

IMPACTO ACADÊMICO E ATENÇÃO ON-LINE DE PESQUISAS SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ÁREA DA SAÚDE: ANÁLISE DE DADOS BIBLIOMÉTRICOS E ALTMÉTRICOS

Academic impact and on-line attention of papers on artificial intelligence in health field: bibliometric and altmetric analysis

Marília Catarina Andrade GONTIJO

Mestre em Gestão e Organização do Conhecimento
Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação, Belo Horizonte, Brasil
mariliacgontijo@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9181-0302> 

Ronaldo Ferreira de ARAÚJO

Doutor em Ciência da Informação
Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação, Belo Horizonte, Brasil
ronaldo.araujo@ichca.ufal.br

<http://orcid.org/0000-0003-0778-9561> 

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo 

RESUMO

Objetivo: A inteligência artificial, como campo interdisciplinar, tem sua literatura presente em diversas áreas do conhecimento e suas aplicações têm oferecido importantes contribuições para os campos científicos que a ela se dedicam. Este estudo tem por objetivo analisar a produção científica sobre inteligência artificial em artigos científicos de acesso aberto na área da saúde e compreender seus indicadores de impacto.

Método: Trata-se de pesquisa descritiva, exploratória e quantitativa, que utiliza técnicas bibliométricas e altmétricas em complementaridade, a fim de averiguar o impacto acadêmico por meio dos dados de citações e a atenção *on-line* pelas menções encontradas nas fontes da Web Social. Os dados da produção e suas métricas de citação foram obtidos em consultas a *Dimensions*; e os dados altmétricos recuperados via *Altmetric Explorer*.

Resultado: Ao todo foram analisados 3.121 artigos publicados entre 2014 e 2019. A distribuição temporal demonstrou-se crescente, tendo 2019 a maior concentração de artigos. O impacto acadêmico registrou cobertura de 70,81% dos artigos com dados de citações e, para a visibilidade, 61,93% obtiveram dados altmétricos referentes às menções na Web Social. As citações são frequentes em artigos antigos e a atenção *on-line* é maior para publicações recentes. As mídias sociais são as fontes com maior quantidade de menções, seguidas pelos portais de notícias e *blogs*.

Conclusões: Considera-se que, ao complementar os estudos métricos tradicionais, como os bibliométricos e de citação, a altmetria e seus indicadores alternativos possibilitam uma compreensão considerada mais ampla do real impacto causado pelas produções científicas.

PALAVRAS-CHAVE: Altmetria. Bibliometria. Produção científica. Inteligência artificial. Saúde

ABSTRACT

Objective: Artificial intelligence, as an interdisciplinary field, presents its literature in several areas of knowledge, and its applications offers important contributions for the scientific fields that it dedicates. This study aim is to analyze the scientific production on artificial intelligence in open access scientific articles in the health field and understand its indicators of impact.

Methods: It is a descriptive, exploratory and quantitative research, that uses bibliometric and altmetric techniques in complementarity with the aim of ascertaining academic impact through citations data and the on-line attention through the mentions found in the sources of the Social Web. The production data and its metrics were obtained in consultation in *Dimensions*; and altmetric data retrieved via *Altmetric Explorer*.

Results: In total, 3,121 articles published between 2014 and 2019 were analyzed. The temporal distribution shows increase, with 2019 showing the highest concentration of articles. The academic impact was considered moderate, 70.81% have citation data and, for the visibility, 61.93% presented altmetric data regarding the mentions in the sources

of the Social Web. Citations are frequent in old articles and on-line attention is greater for recent publications. Social media as sources with a greater number of mentions, followed by news portals and blogs.

Conclusions: It is considered that, by complementing traditional metric studies, such as bibliometrics and citations, altmetrics and its alternative indicators enable a broader understanding of the real impact caused by scientific productions.

KEYWORDS: Altmetrics. Bibliometrics. Scientific production. Artificial intelligence. Health.

1 INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) tem sido considerada um campo de estudo interdisciplinar, desenvolvido a partir de iniciativas de várias áreas como psicologia, ciência cognitiva, ciência da computação, robótica, matemática, entre outras (RUSSELL; NORVIG, 2013). Nesse contexto, encontram-se na literatura diversas conceituações; para alguns autores a IA é a capacidade de simular, até certo ponto, a inteligência humana em máquinas autônomas, para que possam tomar decisões adequadas de acordo com as situações postas (DEAN, 1995; GINSBERG, 1993; MILLINGTON, 2009). Em que imita “[...] o processo básico do aprendizado humano por meio do qual as novas informações são absorvidas e se tornam disponíveis para referências futuras” (LEVINE, 1988, p. 3).

Esse tipo de tecnologia vem sendo utilizado em diferentes setores de aplicação, demonstrando interesse crescente pela sociedade. Nota-se o uso de sistemas e agentes derivados da inteligência artificial em setores como segurança, infraestrutura, engenharia, e saúde, esse último pode ser elucidado pelo auxílio em diagnósticos de pacientes (OVANESSOFF; PLASTINO, 2017; SARLET; MOLINARO, 2017). *Machine learning* (aprendizado de máquina), *deep learning* (aprendizado profunda), *Big Data* e aspectos físicos, como a robótica e mecanismos de visão computacional também são utilizados nas diversas práticas da medicina, dando suporte a análises de imagens, diagnoses e previsões médicas, além de realizar operações e cirurgias médicas com uso de robôs automatizados (BRAGA *et al.*, 2018; RUSSELL; NORVIG, 2013).

Encontram-se também as redes de sensores na área da saúde, que permitem registrar sinais vitais de pacientes e os transmitem eletronicamente aos médicos, que ajustam os medicamentos conforme os resultados, fazendo com que pacientes cardíacos contem com “monitores que compilam pressão arterial, níveis de oxigênio no sangue e batimentos cardíacos” (WEST, 2015, p. 5), aumentando a qualidade dos tratamentos.

Diante do avanço do interesse da sociedade pela inteligência artificial e seus sistemas, com grande destaque no início do século XXI, as demandas de seus estudos têm demonstrado crescimento nos últimos anos, tanto na academia, assim como na indústria e no comércio (JORDAN, 2019). Esse novo contexto, impõe a necessidade de

uma reflexão acerca dos impactos causados pela produção científica de seu campo, com a finalidade de levantá-la e analisá-la por meio de estudos apropriados para esse fim.

O presente artigo tem como objetivo analisar os artigos científicos em acesso aberto sobre inteligência artificial na área da saúde, compreendendo seu impacto acadêmico por meio das técnicas bibliométricas de produtividade e citação; e a sua atenção *on-line* pela análise dos dados altmétricos de sua disseminação em fontes da Web Social.

2 IMPACTO ACADÊMICO E ATENÇÃO ON-LINE DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

No processo de comunicação científica, é fundamental que as comunidades acadêmicas levantem e avaliem o desempenho de suas pesquisas por meio de indicadores apropriados, como os advindos dos estudos métricos da informação. Pautase, dessa forma, não apenas a necessidade de estudos panorâmicos das produções científicas que permitam compreender assuntos e temáticas abordadas nas pesquisas, autores e revistas que publicam, mas também a aferição de indicadores capazes de medir o grau de interesse acadêmico e social que as literaturas científicas têm recebido.

