXCLUDE PRE PRINTS". Não houve filtragem adicional para áreas do conhecimento, países ou idiomas, abrangendo todos os registros de publicações que contivessem os três termos em associação.

A busca inicial identificou 36.824 artigos. Devido à limitação de exportação de 10.000 artigos pela base PubMed, optou-se por realizar a exportação em cortes temporais, resultando nas seguintes categorias: artigos de 2014-2018 (8.517), artigos de 2019-2020 (9.158), artigos de 2021 (7.257), artigos de 2022 (7.688) e artigos de 2023-2024 (6.275).

Posteriormente, procedeu-se à unificação das exportações e à exclusão de artigos duplicados (2.092 artigos) utilizando o software Rstudio e a biblioteca "bibliometrix", resultando em 36.803 artigos para análise.

Figura 1 – Metodologia de busca e triagem de artigos



2.4. Realização da análise bibliométrica e apresentação dos resultados

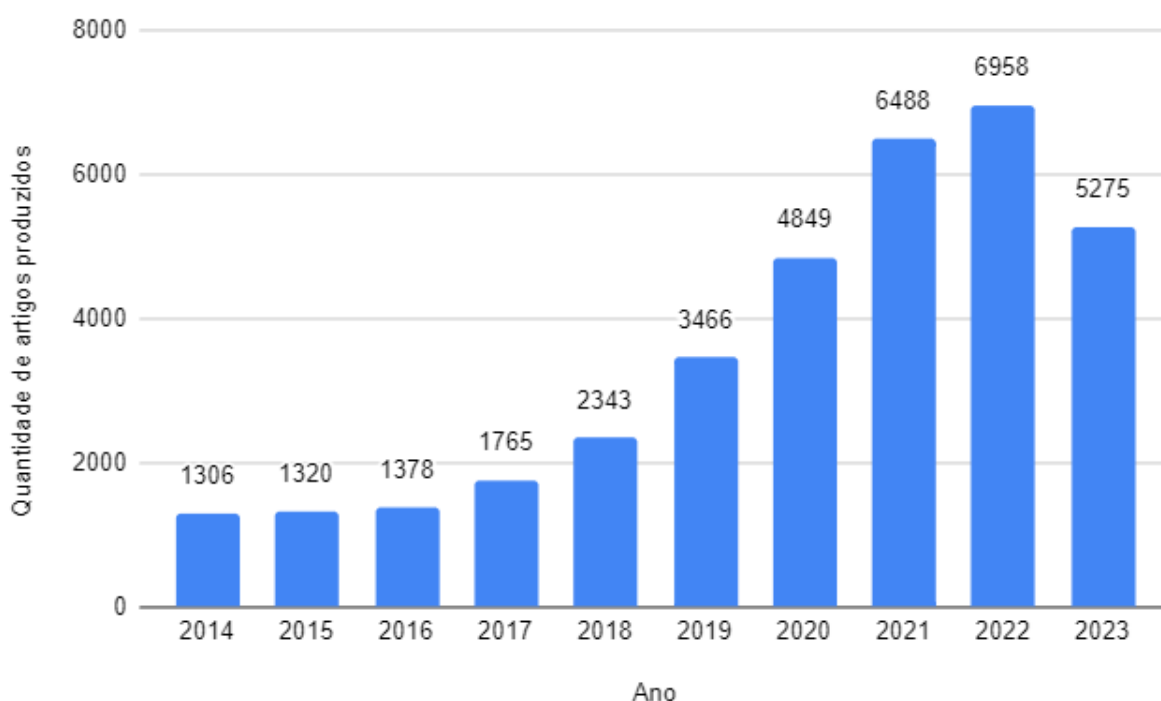
Para a análise de dados e geração de gráficos, foi utilizado o software de análise de conteúdo VOSviewer¹⁵ e a ferramenta Biblioshiny da biblioteca bibliometrix¹⁶. O bibliometrix é um pacote escrito em linguagem de programação R, de acesso livre, que oferece ferramentas para realizar análises bibliométricas. O pacote foi utilizado para carregamento de dados, conversão, exclusão de registros duplicados, análise descritiva dos bibliográficos e criação de gráficos.

