

A evolução da pesquisa em inteligência artificial no Brasil: crescimento científico e oportunidades de inovação

Bernardo de Melo Matuchewski¹, Caroline Nascimento Pereira², César Augusto Costa³, Eduardo Amadeu Dutra Moresi⁴, Isabela Quadros Dantas Barros⁵, Jackson Max Furtunato Maia⁶, Kleber de Barros Alcanfor⁷

Resumo

A inteligência artificial (IA) generativa ganhou destaque nos últimos dois anos, elevando o debate sobre IA a novos patamares. Permeando uma variedade de campos, desde empregos até o comportamento humano e o futuro das cidades, a IA tornou-se uma ferramenta ubíqua capaz de provocar transformação em várias esferas da vida humana. Embora seu crescimento recente tenha sido notável, o interesse por esse tema remonta quase um século entre pesquisadores globais, com cerca de 50 anos de

Abstract

Generative artificial intelligence has risen to prominence over the past two years, elevating the debate on AI to new heights. Pervading various fields — from employment to human behavior and the future of cities — AI has become a ubiquitous tool capable of driving transformation across numerous aspects of human life. Although its recent surge has been remarkable, global interest in the topic dates back nearly a century, with about fifty years of

-
- 1 Cursando Ciências da Computação pelo Centro Universitário UDF. Estagiário no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).
 - 2 Economista pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), mestre e doutora em Desenvolvimento Econômico pela Unicamp. É coordenadora de projetos no CGEE.
 - 3 Matemático pela Universidade do Plano Catarinense, mestre e doutor em Astrofísica pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). É coordenador de projetos no CGEE.
 - 4 Engenheiro Eletrônico pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (UnB) e doutor em Ciência da Informação pela UnB. É coordenador de projetos no CGEE.
 - 5 Cientista política pela UnB e mestranda em Ciência Política pela UnB. É assessora técnica no CGEE.
 - 6 Físico pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), mestre em Física pela UFRN e doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP). Assessor técnico e líder de projetos no CGEE.
 - 7 Administrador pela Universidade Católica de Brasília (UCB), com especialização em Análise de Sistemas. MBA em Engenharia de Software e especialização em Inteligência Artificial. É assessor técnico no CGEE.

estudos no Brasil. Alguns países têm dominado a pesquisa científica no tema, mas o Brasil participa de pouco menos de 2% no total de publicações mundiais. Entretanto, o interesse e os investimentos na área vêm crescendo no País a partir da estruturação de um ecossistema de inteligência artificial. Ao considerar o esforço em estruturar o ecossistema somado às diversas oportunidades no País, vislumbra-se que a produção científica possa vir a dar um salto de quantidade e, principalmente, de qualidade, de forma a colocar o País em um patamar da pesquisa em IA mais elevado.

Palavras-chave: Inteligência artificial. Produção científica. Inovação. Políticas públicas.

studies in Brazil. While some countries have led scientific research in this area, Brazil accounts for slightly less than 2% of global publications. Nevertheless, interest and investment in the field are increasing in the country, spurred by the development of an artificial intelligence ecosystem. This environment presents opportunities for Brazil to boost both the quantity and, more importantly, the quality of its scientific output, raising its standing in AI research.

Keywords: Artificial intelligence. Scientific output. Innovation. Public policies.

1. Introdução

A inteligência artificial (IA) é uma disciplina que, desde suas origens, tem capturado a imaginação de cientistas, engenheiros e entusiastas da tecnologia, motivados a replicar a complexidade da inteligência humana em sistemas computacionais. Os primeiros estudos sobre inteligência artificial datam da década de 1940, com a criação do primeiro modelo computacional para redes neurais. Nos anos 1950, o termo foi introduzido durante as Conferência de Dartmouth, o que colocou a IA como um campo de estudo da ciência. Alan Turing, um dos mais influentes matemáticos do século 20, foi um dos precursores em desenvolver uma máquina com comportamento inteligente, também nos anos 1950. Na mesma década, Isaac Asimov popularizou o conceito de robôs inteligentes por meio da ficção científica e introduziu princípios éticos para o comportamento das máquinas inteligentes, pelas três leis da robótica (ASIMOV, 1950).

As contribuições de Turing, Asimov e das Conferências de Dartmouth formaram a base conceitual, ética e metodológica sobre a qual a IA se desenvolveu. Com o avanço da tecnologia, especialmente na capacidade de processamento dos computadores, a IA evoluiu de uma noção teórica para um campo robusto de pesquisa e aplicação prática. O que era impensável, há algumas décadas, hoje é amplamente acessível. Isso porque

os equipamentos computacionais e algoritmos atingiram as capacidades requeridas para implementação dos modelos de IA, o que tem levado a IA e suas aplicações a novas fronteiras.

No Brasil, a inteligência artificial começou a ganhar destaque nos anos 1980. Pesquisadores pioneiros exploraram as possibilidades da IA e organizaram grupos de estudo, seminários e conferências que foram fundamentais a o desenvolvimento inicial dessa área no País. O crescente interesse do País em pesquisa e investimento em IA refletem sua importância na solução de problemas complexos e na inovação em setores, como saúde, agricultura, energia, finanças e indústria.

O lançamento da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (Ebia) em 2021 é um marco do ponto de vista de políticas públicas. Apesar das diversas críticas recebidas, a Ebia contribuiu para a formação dos Centros de Inteligência Artificial Aplicada (CPA) e para a viabilidade de um Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial (Obia). Também se destaca a criação do Grupo de Trabalho em Inteligência Artificial (GT-IA) pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) em 2023.

Dessa forma, este artigo explora a trajetória histórica e evolutiva da pesquisa em IA no Brasil, examinando a produção científica e acadêmica e o impacto dessa área no cenário nacional e internacional. A produção científica em periódicos indexados, em especial da base *Web of Science* (WoS), as teses e as dissertações e a base de dados da Plataforma *Lattes* do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) refletem o empenho das instituições de ensino e pesquisa no avanço dessa área.

2. Aspectos históricos da pesquisa em inteligência artificial no mundo e no Brasil

2.1. Inteligência artificial no mundo

A origem da IA remonta a 1943, quando Warren McCulloch e Walter Pitts criaram o primeiro modelo computacional de redes neurais. Em 1956, John McCarthy introduziu o termo inteligência artificial durante as Conferências de Dartmouth, consideradas o ponto de partida oficial da IA como campo de estudo (MOOR, 2006). Essas conferências reuniram pesquisadores para discutir a criação de máquinas capazes de *pensar* e estabeleceram as bases para a pesquisa em IA.