Para a análise do impacto acadêmico, conforme Freitas, Rosas e Miguel (2017), o uso do indicador tradicional de citação é o mais adequado, considerado um dos principais métodos bibliométricos. É de acordo com a quantidade de citações recebidas pelas publicações que geralmente se analisa o desempenho da literatura científica sobre determinado tema ou área e seu impacto dentro das comunidades acadêmicas. Nesse sentido, “a citação sempre foi a forma mais comum de reconhecimento, pelo que o seu uso como medida do impacto de um trabalho tem sido bem aceito pelas comunidades científicas” (PACHECO *et al.*, 2018, p. 126-127).

O indicador de citação permite aferir a influência que determinadas publicações obtiveram na literatura científica posterior, verificando o impacto causado por ela, bem como o impacto de autores, periódicos, instituições e países de acordo com cada comunidade científica (GRÁCIO; OLIVEIRA, 2012; MARICATO; MARTINS, 2017). Sua aplicação permite que se levantem “a incidência de artigos em um dado período de tempo, o padrão de publicação de áreas específicas, impactos e influências na literatura, tipos de autoria e colaboração, incidências e características de citação, relacionamento percebido entre citados e citantes” (MUELLER, 2013, p. 8). Entretanto, sua utilização, como a de outras métricas, não é isenta de críticas, como a morosidade no acúmulo das citações das publicações científicas, que podem levar anos para ocorrer. Esse lento

processo tem suscitado a necessidade de se complementar os dados de citação com outros tipos de indicadores que se baseiam em análises de impacto, sobretudo aqueles capazes de medir interações logo após a publicação (LIN; FENNER, 2013; PRIEM; PIWOWAR; HEMMINGER, 2012; THELWALL; WILSON, 2015).

Numa visão geral, o indicador de citação tem sua aplicabilidade voltada para o “[...] planejamento e organização da atividade científica de determinado segmento e para verificar o comportamento da literatura” (FORESTI, 1990, p. 54). Mas parte das insatisfações e fragilidades apresentadas nos estudos sobre seu uso tem colocado em questão a sua eficiência na aferição do comportamento das publicações para além do ambiente acadêmico (PRIEM *et al.*, 2010; ROBINSON-GARCÍA *et al.*, 2014).

Essa constatação tem feito pesquisadores refletirem que o indicador de citação revela apenas uma parte do desempenho, e evidencia, também, a demanda por integralizar seus valores com outras métricas; principalmente por indicadores que abrangem aspectos geralmente desconsiderados nas análises tradicionais, como o interesse público e de circulação na sociedade, como exemplo nas fontes da Web Social (PRIEM *et al.*, 2010). É neste pressuposto de que o impacto científico deve ser mensurado de maneira mais ampla, considerando todos os produtos de pesquisa e uma gama maior em ambientes e fontes que abrangem também eventos fora do meio acadêmico, que surge a altmetria, a qual permite *insights* sobre o impacto social das publicações científicas (HAUSTEIN; BOWMAN; COSTAS, 2016).

Ressalta-se que nem todo estudo altmétrico é capaz de aferir o impacto social de produções científicas, e que esse tipo de impacto também leva em consideração aspectos que influenciam e acarretam melhorias na política, na saúde, na cultura e nos padrões de vida da sociedade (NEYLON; WILLMERS; KING, 2014). Contudo, é uma técnica com potencial para esse tipo de medição ao permitir a ampliação da visão sobre a visibilidade e sociabilidade das publicações, uma vez que “abrangem a socialização de diversos resultados de pesquisas científicas, registradas em diferentes fontes, por variados atores sociais” (MARICATO; MARTINS, 2017, p. 50) ao medir sua atenção *on-line*.

É também considerada um campo dos estudos métricos da informação dinâmico e responsivo; possibilitada pelo surgimento da informática e da internet e pela digitalização e disponibilização das produções científicas em ambientes virtuais, como em bancos e bases de dados, que permitiram análises de “indicadores mais abrangentes, complexos, envolvendo diferentes dimensões e com velocidade cada vez maior” (MARICATO; MARTINS, 2017, p. 49). Considera diferentes tipos de engajamentos e menções dos

usuários nas muitas plataformas e fontes da Web Social, como as redes sociais *Facebook* e *Twitter*; gerenciadores de referências *Mendeley* e *Zotero*, portais de notícias, *blogs* e *wikis*, como a Wikipédia, entre outras (COSTAS *et al.*, 2015; PETERS *et al.*, 2016).

Analisar as interações sociais com as publicações acadêmicas nas mídias sociais é considerado fator importante para o desenvolvimento da comunicação científica e da própria altmetria (MARICATO; LIMA, 2017; PETERS *et al.*, 2016). O que permite que se analisem os atores (usuários das fontes da Web Social) e os tipos de interações recorrentes (postagens, menções, curtidas, compartilhamentos, entre outras) com a produção científica.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Estudo de natureza descritiva, exploratória e de abordagem quantitativa, que tem por objetivo analisar o desempenho da produção científica sobre inteligência artificial na área da saúde. Utilizam-se técnicas bibliométricas e altmétricas em complementaridade para averiguar seu impacto acadêmico e social, o primeiro por meio do levantamento e análises de indicadores tradicionais e de citação, e o segundo com base nas menções encontradas em fontes da Web Social. Tem como universo artigos coletados por meio de busca bibliográfica na base de dados *Dimensions*¹; os quais tiveram o *Digital Object Identifier*² (DOI) extraído em arquivo de formato *Comma-separated values*³ (CSV) e importados para o *Altmetric Explorer*, utilizado para análise altmétrica.

Optou-se pela *Dimensions* por fornecer “um ambiente rico em dados que permitam o desenvolvimento e a disseminação de métricas” (DIGITAL SCIENCE & RESEARCH SOLUTIONS, 2019a). Além de fornecer “[...] estatísticas precisas da quantidade de documentos (totais, por ano, por autor, por fonte, por tipo, etc.)” (ORDUÑA-MALE; LÓPEZ-CÓZAR, 2018, p. 5, tradução nossa). E pelo sistema da *Altmetric*⁴ por rastrear a atenção que as publicações recebem *on-line*, ao coletar dados de mídias sociais, *blogs*, portais de notícias, entre outras fontes da Web Social, atribuindo-lhes um indicador de atenção denominado *Altmetric attention score* (Pontuação de atenção altmétrica), que é uma medida ponderada da qualidade e quantidade de atenção *on-line* que as publicações receberam (DIGITAL SCIENCE & RESEARCH SOLUTIONS, 2019b).

¹ Disponível em: <https://www.dimensions.ai/>. Acesso em: 02 mar. 2020.

² Identificador de Objeto Digital.

³ Valores separados por vírgula.

⁴ Disponível em: <https://www.altmetric.com/>. Acesso em: 02 mar. 2020.