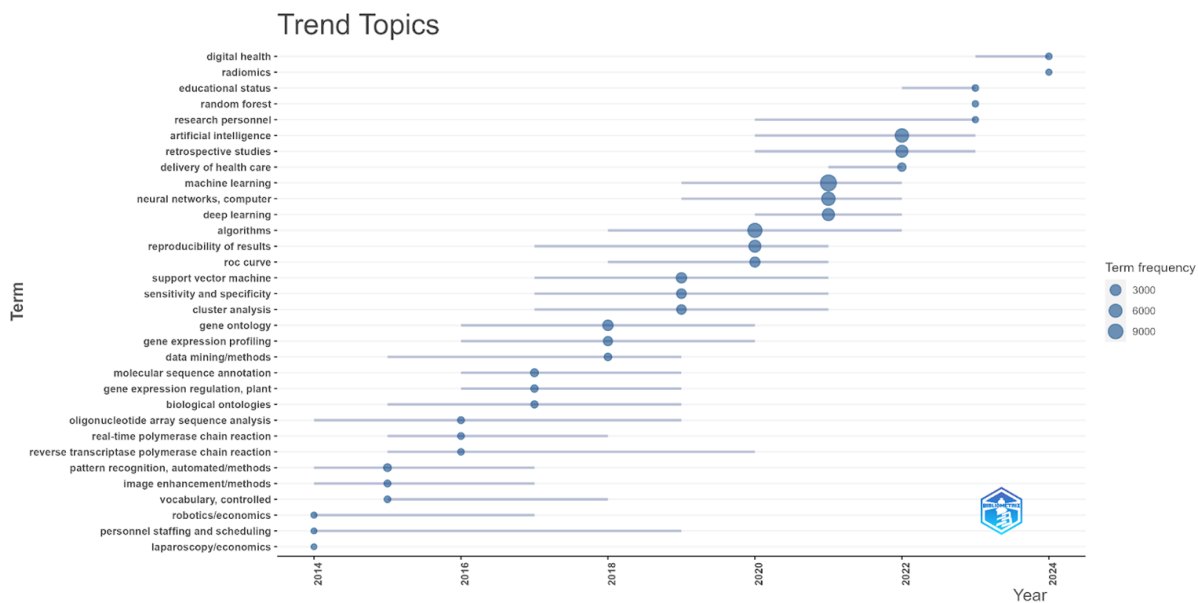
3 RESULTADOS

3.1 Produção científica

Desde 2013, foram encontrados na base de dados Pubmed 36.803 artigos publicados em 2.606 fontes, por 111.036 autores. Considerando somente os anos concluídos, de 2014 a 2023 a produção anual foi a representada na Figura 2.

Figura 2 – Número de Publicações por ano





3.3 Locais de Publicação

A maioria das publicações se concentram em países do norte global, mais especificamente Europa Ocidental e Estados Unidos. As revistas possuem métricas da Scopus e do Google mistas. Ambos os dados estão evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais revistas científicas

Revistas	Número de Publicações	País	CiteScore (Scopus) 2023	H5 (google)
Scientific Reports	2913	Inglaterra	7,5 (P92)	210
Plos One	2829	Estados Unidos	6,2 (P89)	212
Sensors (Basel, Switzerland)	2309	Suíça	7,3 (P83)	168
Computational Intelligence And Neuroscience	922	Inglaterra	N/A	N/A
International Journal Of Environmental Research And Public Health	724	Suíça	7,3 (P86)	201
Journal Of Biomedical Informatics	586	Estados Unidos	8,9 (P83)	68
Journal Of Medical Internet Research	577	Alemanha	14,4 (P95)	146
BMC Medical Informatics And Decision Making	518	Inglaterra	7,2 (P89)	59
Computational And Mathematical Methods In Medicine	484	Inglaterra	N/A	N/A
BMC Bioinformatics	459	Inglaterra	5,7 (P88)	80
Journal Of The American Medical Association : Jamia Informatics	430	Inglaterra	14,5 (P96)	78
Nature Communications	365	Inglaterra	24,9 (P97)	349

International Journal Of Molecular Sciences	363	Suíça	8,1 (P90)	215
Amia ... Annual Symposium Proceedings. Amia Symposium	344	Estados Unidos	2,1 (P62)	N/A
Biomed Research International	342	Estados Unidos	6,7 (P76)	103

O Citescore 2023 é uma métrica da Scopus com o objetivo de avaliar o impacto das revistas. Ele avalia a quantidade de citações de artigos recebidos entre 2020 e 2023 dividido pelo número de publicações neste ano. A maior parte das revistas estão acima do percentil 80.