Turing, um matemático influente do século 20, introduziu a ideia de que máquinas poderiam simular a inteligência humana. Em 1936, ele criou a máquina de Turing, considerado o primeiro computador moderno. No artigo *Computing Machinery and Intelligence* (1950), Turing propôs o teste de Turing, um método para determinar se uma máquina pode exibir comportamento

inteligente indistinguível do humano (TURING, 1950). Nos anos 1950, Isaac Asimov popularizou robôs inteligentes na ficção científica e introduziu as *três leis da robótica*, princípios éticos para máquinas inteligentes, antecipando debates contemporâneos sobre ética na IA (ASIMOV, 1950).

As contribuições de Turing, Asimov e das Conferências de Dartmouth formaram a base conceitual, ética e metodológica sobre a qual a IA se desenvolveu. Com o avanço da tecnologia, especialmente na capacidade de processamento dos computadores, a IA evoluiu de uma noção teórica para um campo robusto de pesquisa e aplicação prática. A prevalência da Lei de Moore, que prevê o aumento exponencial das capacidades computacionais, tem sido fundamental para esses avanços (MOORE, 1965). O que era impensável há algumas décadas, hoje é amplamente acessível, e os equipamentos computacionais e algoritmos atingiram as capacidades requeridas para implementação dos modelos de IA.

O desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina (ML, do inglês *machine learning*), de redes neurais artificiais (ANN, do inglês *artificial neural network*) e de técnicas de aprendizado profundo (*deep learning*) permitiu a criação de sistemas capazes de entender, encontrar soluções otimizadas e tomar decisões de forma autônoma. Nos últimos 50 anos, tecnologias como aprendizado supervisionado e não supervisionado, redes neurais convolucionais (CNN, do inglês *convolutional neural network*) e recorrentes, e modelos generativos, como redes adversárias generativas (GAN, do inglês *generative adversarial network*), têm levado a IA a novas fronteiras.

Nos últimos anos, modelos de IA, especialmente grandes modelos de linguagem, ganharam destaque por gerar textos semelhantes aos escritos por humanos. Além disso, há modelos que geram imagens, vídeos e resolvem tarefas complexas, como o reconhecimento de objetos tridimensionais em diversas condições de iluminação. Aplicações de ML incluem reconhecimento de padrões (objetos, rostos e expressões faciais), detecção de anomalias em transações financeiras e sensores industriais, previsão de preços e comportamento de ações, identificação de preferências de filmes e música, e padrões de compra e venda.

Os avanços na inteligência artificial também trouxeram desafios éticos e de responsabilidade. Há questões a serem resolvidas, como a diferença entre o comportamento ideal e real das máquinas, a automação de decisões normativas e a autoridade e responsabilidade pelas decisões automatizadas antes da adoção ampla de sistemas de IA não supervisionados.

2.2. Surgimento da IA no Brasil e sua trajetória acadêmica

A inteligência artificial ganhou destaque no Brasil na década de 1980, resultado de pesquisas iniciadas na década anterior. Essas pesquisas exploraram as possibilidades da IA e organizaram grupos de estudos, seminários e conferências, fundamentais ao desenvolvimento da área. A primeira dissertação de mestrado em IA no Brasil, defendida em 1971 por Emmanuel P. Lopes Passos na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), sob orientação de Roberto Lins de Carvalho, foi um marco inicial crucial, abrindo caminho para futuros estudos e eventos (COSTA, 2021).

Em 1984, o primeiro Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial (SBIA) foi organizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O evento reuniu pesquisadores de diversas instituições brasileiras, apresentando trabalhos alinhados com temas internacionais, como linguagens de programação lógica, sistemas especialistas e processamento de linguagem natural.

Desde então, o SBIA, agora denominado *Brazilian Conference on Intelligent Systems* (Bracis), evoluiu para atender às demandas da comunidade brasileira de IA. A conferência já comemorou o aniversário de 50 anos da conferência de Dartmouth com o AI@50, incluindo um painel sobre os avanços da IA e a criação do prêmio Mérito Científico em Inteligência Artificial e Computacional. O prêmio foi concedido a seis pesquisadores brasileiros desde 2008, incluindo Guilherme Bittencourt, Maria Carolina Monard, Fernando Antonio Campos Gomide, Teresa Bernarda Ludermir, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho e Fabio Gagliardi Cozman.

Outra premiação na área de IA, o Prêmio Maria Carolina Monard, foi lançada em 2023 pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP). Esse prêmio reconhece a melhor tese de doutorado em IA defendida no Brasil, considerando a relevância para o desenvolvimento científico, tecnológico, cultural e social, e o potencial de inovação.

Em resumo, a pesquisa em IA no Brasil teve pioneiros que abriram caminho para o desenvolvimento da área. Esses pesquisadores introduziram conceitos fundamentais e inspiraram gerações subsequentes de cientistas, educadores e engenheiros a explorar novas fronteiras. No final da década de 1980, artigos científicos de brasileiros em revistas e conferências internacionais foram essenciais para posicionar o Brasil globalmente, abordando programação linear, lógica difusa e processamento de linguagem natural.

2.2.1. Principais instituições e áreas de pesquisa

As instituições de ensino e pesquisa no Brasil são cruciais ao desenvolvimento da IA, pois elas formam profissionais qualificados e desenvolvem projetos inovadores. Instituições, como a USP, a Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a PUC-RIO e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), especializam-se em áreas diversas, aplicando IA na saúde, agricultura e engenharia. Desde 2021, centros de inteligência artificial têm sido criados, totalizando 10 Centros de Pesquisa Aplicada (CPA)⁸ em IA, apoiados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e pelo Comitê Gestor da Internet (CGI.br). Esses centros recebem até R\$ 1 milhão por ano da Fapesp e de empresas parceiras para pesquisas em saúde, agricultura, indústria, segurança cibernética, educação, energias renováveis e cidades inteligentes.