As consultas foram realizadas em março de 2020, tendo como estratégia a busca pela palavra-chave em língua inglesa “*artificial intelligence*” em todo o documento, com o uso de aspas para a recuperação da frase exata; e utilizando o filtro de: campo de pesquisa “*Public Health and Health Services*” (Saúde pública e Serviços de saúde). Enquanto recorte temporal, foi considerado para o estudo publicações de 2014 a 2019, ou seja, dois triênios, por serem períodos nos quais tanto as métricas tradicionais de citação quanto as alternativas de atenção *on-line* teriam possibilidades de se acumularem. Outra justificativa é o fato do período coincidir com o aumento da quantidade de publicações sobre a IA, bem como pelo crescente interesse pelo tema (JORDAN, 2019). Quanto ao tipo de acesso, optou-se por “*open access*”, por serem artigos científicos cujo tipo de acesso permite a “disseminação ampla e irrestrita de resultados da pesquisa científica” (COSTA, 2006, p. 40).

Quanto às análises, primeiramente são traçadas as características gerais da produção por meio da descrição da distribuição das publicações por ano, por periódicos científicos, dados de coautoria (autores e países) e análise temática (na coocorrência de termos nos títulos). Em seguida, o trabalho se dedica à compreensão dos indicadores de impacto acadêmico com verificação das citações por ano de publicação e rede de citação entre organizações. Por fim, são analisados os dados dos valores altmétricos, com indicação dos dados anuais de publicações com atenção *on-line*, menções nas fontes da Web social e distribuição nas mídias sociais. O trabalho ainda mostra a variação de desempenho de dados de citação e altmétricos por ano de publicação. Foi utilizado nas análises o *software VOSviewer*⁵, que auxilia com a visualização de dados para as análises bibliométricas de publicações científicas (CODATO, 2018; ECK; WALTMAN, 2020; LIMA; LEOCÁDIO, 2017).

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi analisado um total de 3.121 artigos científicos em acesso aberto sobre inteligência artificial. A distribuição por ano de publicação pode ser vista na Tabela 1, com indicação de sua porcentagem correspondente, que se demonstra crescente no período.

⁵ Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 08 mar. 2020.

Tabela 1 – Distribuição por ano do total de publicações.

Ano	Total de publicações	(%)
2014	196	6,28
2015	257	8,23
2016	237	7,59
2017	414	13,26
2018	763	24,44
2019	1.254	40,17
	3.121	100

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O ano de 2019 apresentou o maior número de artigos sobre a temática, com 1.254 publicações (40,17%), enquanto o ano de 2014 apresentou apenas 196 (6,28%) do universo analisado. Os dados indicam um aumento do interesse acadêmico sobre inteligência artificial na área da saúde, o que também é demonstrado a partir de estudos como de West (2015), Ovanessoff e Plastino (2017), e Jordan (2019), que abordam o avanço da inteligência artificial e de seus sistemas para os muitos campos do conhecimento que dela se preocupam. Também impactando na indústria e no comércio, principalmente nas primeiras décadas do século XXI (JORDAN, 2019).

Os artigos foram publicados por 878 periódicos, mas 659 deles só contaram com uma única publicação (75%). Os periódicos que concentraram o maior número de artigos (n>19) estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Periódicos com maior concentração de artigos (n>19).

Periódicos	Artigos
<i>Value in Health</i>	136
<i>PLoS ONE</i>	91
<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	54
<i>Journal of the American College of Cardiology</i>	53
<i>Journal of Biomedical Informatics</i>	46
<i>BMJ Open</i>	43
<i>Fertility and Sterility</i>	41
<i>Yearbook of Medical Informatics</i>	33
<i>Innovation in Aging</i>	32
<i>BMC Medical Informatics and Decision Making</i>	31
<i>Scientific Reports</i>	28
<i>EBioMedicine</i>	27
<i>Heart Lung and Circulation</i>	26
<i>The BMJ</i>	25
<i>Epidemiology</i>	24
<i>Cochrane Database of Systematic Reviews</i>	22
<i>Journal of the American Medical Informatics Association</i>	22
<i>European Journal of Public Health</i>	21
<i>Ophthalmology</i>	20

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Entre as primeiras revistas, a *Value in Health* cobre publicações das áreas da saúde e economia da saúde; a *PLoS ONE*, periódico interdisciplinar que abrange as áreas de ciência e medicina; a *International Journal of Environmental Research and Public Health* publica sobre ciências da saúde ambiental e saúde pública; a *Journal of the American College of Cardiology*, que trata sobre cardiologia e doenças cardiovasculares; e a *Journal of Biomedical Informatics*, por sua vez, publica sobre metodologias da biomedicina.

Por esses títulos, é possível ressaltar a transversalidade da inteligência artificial entre as disciplinas da saúde, confirmando a influência de suas aplicações na área, o que demonstra a interdisciplinaridade da IA (RUSSELL; NORVIG, 2013; SARLET; MOLINARO, 2017), ao permitir que diferentes áreas se preocupem com suas problemáticas, facilitando suas interações quando voltam seus interesses em prol do desenvolvimento de soluções tecnológicas em seu contexto. Assim como identificado nas revistas, há uma alta concentração de autores com uma única publicação. A Tabela 3 lista os treze principais autores que publicaram mais de nove artigos.

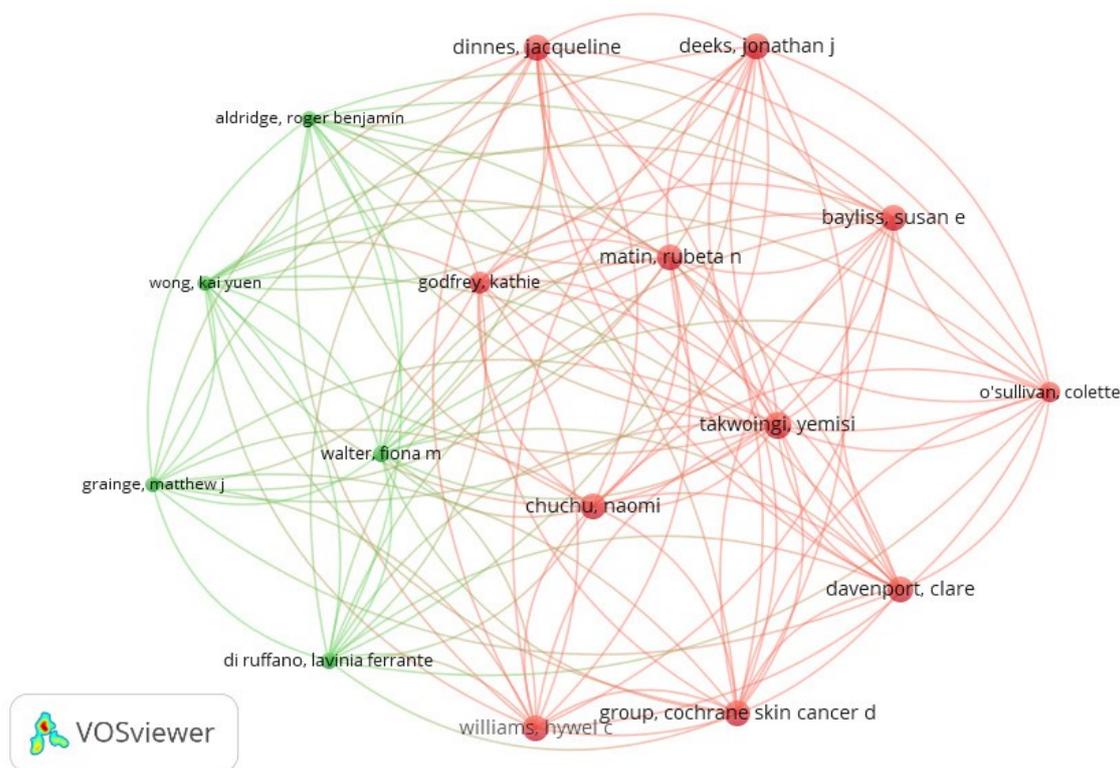
Tabela 3 – Autores com maior número de artigos publicados (n>9).