O índice H5, calculado pelo Google Acadêmico, h5 é o maior número h tal que h artigos publicados em uma revista nos últimos cinco anos tenham pelo menos h citações cada.

As revistas “Computational Intelligence And Neuroscience” e “Computational And Mathematical Methods In Medicine” pertencem à editora Hindawi e não tem suas métricas avaliadas pela Scopus.

3.4 Principais Afiliações e Nacionalidades

Observa-se que as instituições com mais publicações sobre o tema estão majoritariamente localizadas no Norte Global, excetuando-se a China. Nos Estados Unidos, encontram-se as quatro universidades que lideram em número de publicações (Tabela 2).

Tabela 2 – Principais afiliações

País	Afiliação	Artigos
Estados Unidos da América	University of California	3348
Estados Unidos da América	Harvard Medical School	2766
Estados Unidos da América	Stanford University	2252
Estados Unidos da América	University of Pennsylvania	1730
Canadá	University of Toronto	1471
Estados Unidos da América	University of Michigan	1430
Estados Unidos da América	Mayo Clinic	1219
China	Fudan University	1189
Reino Unido	University of Oxford	1177
Reino Unido	University College of London	1103
Estados Unidos da América	University Of Washington	1079
Estados Unidos da América	Icahn School Of Medicine At Mount Sinai	1078
China	Huazhong University Of Science And Technology	1076
China	Sun Yat-Sen University	1039

Ao contabilizar a nacionalidade dos autores – contabilizando todos os autores para publicações com coautorias, nota-se a prevalência dos pesquisadores das duas principais economias mundiais: Estados Unidos e China (Tabela 3).

Tabela 3 – Principais nacionalidades de autores

País	Nacionalidade Autor	Porcentagem
China	64313	25,6%
EUA	54413	21,6%
Alemanha	13420	5,3%
Coréia do Sul	11137	4,4%
Itália	9988	4,0%
Japão	9246	3,7%
Canadá	8676	3,5%
Países Baixos	6658	2,6%
França	6508	2,6%
Espanha	5999	2,4%
Austrália	5989	2,4%
Índia	4573	1,8%
Reino Unido	4014	1,6%
Suíça	3870	1,5%
Brasil	2997	1,2%
Suécia	2532	1,0%
Singapura	2370	0,9%
Irã	2291	0,9%
Dinamarca	1945	0,8%
Bélgica	1932	0,8%

Arábia Saudita	1821	0,7%
Áustria	1654	0,7%
Israel	1487	0,6%
Finlândia	1430	0,6%
Noruega	1386	0,6%

3.5 Publicações com texto em português

No banco de dados, constam 540 publicações com autores brasileiros. Na Figura 5 observa-se o número destas publicações por ano de 2014 a 2023, observando o aumento a partir de 2018. As principais afiliações brasileiras estão relacionadas a universidades públicas do sudeste (Tabela 4).