A Rede MCTI/Embrapii de Inovação em Inteligência Artificial,⁹ com 19 unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação (Embrapii), investiu 210 milhões de reais em 2021 para desenvolver soluções de IA em *machine learning*, visão computacional, *deep learning*, redes neurais e *big data analytics*. O projeto do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), financiado pelo MCTI e pelo CNPq, visa a apoiar a representação acadêmica do Brasil em organizações internacionais de IA e conceder bolsas para pesquisadoras, promovendo a inclusão feminina na área.

Outra iniciativa que colabora para a estruturação desse ecossistema brasileiro de IA advém do Obia, criado pela EBIA e liderado pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br). O NIC.br tem como parceiros na construção do Obia o *Center for Artificial Intelligence da USP* (C4AI/USP), a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), além da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco, do inglês *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*), para conectar-se a observatórios internacionais. A produção científica em IA no Brasil está crescendo, com investimento em setores, como saúde, agricultura, finanças e indústria, graças aos esforços de milhares de pesquisadores brasileiros.

Essa análise destaca a relevância e o crescimento da produção científica em inteligência artificial, bem como o desenvolvimento e a consolidação de infraestrutura dedicada à IA. O crescente interesse e investimento em IA refletem sua importância na solução de problemas complexos e na inovação em setores, como saúde, agricultura, finanças e indústria. Como causa e consequência desse processo, encontram-se milhares de pesquisadores brasileiros que se dedicam a produzir

8 Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial-centros>

9 Disponível em: https://embrapii.org.br/wp-content/images/2021/05/Folder-Digital_Rede-MCTI-EMBRAPII-de-Inovacao-em-IA.pdf

ciência nessa temática, de forma que permita o desenvolvimento da tecnologia no Brasil, bem como crie *expertise* e capacidades internas de profissionais e conhecimento, como se verá na próxima seção.

2.3. Evolução da produção científica

Como mencionado na seção anterior, o CGEE é um parceiro na construção e manutenção do Obia. A parceria sustenta-se no acesso que o CGEE possui a importantes bases de dados e na capacidade e *expertise* do centro em manipulá-las para obter informações e indicadores nas áreas de produção científica, patentes e formação de pessoal em ensino superior. O presente trabalho dedica-se a apresentar algumas informações levantadas para o Obia no âmbito da produção científica e na produção de dissertações e teses.

2.3.1. Publicações em periódicos indexados

Para construir este trabalho, era necessário ter uma definição clara do que é inteligência artificial, porém não há uma definição consensual única sobre o que seja IA. De forma a alinhar as definições, o Obia adotou a metodologia da OCDE¹⁰ (2019), selecionando cerca de 200 palavras-chave utilizadas na temática de IA. Entretanto, essas palavras refletem a época em que foram estabelecidas e ignoram as particularidades da produção científica brasileira, levando o CGEE a atualizar a análise por meio da produção brasileira indexada na WoS, extraindo as 100 mais utilizadas. A partir das palavras-chave selecionadas, foi feita a busca por produções similares em suas bases de dados (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, *Lattes*, etc.). Os termos utilizados nesta busca estão apresentados na nuvem de palavras da Figura 1.

¹⁰ Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é uma organização internacional formada por países-membros comprometidos com a promoção de políticas que visam a melhorar o desenvolvimento econômico e o bem-estar social em todo o mundo.

Foram encontrados mais de 36.700 artigos científicos e reviews relacionados à IA, em periódicos indexados na WoS,¹¹ e produzidos por autores vinculados às instituições brasileiras. A Figura 2 apresenta os artigos produzidos no Brasil ao longo dos anos, mostrando um crescimento significativo na última década.

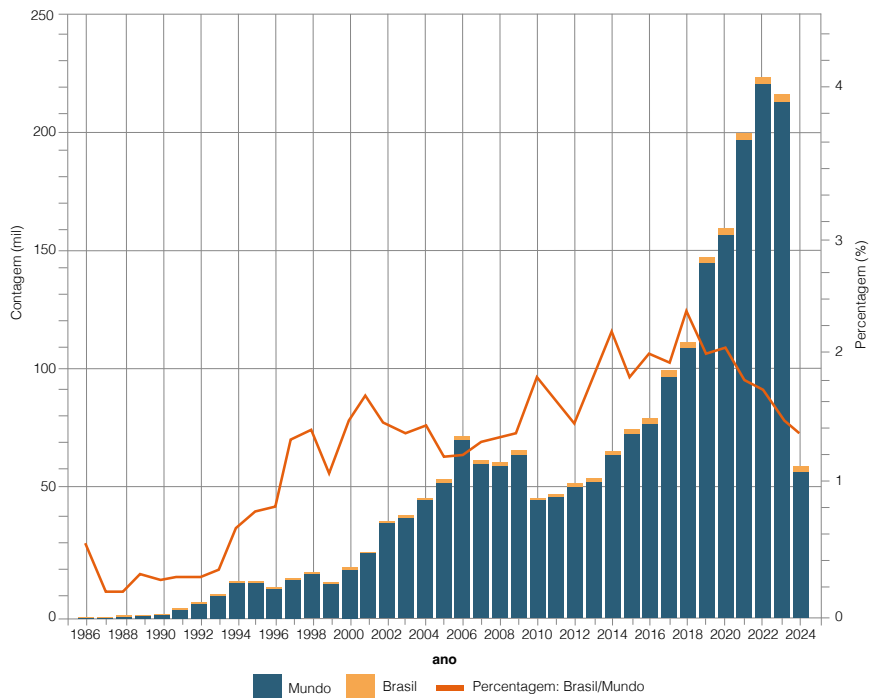


Figura 2. Comparação da produção científica em IA: cenário mundial *versus* Brasil

Fonte: CGEE/Clarivate/Web of Science (WoS), 2024. Elaboração própria.

A produção científica brasileira de inteligência artificial representa cerca de 1,5% e 1,7% da produção mundial, como ilustrado na Figura 2, em que a produção brasileira é destacada em laranja e a do resto do mundo em azul. Este resultado é um pouco menor que a média das parcelas de produção de artigos correspondentes ao Brasil em outras áreas de pesquisa, que gira em torno de 2% (OCTI, 2022). Apesar da pequena contribuição, o percentual cresceu nas últimas duas décadas, até 2019. Parte desse crescimento se deve à participação de pesquisadores e instituições brasileiras em grupos de pesquisa internacionais na área, mas também é fomentada por contribuições exclusivamente brasileiras. De 2019 em diante, apesar do crescimento da produção brasileira em IA, esta não acompanhou o crescimento da produção científica mundial, e o percentual de contribuições brasileiras caiu no período, como pode ser observado pela Figura 3.