Autores	Organização/país	Artigos
Vanderweele, T. J.	<i>Harvard University</i> , Estados Unidos	14
Takwoingi, Y.	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	11
Williams, H. C. G.	<i>University of Nottingham</i> , Reino Unido	11
Brinker, T. J.	<i>University Hospital Heidelberg</i> , Alemanha	10
Matin, R. N.	<i>Churchill Hospital</i> , Reino Unido	10
Von Kalle, C.	<i>German Cancer Research Center</i> , Alemanha	10
<i>Cochrane Skin Cancer Diagnostic Test Accuracy Group</i>	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	10
Walter, F. M.	<i>University of Cambridge</i> , Reino Unido	10
Deeks, J. J.	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	10
Chuchu, N.	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	10
Davenport, C. F.	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	10
Bayliss, S. E.	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	10
Dinnes, J.	<i>University of Birmingham</i> , Reino Unido	10

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Embora o pesquisador Vanderweele, T. J. da Universidade de Harvard, dos Estados Unidos, seja o autor mais produtivo (14), percebe-se que a maioria dos autores da lista são provenientes de instituições do Reino Unido, com destaque para a Universidade de Birmingham. A análise de coautoria reforça isso e revela uma rede (Figura 1) com dois *clusters* principais, sendo ambos com pesquisadores de instituições do Reino Unido.

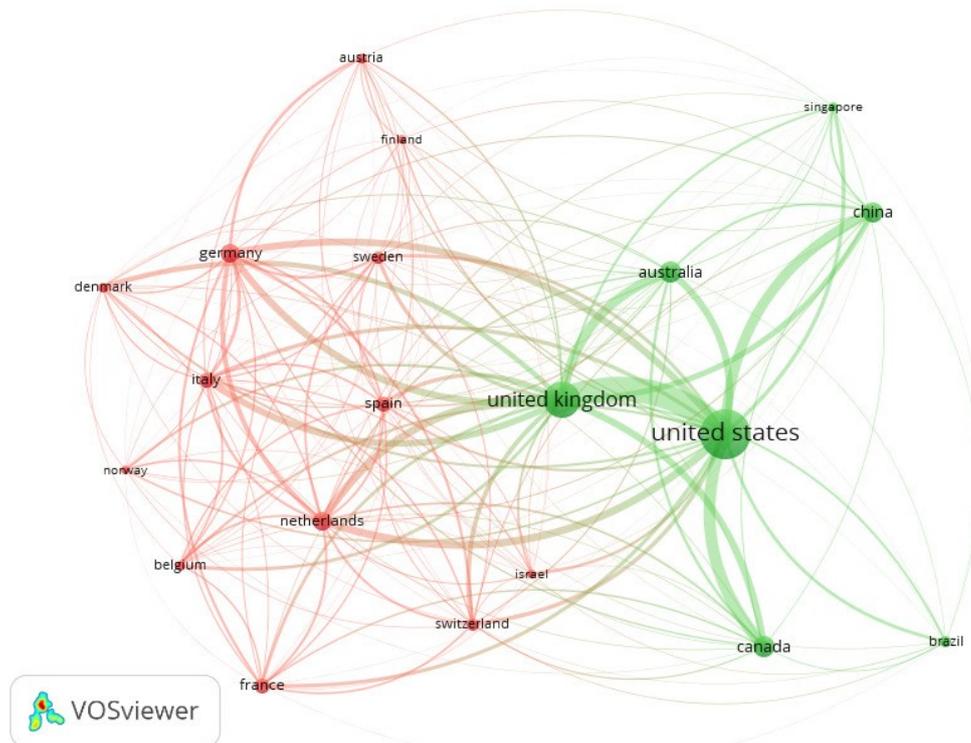
Figura 1 – Redes de coautoria entre autores.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Nesse tipo de visualização, estão ligados os que colaboraram juntamente em um documento e a proporção dos artigos publicados é mostrada pelo tamanho dos nós em cada um dos representantes do *cluster* (ECK; WALTMAN, 2020). Nota-se que esses autores que fazem parte do mesmo *cluster* colaboraram em maior intensidade. No caso do primeiro (cor verde), temos instituições diversas, mas, no caso do segundo (cor vermelha), pode ser explicado por grande parte de esses pesquisadores serem de uma mesma organização, a Universidade de Birmingham do Reino Unido, como os autores Deeks, J. J.; Chuchu, N.; Davenport, C. F.; Bayliss, S. E.; e Dinnes, J. e o *Cochrane Skin Cancer Diagnostic Test Accuracy Group*. Embora o Reino Unido se destaque na coautoria entre autores quando se analisa a mesma relação, entre países, o destaque é dos Estados Unidos, conforme Figura 2. Quanto maior o número de publicações, maior o rótulo e o círculo (CODATO, 2018), enquanto a largura das linhas indica a força de interação entre os países que colaboraram entre si.

Figura 2 – Redes de coautoria entre países.