Figura 5 – Número de Publicações por ano de autores brasileiros

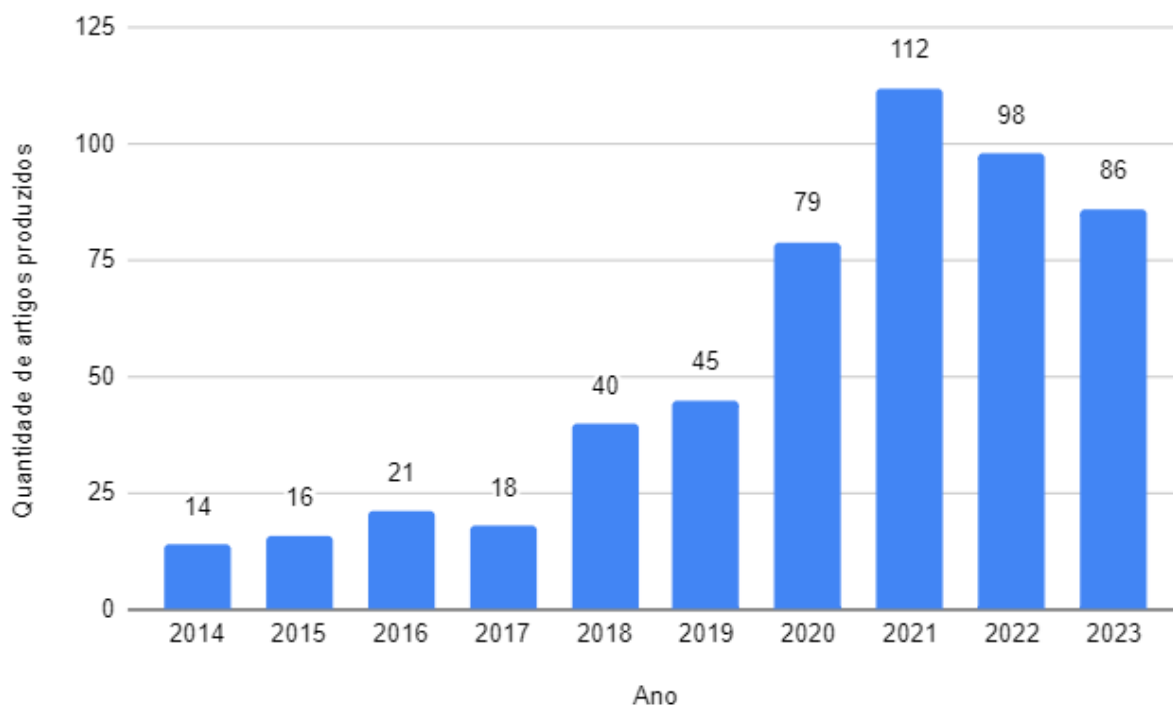


Tabela 4 – Principais afiliações dos autores brasileiros

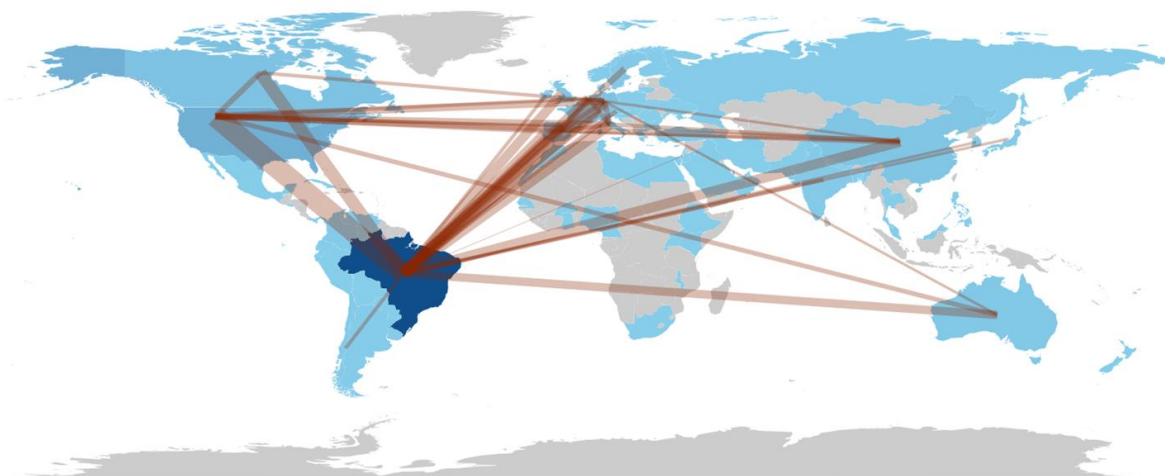
Filiação	Número de Artigos
Universidade De São Paulo	306
Universidade De Campinas	120
Universidade Federal De São Paulo	118
Universidade Federal De Minas Gerais	85
Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte	74
King's College London	67
Universidade Federal De Pernambuco	63
University Of Pennsylvania	61
Duke University	59
Universidade Estadual Paulista	58
Harvard Medical School	46
University College London	41
Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul	40
Instituto Nacional Do Câncer	37
University Of Oxford	35
Hospital Israelita Albert Einstein	32

Ao analisar as publicações que possuem autores de outra nacionalidade em coautoria (Tabela 5 e Figura 5), observa-se que os autores brasileiros publicam principalmente com autores do norte global.