¹¹ Obtidos em 7 de maio de 2024.

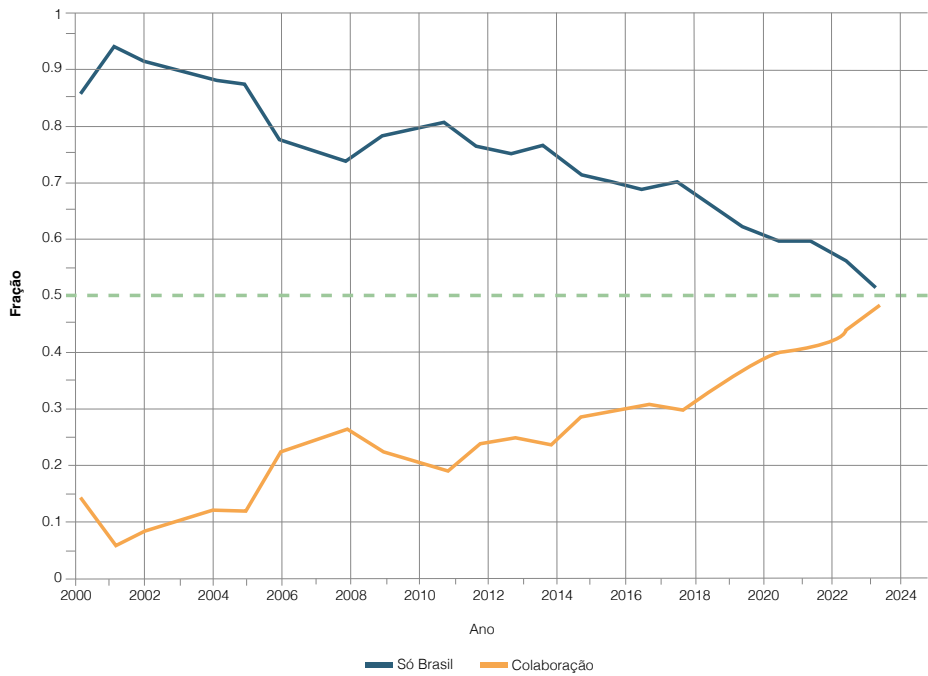


Figura 3. Comparação de colaboração na produção de artigos em IA: cenário mundial versus Brasil

Fonte: CGEE/Clarivate/WoS, 2024. Elaboração própria.

Até o início dos anos 2000, a produção de artigos científicos em IA era predominantemente nacional, mas essa dinâmica tem mudado. Em 2024, espera-se que metade dos artigos científicos na área seja resultado de colaborações internacionais. Este aumento é natural à medida que avanços científicos e tecnológicos globais ocorrem, refletindo também estratégias governamentais para internacionalização da ciência. Tais estratégias incluem a expansão de acordos de cooperação em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) com instituições estrangeiras, essenciais para superar a posição periférica do País em relação aos centros principais de pesquisa (SANTIN *et al.*, 2016).

A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, já em 2012, reconhecia a CT&I como crucial nas parcerias internacionais, especialmente com os países do grupo Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics). No entanto, as redes de colaboração internacional também destacam as disparidades existentes, devido à posição menos destacada do País em comparação aos seus principais parceiros. Portanto, apesar dos benefícios das colaborações atuais, é interessante haver uma estratégia clara para atrair diversidade nas parcerias, permitindo ao País assumir um papel mais influente nas pesquisas realizadas em conjunto com outras nações.

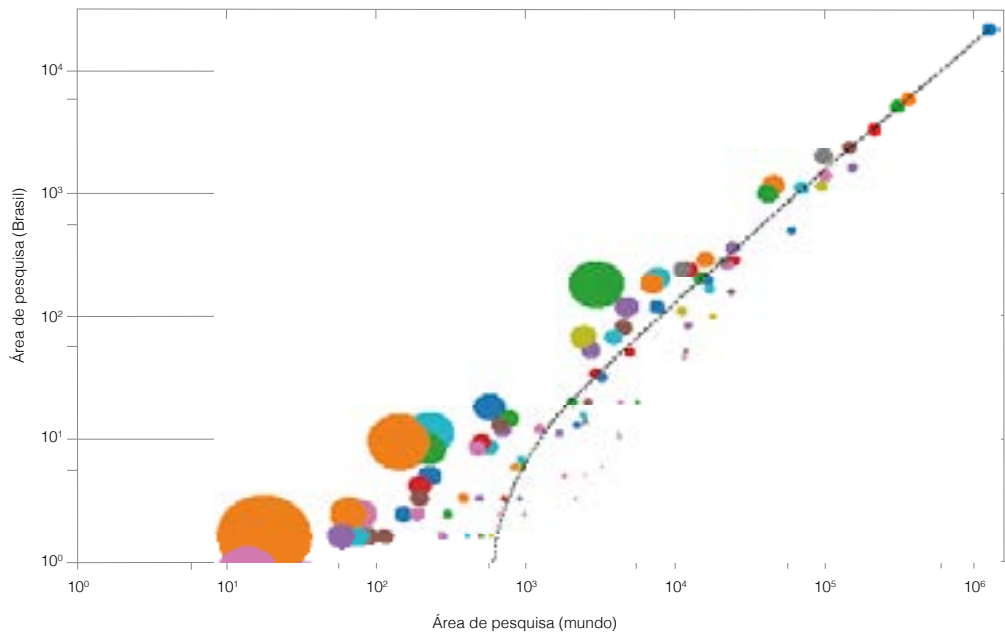


Figura 4. Produção proporcional de artigo científicos na WoS em várias áreas de pesquisa

Fonte: CGEE/Clarivate/WoS, 2024. Elaboração própria.

Em relação às áreas de pesquisa dos cientistas brasileiros, dados da WoS indicam uma distribuição variada. A Figura 4 ilustra como o Brasil contribui aproximadamente com 1,5% da produção global em IA (linha pontilhada), destacando áreas, como ergonomia, pesquisa operacional e engenharia de *software*, que têm contribuições acima da média. O tamanho das bolas no gráfico representa a fração da produção brasileira em cada área, enquanto os eixos x e y mostram o número de artigos no mundo e no Brasil, respectivamente.