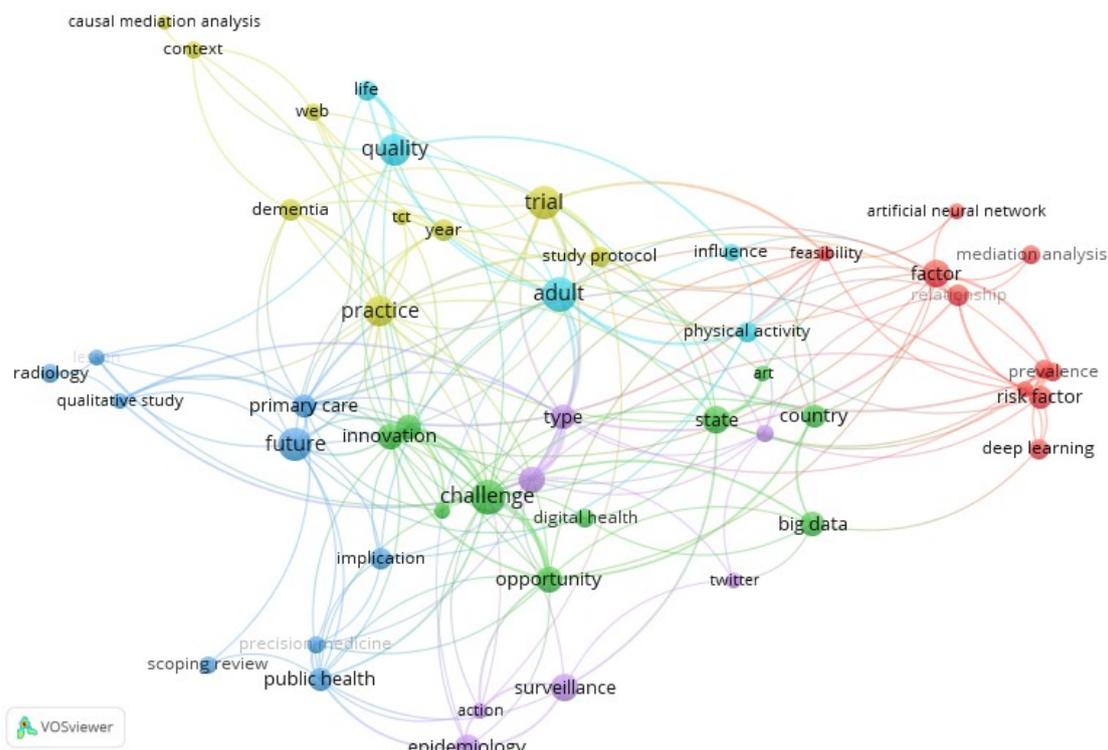


Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Percebe-se uma aproximação entre os nós, o que pode indicar uma forte relação entre esses países no que tange a coautoria de artigos. Os países entre os com grande concentração de publicações também se destacam em coautoria sobre inteligência artificial na área da saúde, sendo os mais relevantes (*cluster verde*): Estados Unidos (1.008), Reino Unido (512), Austrália (178), Canadá (177) e China (173). Também estão presentes (no *cluster vermelho*): Holanda (148), Alemanha (141) e Itália (100). A partir dos dados, considera-se que as demandas das aplicações de IA na área da saúde têm se expandindo em todo o mundo, sendo uma temática desenvolvida, em boa medida, por meio da colaboração científica entre os países que a elas se dedicam.

A partir da coocorrência dos termos mais frequentes ($n > 10$), com base no campo de título dos artigos, foi analisada a correlação das palavras mais incidentes nas publicações sobre IA na saúde, conforme demonstrado na Figura 3, por meio da visualização dos agrupamentos temáticos.

Figura 3 – Redes de coocorrência de termos nos títulos dos artigos científicos.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O agrupamento temático apresentado facilita a compreensão da distribuição dos assuntos e confirmam o crescente interesse da aplicação da IA em subáreas da saúde (JORDAN, 2019; OVANESSOFF; PLASTINO, 2017; PAN, 2016; WEST, 2015). No *cluster* (de cor vermelha), temos publicações relacionadas a fatores de risco no contexto da saúde com incidência de estudos de viabilidade e análise de mediação e soluções pensadas a partir de aplicações de *deep learning* e redes neurais artificiais (*artificial neural network*).

O *cluster* (de cor verde) agrupa estudos que dialogam com os elementos da IA na saúde no contexto digital como *Big Data* e Saúde Digital. As discussões se concentram em torno dos desafios e oportunidades dessas inovações na área com alguns relatos de seu estágio de desenvolvimento em estados ou países. No *cluster* (de cor azul escura), nota-se uma predominância de artigos voltados aos estudos sobre saúde pública, cuidados primários e radiologia, alguns voltados para prospecção (futuro).

No *cluster* (em amarelo), são percebidos trabalhos que abordam as práticas profissionais médicas e da saúde, como aquelas focadas em ensaios clínicos, estudos de protocolos (*study protocol*) e análise casual de mediação. O *cluster* (na cor roxa), por sua

vez, demonstra predominância de estudos epidemiológicos e de sistemas de vigilância relacionados com a IA. Por fim, no *cluster* (de cor azul clara), são agrupados trabalhos relacionados a tecnologias e qualidade de vida, em especial na vida adulta, com algumas menções a comportamentos de promoção à saúde como as atividades físicas.

4.1 ANÁLISE DE IMPACTO ACADÊMICO: INDICADOR DE CITAÇÃO

Para a análise do impacto acadêmico, identificamos que 70,81% das 3.121 publicações receberam citações, com uma cobertura moderada de dados bibliométricos. Encontrou-se um total geral de 29.623 citações durante os seis anos delimitados, com a distribuição conforme os anos que os artigos foram publicados bem como porcentagens de publicações citadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Dados de citações por ano de publicação (%).

Ano da publicação	Total de publicações	Publicações citadas (%)	Total de citações	% de citações
2014	196	89,85	4.494	15,17
2015	257	88,76	5.387	18,18
2016	237	83,97	4.206	14,19
2017	414	76,57	5.572	18,80
2018	763	72,31	6.090	20,38
2019	1.254	59,65	3.874	13,07
	3.121		29.623	100

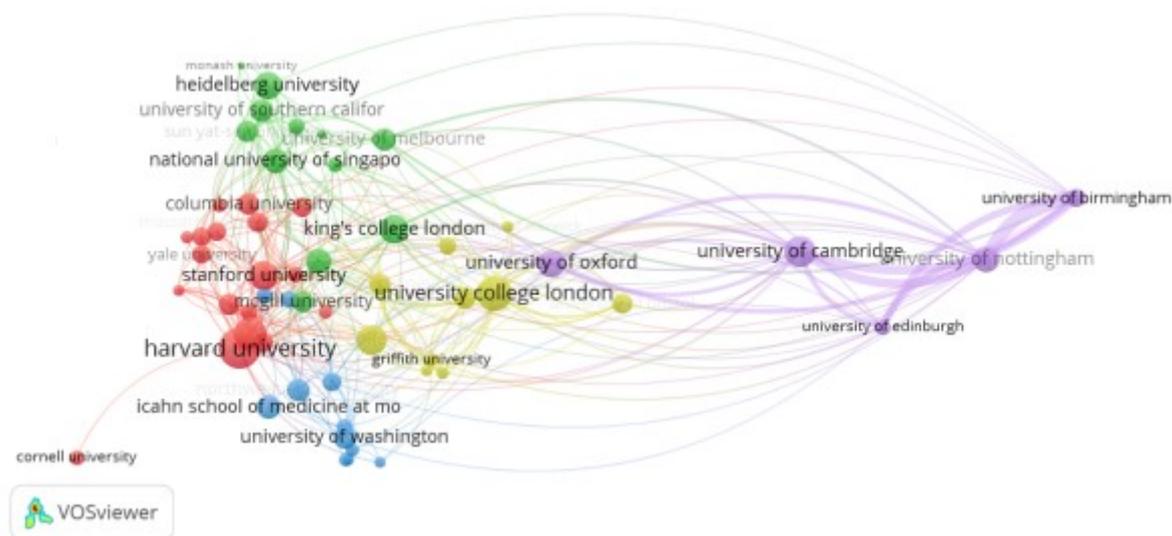
Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Compreende-se que o total de publicações citadas apresentou um comportamento semelhante ao que a literatura sobre esse indicador métrico expõe. Mesmo com elevadas quantidades de citações em publicações dos últimos anos, a porcentagem de artigos científicos citados foi maior entre os anos mais antigos, mesmo havendo menor número de publicações; o que é comum na literatura, uma vez que citações levam um maior tempo para serem acumuladas (PRIEM; PIWOWAR; HEMMINGER, 2012; LIN; FENNER, 2013; THELWALL; WILSON, 2015).