Tabela 5 – Nacionalidade dos autores em coautoria com autores brasileiros

País em Colaboração	Artigos
Estados Unidos da América	114
Canadá	46
Alemanha	45
Espanha	39
Itália	36
China	32
França	30
Reino Unido	30
Países Baixos	28
Portugal	28
Austrália	25
Suíça	20
Suécia	18
Áustria	14
Índia	13
Chile	12

Figura 5 – Análise de relação de países em coautoria com autores brasileiros.



4. DISCUSSÃO

Há um aumento de produção no tema ao longo dos anos, principalmente liderados por instituições dos EUA, China e Europa, mantendo a tendência demonstrada pelo estudo bibliométrico de Tran et al.¹⁷(2019). O Brasil ocupa uma posição marginal na produção científica sobre novas tecnologias em saúde. Isso pode ser consequência da subordinação do Brasil, um país periférico, em relação aos países centrais, refletindo a estrutura de dependência tecnológica vigente descrita por Silveira¹⁹(2021).

Entretanto, é necessário realizar ressalvas à afirmação de produção marginal devido a limitação metodológica deste artigo. Foram avaliados apenas artigos em inglês indexados em um dos principais bancos de dados de saúde internacionais. A produção brasileira em português e espanhol não foi quantificada no estudo, tampouco o impacto das revistas brasileiras ou latino-americanas que publicam sobre o tema. Além disso, o estudo mostra o impacto geral de cada revista, mas não a importância individual de cada artigo publicado, utilizando uma suposição que aproxima a análise quantitativa da análise qualitativa.

Embora exista essa limitação de análise, ao considerar a relevância da literatura internacional e os artigos em inglês como referências científicas mais consumidas, é provável que nossos pesquisadores, trabalhadores e gestores se depararem frequentemente com soluções desenvolvidas para sistemas de saúde com valores e desafios diferentes dos do SUS. Por exemplo, os desafios enfrentados pelo sistema de saúde dos Estados Unidos, onde empresas que visam lucro são as principais responsáveis pelos serviços sociais, são substancialmente diferentes dos

desafios do sistema nacional brasileiro, que enfatiza a justiça social, a equidade e a solidariedade¹⁹.

A desigualdade de produção científica corrobora com a hipótese de colonialismo de dados²⁰ que sugere que é mais econômico importar soluções prontas do que desenvolver novas tecnologias localmente¹⁸. O subfinanciamento da ciência nos afasta da soberania tecnológica, forçando-nos a consumir mais literatura e produtos de países centrais, incluindo soluções de “big techs”, expondo dados sensíveis da população brasileira a grandes empresas que aprimoram suas ferramentas.

A este cenário, soma-se a constatação de que a Estratégia Digital Brasileira não incluiu suas universidades e centros de pesquisa como um importante diferencial para criar soluções de IA¹⁸. Por conseguinte, os riscos para o SUS são ampliados, pois o avanço das políticas neoliberais enfraquecem os investimentos públicos em universidades, pesquisa e sistemas nacionais de saúde.

É fundamental encontrar um caminho brasileiro para o campo, priorizando a formação de pesquisadores capazes de desenvolver nossas próprias tecnologias para o setor público e capazes de analisar criticamente as ferramentas produzidas em outros países ou voltadas para o sistema privado.

Nosso caminho deve evitar tanto a tecnofobia (negação das melhorias possíveis com o uso de novas tecnologias) quanto a tecnofilia (assimilação acrítica de toda nova tecnologia como solução para todos os problemas do sistema). Este caminho só pode ser trilhado na contramão dos valores neoliberais e da restrição de gastos estatais, através do fortalecimento das universidades públicas, da carreira de pesquisadores e do desenvolvimento de campos tecnológicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou um aumento na produção científica sobre novas tecnologias computacionais em serviços de saúde, com liderança dos EUA, China e países da Europa Ocidental. Os descritores utilizados na pesquisa indicaram uma mudança nos temas abordados, com uma centralidade nas técnicas computacionais nas publicações mais recentes, especialmente a partir de 2020.

Apesar de apresentar crescimento na sua produção sobre o tema, o Brasil ainda apresenta uma participação marginal ao se comparar com a literatura

internacional. Essa baixa produção científica no contexto mundial aumenta os riscos de incorporação de soluções tecnológicas no SUS que foram desenvolvidas em países que não enfrentam os mesmos desafios que o Brasil.