A Figura 5 apresenta os temas da produção brasileira ao longo do tempo, mostrando o uso de palavras-chave características. Novos termos emergentes, como ChatGPT e *person re-identification (p-reid)*, são destacados nos temas de inteligência artificial e visão computacional/mineração de dados, refletindo áreas de pesquisa contemporâneas com médias de ocorrência mais recentes à direita no gráfico, nos grandes temas de *artificial intelligence* e *computer vision/data mining*, respectivamente.

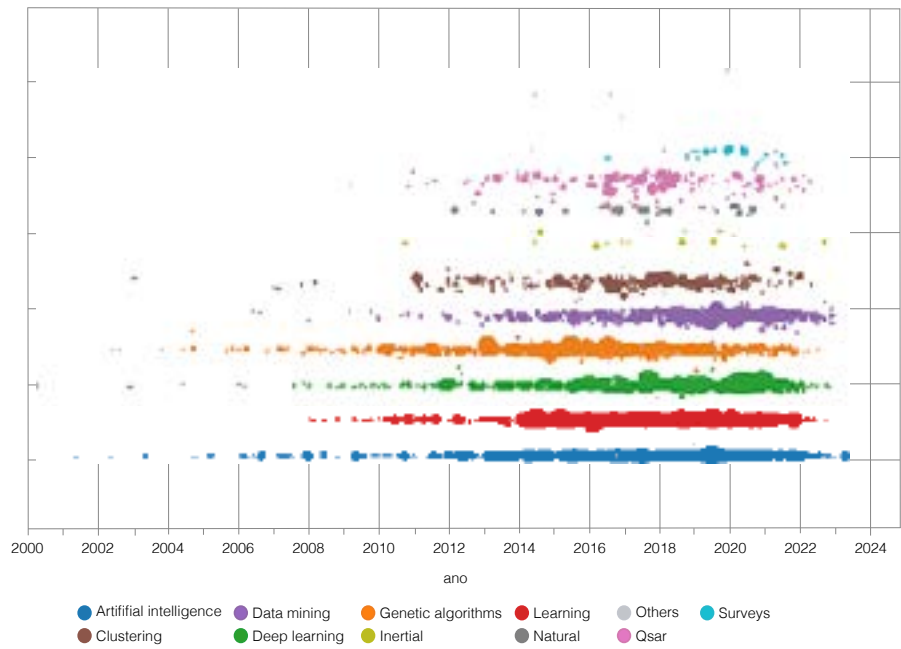


Figura 5. Tempo médio de ocorrência dos termos em determinadas classes temáticas
Fonte: CGEE/Clarivate/WoS, 2024. Elaboração própria.

2.4. Teses e dissertações em inteligência artificial

Para além da produção de artigos científicos, uma parte significativa da produção científica em inteligência artificial no Brasil é representada por teses e dissertações de pós-graduação. Esses trabalhos acadêmicos fornecem um panorama da formação de mestres e doutores em temas relacionados à IA no Brasil, que será descrito a seguir.

2.4.1. Palavras-chave e período de análise

Para uma análise sistemática, optou-se por coletar teses e dissertações relacionadas conceitualmente à IA, por meio das palavras-chave mais comuns à produção científica brasileira, como apresentadas na Figura 1. A busca foi realizada utilizando as palavras-chave em inglês¹² nos seguintes campos: título, resumo e palavras-chave das produções acadêmicas. Com isso, as 100 palavras-chave mais recorrentes na produção científica brasileira indexada na WoS foram utilizadas para a busca.

12 O idioma inglês foi utilizado para garantir comparabilidade com a produção científica global.

Em relação ao período de análise deste estudo, apesar da cobertura de o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes abranger o período de 1987 a 2022, delimitou-se para a presente análise os anos entre 2013 e 2022, devido às lacunas existentes nos dados no período anterior a 2013.¹³ Com base nas 100 palavras-chave selecionadas e na associação de pares¹⁴ dessas palavras, identificaram-se mais de 35 mil teses e dissertações relacionadas à inteligência artificial, para o período analisado de 2013 a 2022. A Tabela 1 exibe a distribuição anual das teses e dissertações em IA em relação ao total de teses e dissertações defendidas por ano no Brasil.

Tabela 1. Número de teses e dissertações em IA em relação ao número total de teses e dissertações, por ano de publicação

Ano	Dissertações			Teses		
	IA	Total	%	IA	Total	%
2013	1.098	51.856	2,1	428	15.653	2,7
2014	1.542	53.339	2,9	594	17.286	3,4
2015	1.686	56.543	3,0	763	18.996	4,0
2016	2.270	59.143	3,8	864	20.605	4,2
2017	2.565	62.572	4,1	1.077	22.056	4,9
2018	3.035	65.891	4,6	1.149	23.476	4,9
2019	3.351	68.721	4,9	1.313	24.432	5,4
2020	3.176	58.648	5,4	1.239	20.075	6,2
2021	3.352	59.754	5,6	1.353	21.100	6,4
2022	3.234	58.142	5,6	1.585	22.993	6,9

Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES, 2023).

A quantidade de teses e dissertações em inteligência artificial tem crescido consistentemente ao longo dos anos, com exceção de uma queda notável em 2020, atribuída aos desafios enfrentados pela pós-graduação brasileira durante a pandemia de covid-19 (CGEE, 2024). Até cerca de 2019, a produção de teses e dissertações relacionadas à IA vinha aumentando rapidamente. Passado 2020, a produção tem se mantido praticamente estável. Espera-se um crescimento mais significativo nos próximos anos, especialmente com o aumento das bolsas de pós-graduação devido à atualização do modelo de concessão pela Capes, conforme estabelecido pela Portaria nº 40/2022 do Ministério da Educação (MEC).

13 Antes de 2013, não havia disponibilidade do resumo (*abstract*) em inglês.

14 A associação de pares permite maior confiabilidade que a tese/dissertação seja da temática de IA, pois o trabalho tem que ter dois termos da temática.