Nessa perspectiva, ao comparar a quantidade de artigos científicos publicados nos anos de 2014 até 2016 e 2017 até 2019, mostra-se que, mesmo com menores quantidades de publicações, os primeiros anos mantiveram elevados números de citações, entendendo que, para esses artigos, houve também quantidades expressivas delas; o que pode ser explicado pelo importante aumento do interesse sobre inteligência artificial na segunda década do século XXI.

Ainda para o impacto acadêmico da literatura analisada, levantaram-se as redes de citações entre as organizações de pesquisas que os autores declaram vínculo. Esse tipo de verificação mostra “o número de citações recebidas por um documento ou o número total de citações recebidas por todos os documentos publicados por uma fonte, um autor, uma organização ou um país” (ECK; WALTMAN, 2020, p. 32, tradução nossa). Considerando as instituições que mais produziram sobre IA na área da saúde (n>15), chegou-se a um total de 56 organizações, cujos dados de citação entre si podem ser visualizados na Figura 4, com agrupamento de maior aproximação.

Figura 4 – Redes de citação entre organizações.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Percebe-se que a Universidade de Harvard (*cluster* vermelho) e o Colégio Universitário de Londres (*cluster* amarelo) apresentaram os maiores índices de citação. Houve aproximação entre os *clusters* vermelho, azul, verde e amarelo, o que indica interação internacional entre essas organizações no trato sobre IA na área da saúde. Destacam-se, entre os integrantes do *cluster* roxo, Universidade de Birmingham, Universidade de Nottingham, Universidade de Edinburgo e Universidade de Cambridge com intensa interação, sendo representada pelas linhas mais largas.

O impacto acadêmico sobre a produção científica analisada vem crescendo ao longo dos primeiros anos do século XXI, em que as novas demandas sobre os estudos do campo da inteligência artificial e de seus sistemas e agentes inteligentes têm acarretado mudanças significativas não só no universo da academia, mas também fora dele (LAKE *et al.*, 2017; PAN, 2016). Dessa forma, a seguir, verifica-se também seu impacto social, por meio das técnicas altmétricas em complementaridade às métricas tradicionais.

4.2 ANÁLISE DA VISIBILIDADE E DA ATENÇÃO *ON-LINE*: INDICADORES ALTMÉTRICOS

Os indicadores alométricos são uma das formas de se perceber o alcance de produções científicas por meio da visibilidade e da atenção *on-line* que receberam nas fontes da Web Social, por meio dos variados engajamentos, como as menções; também permitem que se analise um público mais amplo e não apenas aquele voltado à academia (HAUSTEIN *et al.*, 2013; MARICATO; LIMA, 2017). Os dados desta análise indicaram uma cobertura moderada de menções, com 1.933 (61,93%) dos 3.121 artigos pontuando em alguma fonte alométrica. A Tabela 5 mostra a porcentagem anual de publicações que receberam atenção alométrica, a soma das Pontuações de atenção alométrica desses artigos e sua porcentagem.

Tabela 5 – Dados anuais de publicações com atenção alométrica.

Ano	Publicações com dados alométricos (%)	Pontuação de atenção alométrica	(%)
2014	51,53	2.492	3,93
2015	64,98	3.122	4,93
2016	63,71	6.630	10,47
2017	64,98	13.729	21,69
2018	62,91	15.299	24,14
2019	61,00	22.011	34,78
		63.283	100

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A porcentagem de artigos que receberam atenção *on-line* se manteve constante ao longo dos anos, com as maiores variações em 2015 e 2017. Para as somas de pontuações de atenção alométrica, 2019 e 2018 apresentaram os maiores índices, com 22.011 (34,78%) e 15.299 (24,14%) respectivamente, corroborando com a literatura científica que pauta a maior rapidez no acúmulo de dados alométricos em comparação com outras métricas, como mostrado por Barros (2015), Nascimento e Oddone (2015), e Thelwall e Wilson (2015).

A pontuação alométrica é ponderada de acordo com a valoração dos tipos de fontes da Web Social em que a produção científica foi disseminada e pela quantidade de vezes que foi mencionada por elas, que inclui menções em documentos de políticas públicas e referências na Wikipédia, principais notícias, redes sociais, *blogs*, entre outras (DIGITAL SCIENCE & RESEARCH SOLUTIONS, 2019b).

Destarte, foi levantado o total geral de menções e a porcentagem para cada tipo de fonte, como mostra a Tabela 6. Encontraram-se 69.613 menções nas fontes da Web

Social, divididas entre as mídias sociais *Facebook*, *Twitter*, *Google+*, *Reddit* e *Sina Weibo*, portais de notícias e *blogs*, políticas e patentes, outros tipos de fontes como Wikipédia e vídeos e fontes acadêmicas.

Tabela 6 – Distribuição de menções nas fontes da Web social.

Fonte da Web Social	Total geral de menções	(%)
Mídias sociais	64.736	92,99
Portais de notícias e <i>blogs</i>	4.550	6,53
Políticas e Patentes	178	0,25
Outros tipos	107	0,15
Fontes acadêmicas	42	0,06
	69.613	100

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

As mídias sociais concentraram a maior parte da atenção *on-line* (92,99%) com possível indicativo de impacto social no que se refere ao interesse público pelas pesquisas, seguidas pelos portais de notícias e *blogs* (6,53%). Demonstra-se, na Tabela 7, a distribuição das menções nas mídias sociais.

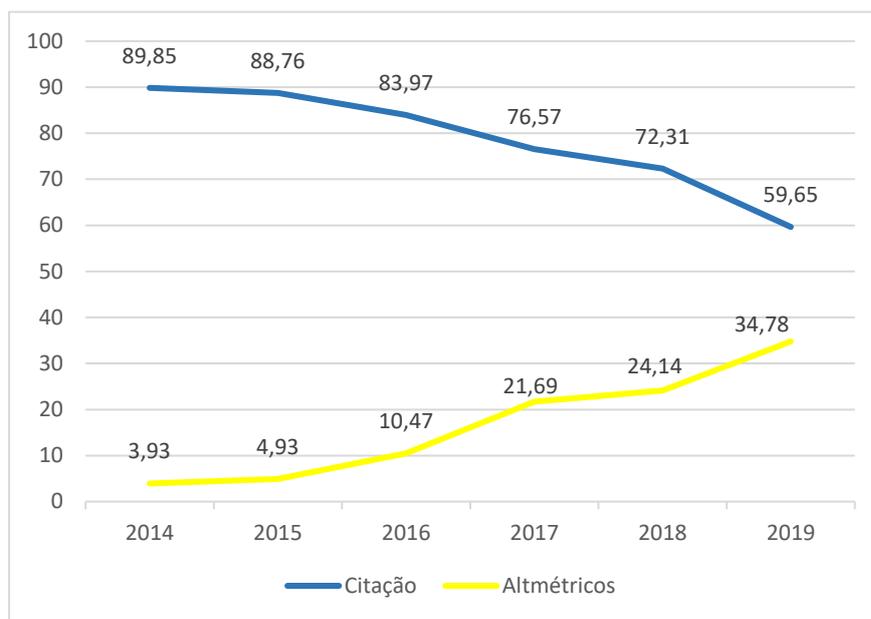
Tabela 7 – Distribuição de menções nas mídias sociais.