Para mitigar esses riscos, é crucial que o Brasil invista na formação de seus próprios pesquisadores na área e reduza a dependência de parcerias público-privadas para o desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, garante-se que a produção científica das universidades e centro de pesquisas do setor público estejam alinhadas com as necessidades da população e do sistema de saúde, promovendo soluções mais adequadas ao contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Habehh H, Gohel S. Machine Learning in Healthcare. *Curr Genomics*. 2021; 22(4):291-300.
2. Nascimento CD Neto do, Borges KFL, Penina PO, Pereira AL. Inteligência artificial e novas tecnologias em saúde: desafios e perspectivas / Artificial intelligence and new health technologies: Challenges and prospects. *Braz. J. Develop*. 2020; 6(2):9431-45.
3. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019; 25(1):44-56.
4. Organização Mundial de Saúde. Ethics and governance of artificial intelligence for health. www.who.int. 2021. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
5. Safdar NM, Banja JD, Meltzer CC. Ethical Considerations in Artificial Intelligence. *European Journal of Radiology*. 2020; 122(1):108768.
6. Harayama RM. Reflexões sobre o uso do big data em modelos preditivos de vigilância epidemiológica no Brasil. *Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário*. 2020; 9(3):153–65.
7. Rachid R, Fornazin M, Castro L, Gonçalves LH, Penteado BE. Saúde digital e a plataformização do Estado brasileiro. *Ciênc saúde coletiva*. 2023; 28(7):2143–53.
8. Milan S, Treré E. Big Data From the South(s): An Analytical Matrix to Investigate Data at the Margins. In D. Rohlinger & S. Sobieraj (Eds.), *The Oxford Handbook of Sociology and Digital Media*. 2021; p. 1–21.
9. Gadelha CAG. O Complexo Econômico-Industrial da Saúde 4.0: por uma visão integrada do desenvolvimento econômico, social e ambiental. *Cadernos do Desenvolvimento*. 2021;16(28):25-50.
10. Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*. 2021;133:285–96.
11. Quevedo-Silva F, Almeida Santos EB, Brandão MM, Vils L. Estudo Bibliométrico: Orientações sobre sua Aplicação. *Rev. Bras. Mark*. 2016; 15(2):246-62. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/remark/article/view/12129>
12. Wingerter DG, Azevedo UN de, Marcaccini AM, Alves M do SCF, Ferreira MÂF, Moura LKB. Scientific production on falls and deaths among elderly persons: a bibliometric analysis. *Rev bras geriatr gerontol*. 2018;21(3):320–9.
13. Araújo, CAA. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em questão*. 2006; 12(1):11-32.
14. Maimone GD, Santos TV dos. Informação científica em tempos de pandemia análise do tempo de indexação de artigos de periódicos com vocabulário controlado MeSH no PubMed. *Rev Digit Bibl Cienc Inf*. 2021;19:e021012.
15. Van Eck NJ, Waltman L, Dekker, R, Van den Berg J. A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2010; 61(12), 2405-2416 .
16. Aria M.; Cuccurullo, C. Bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*. 2017; 11(4): 959–975.
17. TRAN BX et al. Global evolution of research in artificial intelligence in health and medicine: a bibliometric study. *Journal of clinical medicine* 2019;9 8(3): 360.

18. Silveira SA. A hipótese do colonialismo de dados e o neoliberalismo. In: Cassino JF, Souza J, Silveira SA, organizators. Colonialismo de dados: como opera a trincheira algorítmica na guerra neoliberal. São Paulo: Autonomia Literária. 2021; p. 33-51.
19. Pegoraro, APA. O sistema de saúde no Brasil e nos Estados Unidos: uma análise comparativa. Anais III Fórum Brasileiro de Pós-Graduação em Ciência Política-UFPR, 2013. Available from: https://e-democracia.com.br/forumcienciapolitica/edicoesanteriores/2013/especific_files/papers/6MXE.pdf
20. Couldry N, Mejias UA (2019). Data Colonialism: Rethinking Big Data's Relation to the Contemporary Subject. *Television & New Media*. 2019: 20(4), 336-349.