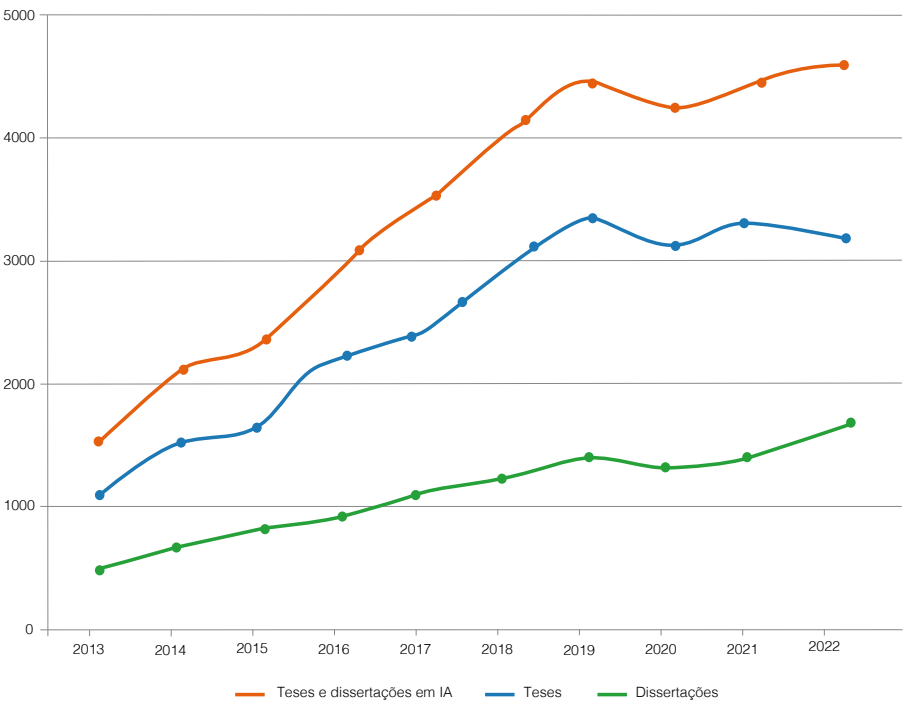


Figura 6. Número de teses e dissertações em IA por ano de publicação (2013-2022)

Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES, 2023).

A distribuição de teses e dissertações em inteligência artificial mostra uma predominância histórica na região Sudeste do Brasil, conforme evidenciado na Figura 6. No entanto, esse cenário tem se transformado ao longo dos anos, como indicado pelo estudo *Mestres e doutores 2024* (CGEE, 2024). Em 1996, a região Sudeste concentrava 67,4% dos títulos de mestres, reduzindo para 43,5% em 2021, com aumento significativo de participação das regiões Nordeste (de 10,6% para 20,5%) e Sul (de 17,3% para 21,9%). Quanto aos doutorados, a concentração na região Sudeste diminuiu de 88,8% em 1996 para 52,5% em 2021, com o Nordeste aumentando de 1,4% para 15,8%.

Em relação à inteligência artificial, apesar de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro liderarem a produção (Figura 6), as regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste mostraram crescimento mais expressivo entre 2013-2022: 507% no Norte, 340% no Nordeste e 327% no Centro-Oeste, comparados a 156% no Sudeste e 231% no Sul.

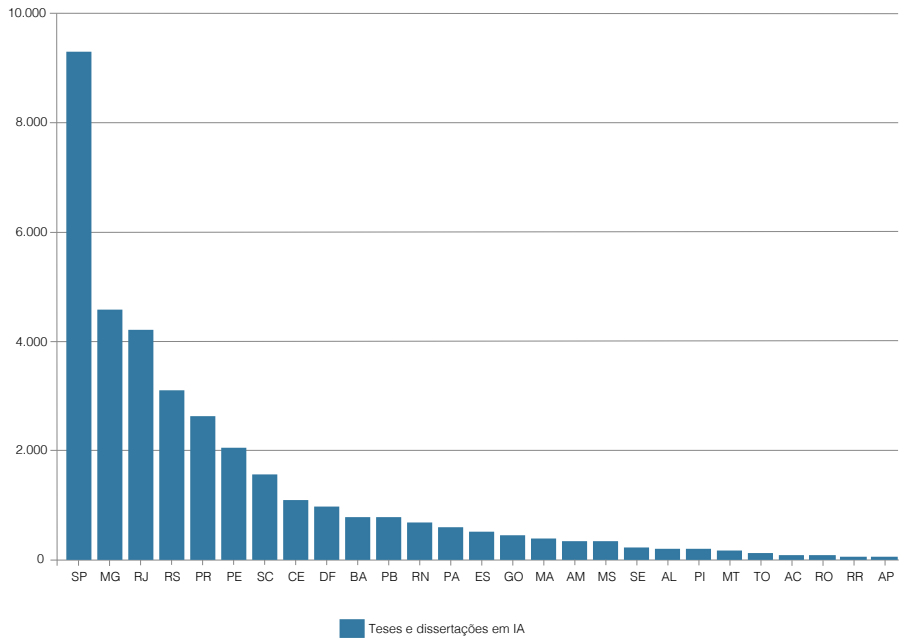


Figura 7. Número de teses e dissertações em IA por Unidade Federativa (UF) (2013-2022)

Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES 2023).

Esses dados destacam a descentralização da pós-graduação no Brasil, impulsionada por políticas de regionalização universitária e expansão significativa de universidades federais ao longo dos anos, conforme mencionado por Ciriani *et al.* (2015). Em 2002, o País contava com apenas 45 universidades federais concentradas no Sudeste e Sul, aumentando para 120 em 2022, com 40 na região Sudeste, 18 no Sul, 31 no Nordeste e 17 no Norte (INEP, 2024). O Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni) contribuiu para essa regionalização, com a criação de novos *campi* em cidades do interior.

Alguns estados do Nordeste, como Pernambuco, Ceará, Bahia e Paraíba, destacam-se na produção de inteligência artificial, resultado de investimentos históricos em ciência, tecnologia e inovação e políticas como a Lei de TICs. Iniciativas recentes – como os Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial – impulsionam novas dinâmicas e promovem a produção científica em IA em diversas regiões do País, por exemplo: i) o Centro de Excelência em Pesquisa Aplicada em IA para a Indústria na Bahia, coordenado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) *Campus* Integrado de Manufatura e Tecnologias (Cimatec) do Senai da Bahia; ii) o Centro de Referência em Inteligência Artificial (Cereia), vinculado à Universidade Federal do Ceará (UFC); e iii) o Praia Educação e o Centro de Excelência em IA para Segurança Cibernética, ambos

vinculados à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Essas iniciativas têm o potencial de fortalecer, ainda mais, a pesquisa e a inovação em IA em todo o Brasil, especialmente com os investimentos previstos pelo governo federal nos próximos anos.