Tipo de mídia social	Total geral de menções	(%)
<i>Twitter</i>	63.057	97,40
<i>Facebook</i>	1.414	2,18
<i>Google+</i>	170	0,26
<i>Reddit</i>	88	0,13
<i>Sina Weibo</i>	7	0,01
	64.736	100

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Verifica-se uma preferência significativa pelo *Twitter* (97,40%), seguido a longa distância pelo uso do *Facebook* (2,18%), para o compartilhamento da literatura sobre inteligência artificial na área da saúde, assim como é comumente demonstrado em outros estudos que abordam as produções científicas sob o âmbito da altmetria (ARAÚJO, 2015; COSTAS *et al.*, 2015; DIDEGAH; BOWMA; HOLMBERG, 2017; HAUSTEIN *et al.*, 2013; MARICATO; LIMA, 2017; PETERS *et al.*, 2016). Vale ressaltar que, para o *Twitter*, são consideradas todas as mensagens públicas e, para o *Facebook*, apenas as menções feitas em postagens de páginas públicas, em respeito à política de privacidade de cada uma delas, fazendo necessariamente com que a cobertura da segunda seja inferior à da primeira. Por fim, como forma de demonstrar a complementaridade dos estudos métricos da informação bibliometria e altmetria e de seus indicadores, o Gráfico 1 auxilia na melhor visualização da diferença de comportamento de seus desempenhos ao longo do tempo.

Gráfico 1 – Variação de desempenho de dados de citação e altmétricos por ano de publicação (%).



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Depreende-se que os artigos que apresentaram os maiores índices de citações foram publicações de 2014, 2015 e 2016, concordando que as citações das pesquisas demoram anos para que sejam acumuladas, conforme Priem, Piwowar e Hemminger (2012), Adie e Roe (2013), e Thelwall e Wilson (2016). Também, para esses autores, os dados altmétricos levam menor tempo para sua acumulação, confirmado por esta pesquisa pelos artigos com maiores pontuações de atenção altmétrica, que são publicações de 2019 e 2018. Tais resultados são similares aos de outras pesquisas que analisaram a correlação ou mesmo a complementaridade entre indicadores altmétricos e dados de citação de um mesmo conjunto de artigos (COSTAS *et al.*, 2015; ARAÚJO; CARAN; SOUZA, 2016).

5 CONCLUSÕES

A proposta das métricas alternativas em complementar as tradicionais para uma ampliação do âmbito de pesquisa, indo além dos dados de citações para análise de impactos e até mesmo ultrapassando o levantamento apenas no campo acadêmico, mostra-se importante para as comunidades científicas dos diversos campos do conhecimento.

O levantamento do impacto acadêmico das publicações busca compreender o reconhecimento dos pesquisadores pela comunidade científica com base nas citações

que os mesmos receberam. Logo, percebe-se, por meio dos resultados obtidos por esta pesquisa, uma alta ocorrência de citações dos artigos em relação aos indicadores altmétricos, mostrando que, apesar do crescimento do interesse pela altmetria, o impacto das citações ainda se apresenta em evidência, com 70,81% possuindo um total geral de 29.623 citações.

A visibilidade e atenção *on-line* investigadas pelos indicadores altmétricos permitem que se compreenda como acontece a relação, em meio virtual, entre os pesquisadores e publicações científicas com o público geral, ou seja, que possuem ou não relacionamento direto com a produção científica. Compreende-se que mesmo com um alto engajamento na rede social *Twitter*, a visibilidade das publicações sobre IA na área da saúde apresenta cobertura moderada, com 61,93% dos artigos sendo mencionados nas fontes da Web Social, com 69.613 menções em sua totalidade.

Para a interseção entre o campo da inteligência artificial e da saúde, esta pesquisa se mostra necessária ao passo que levantou características de sua produção científica, como a produtividade anual de artigos científicos, os periódicos científicos com as maiores concentrações de artigos, com destaque para *Value in Health* em primeiro lugar, apresentando 136 deles, *PLoS ONE* com 91 e *International Journal of Environmental Research and Public Health* com 54 artigos. Também foram levantados os principais autores produtores sobre o tema, em que T. J. Vanderweele dos Estados Unidos se apresenta em primeiro com 14 publicações, e Y. Takwoingi e H. C. G. Willians, ambos do Reino Unido, em segundo com 11 cada.

Pelas redes de coautorias entre autores e países, foi possível compreender aqueles que colaboraram em maior intensidade. Entre os autores, perceberam-se dois principais *clusters*, em que ambos tiveram como integrantes pesquisadores de instituições do Reino Unido colaborando entre si. Entre os países, os que apresentaram os maiores índices de publicações também se destacaram em coautoria, sendo os três primeiros Estados Unidos, Reino Unido e Austrália. Pelas redes de coocorrência de termos nos títulos dos artigos, foi possível a compreensão da distribuição dos assuntos presentes nessa produção científica, que confirmaram tanto o crescente interesse da aplicação da IA em subáreas da saúde, como a sua interdisciplinaridade na prática.

Conclui-se que, por apresentar crescimento do interesse social e acadêmico por essa literatura, são necessárias novas pesquisas que analisem outros aspectos e indicadores da produção científica sobre inteligência artificial na área da saúde, o que permitirá ter maior compreensão em quais níveis a IA colabora com o melhoramento das

práticas médicas e, em consequência, com a qualidade de vida do paciente. Uma análise de compreensão dos atores que interagem com essa produção científica nas fontes da Web Social, das razões das menções que essas publicações recebem, bem como do contexto no qual isso acontece, poderia ser uma maneira promissora de verificar o impacto social a partir dos indicadores altmétricos levantados.

REFERÊNCIAS

ADIE, E.; ROE, W. Altmetric: enriching scholarly content with article-level discussion and metrics. **Learned Publishing**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 11-17, jan. 2013.

ARAÚJO, R. F. Marketing científico digital e métricas alternativas para periódicos: da visibilidade ao engajamento. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 20, n. 3, p. 67-84, jul./set. 2015.

ARAÚJO, R. F.; CARAN, G. M.; SOUZA, I. V. P. Orientação temática e coeficiente de correlação para análise comparativa entre altmetrics e citações. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 22, p. 184, set./dez. 2016.

BARROS, M. Altmetrics: métricas alternativas de impacto científico com base em redes sociais. **Perspectivas em Ciência da informação**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 19- 17, abr./jun. 2015.

BRAGA, A. V. *et al.* Inteligência artificial na medicina. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 3., 2018, Anápolis, **Anais [...]**. Anápolis: Centro Universitário de Anápolis, 2018. p. 937-941.

CODATO, A. Utilizando citações para além do fator de impacto: uma alternativa para determinar topografias científicas. **SciELO 20 Years Repository**, [s. l.], p. 1-19, set. 2018.

COSTA, S. M. S. Filosofia aberta, modelos de negócios e agências de fomento: elementos essenciais a uma discussão sobre o acesso aberto à informação científica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 39-50, ago. 2006.

COSTAS, R. *et al.* Do “Altmetrics” Correlate With Citations? Extensive comparison of altmetric indicators with citations from a multidisciplinary perspective. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 2003-2019, 2015.