Por fim, em relação às áreas do conhecimento da Capes¹⁵ que os trabalhos de tese e dissertação estão associados, observa-se que a Ciência da Computação lidera em quantidade, seguida por Engenharia Elétrica, Área Interdisciplinar, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção. As áreas de Medicina e Direito ocupam, respectivamente, o 11º e 17º lugar nesse *ranking* (Figura 8).

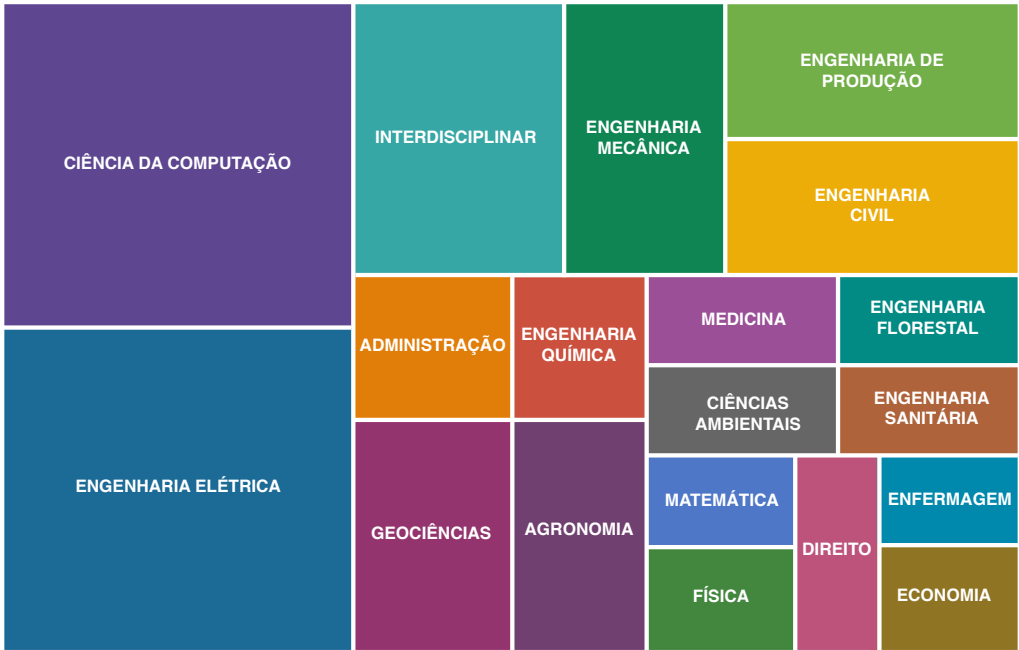


Figura 8. Número de teses e dissertações em IA por área do conhecimento (2013-2022)

Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES, 2023).

Esta análise revelou um crescimento significativo no número de teses e dissertações defendidas no Brasil sobre IA em 2022, comparado a 2013, com um aumento de aproximadamente 215%. A maioria desses estudos continua concentrada na região Sudeste do Brasil, especialmente em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No entanto, observa-se um crescimento em estados, como Pernambuco, Ceará, Bahia e Paraíba, indicando o surgimento de novos centros especializados nessa tecnologia.

¹⁵ Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>

Embora a inteligência artificial seja tradicionalmente estudada em campos, como ciência da computação e engenharias, há um aumento significativo de novas pesquisas na área da saúde, incluindo Enfermagem e Medicina, bem como em Ciências Ambientais e Agronomia. Esse fenômeno evidencia o vasto potencial de aplicação da IA em diversos setores da economia.

3. Contexto atual da pesquisa em inteligência artificial no Brasil e áreas de oportunidade

Conforme apresentado anteriormente, o Brasil tem evoluído na produção de artigos, teses e dissertações na área de inteligência artificial, porém ainda está distante dos principais países líderes no tema. Ao examinar o número de artigos publicados e citados, o número de patentes depositadas e o volume de investimentos, os principais líderes são Estados Unidos, China, França, Alemanha, Reino Unido, Índia, entre outros, com o Brasil aparecendo entre os 20 primeiros países em alguns *rankings* da temática (ABC, 2023).

Na área da saúde, a IA tem grande potencial de aplicação pela análise de grande volume de dados, o que pode contribuir na antecipação de tendências e no auxílio da identificação de doenças. Uma aplicação de grande utilidade para o Brasil e países tropicais é o uso da IA para detectar precocemente surtos de doenças tropicais mediante utilização de algoritmos para analisar grandes volumes de dados com sua associação a fatores ambientais (BVS, 2024). A doença de Chagas, uma patologia endêmica na América Continental, considerada negligenciada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que atualmente afeta mais de 6 milhões de pessoas na América Latina,¹⁶ principalmente pessoas mais pobres, poderia ser prevenida e ter seus casos reconhecidos precocemente com o auxílio da IA. Segundo o documento da Academia Brasileira de Ciências, um algoritmo de IA com base em uma rede neural já foi desenvolvido para identificar os chagásicos pelo eletrocardiograma (ECG) (ABC, 2023).

Na área da agricultura, o Brasil tem muito a contribuir com pesquisa e inovações, principalmente para aumento da produtividade e redução do desperdício ao longo da cadeia de produção e logística de alimentos. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil desperdiça cerca de 30% dos alimentos produzidos, desde as etapas pós-produção até o pré-consumo (JORNAL DA USP, 2024). A IA pode colaborar para a redução desse problema ao ser utilizada na logística e no rastreamento da produção, a fim de saber onde está ocorrendo as maiores perdas. Outro uso da IA é para o mapeamento do uso da terra com objetivo de realizar planejamento agroambiental, com impactos positivos na produtividade da terra. Um projeto

¹⁶ Disponível em: <https://www.icc.fiocruz.br/doenca-de-chagas>

da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) com universidades brasileiras está utilizando IA para o mapeamento da intensificação agrícola no Cerrado brasileiro (EMBRAPA, 2023), o que contribui para a geração de conhecimento na área e para a preservação do solo e do bioma.

Além desses exemplos, a IA pode ser aplicada no manejo de culturas, na criação de animais, no uso de recursos, como água e solo, e na oferta de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater),¹⁷ principalmente para os pequenos produtores, que costumam ter menor acesso aos serviços da Ater (PEREIRA; CASTRO, 2021).