DEAN, T. L. **Artificial intelligence: theory and practice**. Menlo Park, CA: Addison-Wesley Publishing Company, 1995. 563 p.

DIDEGAH, F.; BOWMAN, T. D.; HOLMBERG, K. On the differences between citations and altmetrics: An investigation of factors driving altmetrics versus citations for finnish articles. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 69, p. 832-843, mar. 2018.

DIGITAL SCIENCE & RESEARCH SOLUTIONS. **Dimensions**. [S. l.], 2019a. Disponível em: <https://app.dimensions.ai/discover/publication>. Acesso em: 15 mar. 2020.

DIGITAL SCIENCE & RESEARCH SOLUTIONS. **The donut and Altmetric Attention Score**. [S. l.], 2019b. Disponível em: <https://www.altmetric.com/about-our-data/the-donut-and-score/>. Acesso em: 18 mar. 2020.

GINSBERG, M. **Essentials of artificial intelligence**. São Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1993. 430 p.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. **VOSviewer Manual**. Universiteit Leiden, 2020. 52 p.

FORESTI, N. A. B. Contribuição das revistas brasileiras de biblioteconomia e ciência da informação enquanto fonte de referência para a pesquisa. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 53-71, jun. 1990.

FREITAS, J. L.; ROSAS, F. S.; MIGUEL, S. E. Estudos métricos da informação em periódicos do portal scielo: visibilidade e impacto na scopus e web of science. **Palavra Clave**, Argentina, v. 6, n. 2, abr. 2017.

GRÁCIO, M. C.; OLIVEIRA, E. F. T. de. A inserção e o impacto internacional da pesquisa brasileira em 'estudos métricos': uma análise na base Scopus. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1-19, 2012.

HAUSTEIN, S.; BOWMAN, T. D.; COSTAS, R. Interpreting “altmetrics” viewing acts on social media through the lens of citation and social theories. *In*: SUGIMOTO, C. R. (Ed.). **Theories of informetrics and scholarly communication**. Frankfurt: De Gruyter, 2016.

HAUSTEIN, S. *et al.* Tweeting Biomedicine: An Analysis of Tweets and Citations in the Biomedical Literature. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 65, n. 4, p. 656–669, nov. 2013.

JORDAN, M. I. Artificial Intelligence: the revolution hasn't happened yet. **Harvard Data Science Review**, [s. l.], v. 1, n. 1, July 2019.

LAKE, B. M. *et al.* Building machines that learn and think like people. **Behavioral and Brain Sciences**, [s. l.], v. 40, n. 253, p. 1-72, nov. 2017.

LEVINE, R. I. **Inteligência artificial e sistemas especialistas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. 264 p.

LIMA, S. H. de O.; LEOCÁDIO, Á. L. Mapeando a produção científica internacional sobre inovação aberta. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 181-208, jan./abr. 2018.

LIN, J.; FENNER, M. The many faces of article-level metrics. **Bulletin of the American Society for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 27-30, apr. 2013.

MARICATO, J. M.; LIMA, E. L. M. Impactos da Almetria: aspectos observados com análises de perfis no Facebook e Twitter. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 27, n. 1, p. 137-145, jan./abr. 2017.

- MARICATO, J. M.; MARTINS, D. L. Almetria: complexidades, desafios e novas formas de mensuração e compreensão da comunicação científica na web social. **Biblios**, [s. l.], n. 68, p. 48-68, jan. 2017.
- MILLINGTON, I. **Artificial intelligence for games**. 2. ed. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 2009. 870 p.
- MUELLER, S. P. M. Estudos métricos da informação em ciência e tecnologia no Brasil realizados sobre a unidade de análise artigos de periódicos. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 6-27, maio 2013.
- NASCIMENTO, A. G. do; ODDONE, N. E. Uso de altmetrics para avaliação de periódicos científicos brasileiros em ciência da informação. **Ciência da Informação em Revista**, Maceió, v. 2, n. 1, p. 3-12, jan./abr. 2015.
- NEYLON, C.; WILLMERS, M.; KING, T. **Impact beyond citation: an introduction to altmetrics**. Canada: Scholarly Communication in Africa Programme; International Development Research Centre, 2014.
- ORDUÑA-MALEA, E.; LÓPEZ-CÓZAR, E. D. Dimensions: re-discovering the ecosystem of scientific information. **El Profesional de la Información**, Espanha, v. 27, n. 2, p. 420-431, apr. 2018.
- OVANESSOFF, A.; PLASTINO, E. **Como a inteligência artificial pode acelerar o crescimento da América do Sul**. [S. l.]: Accenture, 2017. 31 p.
- PACHECO, A. *et al.* Citações e métricas complementares: um estudo exploratório da sua correlação em artigos científicos em acesso aberto. **Cadernos BAD**, Portugal, n. 1, p. 125-138, 2018.
- PAN, Y. Heading toward Artificial Intelligence 2.0. **Engineering**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 409-413, dec. 2016.
- PETERS, I. *et al.* Research data explored: an extended analysis of citations and altmetrics. **Scientometrics**, [s. l.], v. 107, p. 723-744, feb. 2016.
- PRIEM, J. *et al.* **Altmetrics: a manifesto**. [S. l.], 2010. Disponível em: <http://altmetrics.org/manifesto/>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- PRIEM, J.; PIWOWAR, H. A; HEMMINGER, B. M. Altmetrics in the Wild: Using Social Media to Explore Scholarly Impact. **arXiv preprint**, [s. l.], mar. 2012.
- ROBINSON-GARCÍA, N. *et al.* New data, new possibilities: exploring the insides of Altmetric.com. **El profesional de la información**, Espanha, v. 23, n. 4, p. 359-366, July 2014.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Inteligência artificial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 988 p.
- SARLET, I. W.; MOLINARO, C. A. Sociedade da informação: inquietudes e desafios. **REPATS**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 440-480, jan./jun. 2017.

THELWALL, M.; WILSON, P. Mendeley readership altmetrics for medical articles: An analysis of 45 fields. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 67, p. 1962-1972, may 2016.

WEST, D. M. What happens if robots take the jobs? the impact of emerging technologies on employment and public policy. **The Brookings Institution**, [s. l.], p. 1-22, oct. 2015.

Notas

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG no desenvolvimento deste trabalho por meio da concessão de bolsa de pesquisa e à *Dimensions* e à *Altmetric* por concederem o uso de seus dados para fins de pesquisa.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: M. C. A. Gontijo, R. F. de Araújo

Coleta de dados: M. C. A. Gontijo, R. F. de Araújo

Análise de dados: M. C. A. Gontijo, R. F. de Araújo

Discussão dos resultados: M. C. A. Gontijo, R. F. de Araújo

Revisão e aprovação: R. F. de Araújo

CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

FINANCIAMENTO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas (FAPEMIG).

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica

LICENÇA DE USO

Os autores cedem à **Encontros Bibli** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação. Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EDITORES

Enrique Muriel-Torrado, Edgar Bisset Alvarez, Camila Barros.

HISTÓRICO

Recebido em: 05/08/2020 – Aprovado em: 06/10/2020 -- Publicado em: 04/01/2021