Outras áreas possuem grande potencial, como energia. Para a transição energética em especial, a IA pode contribuir na otimização e integração de diversas fontes de energia, reduzindo a dependência de fontes fósseis. No setor financeiro, a IA pode contribuir para evitar fraudes que causam bilhões de prejuízos, além da capacidade em contribuir para a análise de políticas públicas e tornar o sistema de crédito e bancário mais igualitário. Não menos importantes, o setor público, a educação, o meio ambiente, as cidades inteligentes e diversas outras áreas possuem grande potencial de aplicação da IA.

4. Considerações finais e recomendações

Este estudo analisou a evolução da pesquisa em inteligência artificial no Brasil, destacando o crescimento significativo na produção científica, especialmente nos últimos cinco anos. Com mais de 36.700 artigos científicos publicados por pesquisadores brasileiros em periódicos indexados na *Web of Science*, observa-se um aumento tanto em quantidade quanto em qualidade das publicações. A EBIA e a implementação dos CPA são marcos importantes que impulsionaram esses avanços.

Os resultados indicam que, apesar da modesta contribuição brasileira na produção científica global, há um potencial significativo de crescimento. A análise revelou que áreas estratégicas, como agricultura, saúde e cidades inteligentes, são campos promissores para a aplicação da IA no Brasil. O aumento das colaborações internacionais também destaca a relevância de parcerias para elevar a visibilidade e o impacto das pesquisas brasileiras.

As descobertas deste estudo sugerem que o Brasil está bem posicionado para se tornar um líder regional em pesquisa e desenvolvimento de IA. No entanto, para alcançar esse objetivo, é crucial enfrentar os desafios existentes, como a baixa representatividade na produção científica global,

¹⁷ A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu a Plataforma Ater + Digital, que fornece informações relevantes sobre cadeias produtivas, cursos e informações direcionadas em atender às demandas.

a desigualdade regional e a necessidade de maior financiamento e infraestrutura. As iniciativas para promover a desconcentração regional e aumentar as colaborações internacionais são passos cruciais para fortalecer a pesquisa em IA no País.

O Brasil está em um momento decisivo no desenvolvimento de sua pesquisa em inteligência artificial. Com os esforços corretos, o País pode alcançar um salto qualitativo e quantitativo na produção científica.

5. Referências

ASIMOV, Isaac. **Runaround**. I, Robot (The Isaac Asimov Collection 1 ed.). New York City: Doubleday. p. 40, 1950. ISBN 978-0-385-42304-5.

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ABC). ALMEIDA, Virgílio A. F. (Coord.). **Recomendações para o avanço da inteligência artificial no Brasil**: GT-IA da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, RJ: ABC, 2023. ISBN: 978-65-981763-0-3. Disponível em: <https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2023/11/recomendacoes-para-o-avanco-da-inteligencia-artificial-no-brasil-abc-novembro-2023-GT-IA.pdf>. Acesso em: 22 maio 2024.

BIBLIOTECA VIRTUAL DO MINISTÉRIO DA SAÚDE (BVS). **Revolução da inteligência artificial**: uso na saúde traz novas possibilidades, 2024. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/revolucao-da-inteligencia-artificial-uso-na-saude-traz-novas-possibilidades/>. Acesso em: 17 set. 2024.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Brasil**: mestres e doutores 2024. Brasília, DF. Disponível em: <https://mestresdoutores2024.cgee.org.br>. Acesso em: 29 maio 2024.

CIRANI, C.B.S.; CAMPANARIO, M. de A.; SILVA, H.H.M. da. A evolução do ensino da pós-graduação senso estrito o Brasil: análise exploratória e proposições para pesquisa. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas, 20(1), p. 163-187, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.590/S1414-40772015000500011>. Acesso em: 29 maio 2024.

COSTA, Anna H. R. *et al.* **Trajetória acadêmica da Inteligência Artificial no Brasil**. In: Inteligência Artificial: avanços e tendências. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2021. DOI: 10.11606/9786587773131. ISBN 978-65-87773-13-1.

EMBRAPA. **Inteligência artificial torna mais preciso o mapeamento da intensificação agrícola no Cerrado**. 12 set. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/83327528/inteligencia-artificial-torna-mais-preciso-o-mapeamento-da-intensificacao-agricola-no-cerrado>. Acesso em: 15 out. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISA EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP).

Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2022. Diretoria de Estatísticas Educacionais (DEED). Brasília, DF. 2024. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_educacao_superior_2022.pdf. Acesso em: 22 maio 2024.

JORNAL DA USP. **Perdas pós-produção e pré-consumo geram um grande desperdício de alimentos no Brasil.** 2024. Disponível em: [https://jornal.usp.br/atualidades/perdas-pos-producao-e-pre-consumo-geram-um-grande-desperdicio-de-alimentos-no-brasil/#:~:text=Dados%20do%20IBGE%20\(Instituto%20Brasileiro,levem%20ao%20reaproveitamento%20de%20alimentos](https://jornal.usp.br/atualidades/perdas-pos-producao-e-pre-consumo-geram-um-grande-desperdicio-de-alimentos-no-brasil/#:~:text=Dados%20do%20IBGE%20(Instituto%20Brasileiro,levem%20ao%20reaproveitamento%20de%20alimentos). Acesso em: 11 maio 2024.

LABORATÓRIO NACIONAL DE COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA (LNCC). **Instituto IA/LNCC.** Disponível em: <https://instituto.ia.lncc.br/pt/sobre-o-instituto-ia>. Acesso: 7 jun. 2024.

MCCARTHY, J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. **A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence**, August 31, 1955. *AI Magazine*, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 12, 2006. DOI: 10.1609/aimag.v27i4.1904.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI) (2021). **Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA).** Secretária de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI). Brasília. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinteligenciaartificial/ebia-documento_referencia_4-979_2021.pdf. Acesso em: 17 maio 2024.

MCCULLOCH, Warren S.; PITTS, Walter. A Logical Calculus of the Ideas Immanent In Nervous Activity. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 5, n. 12. p. 115-133, 1943. Disponível em: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=782>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MOOR, James. **"The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty years"**, *AI Magazine*, v. 27, n. 4, p. 87-89, 2006.

MOORE, Gordon E. Cramming more components onto integrated circuits. Reprinted from **Electronics**, v. 38, n. 8, p.114 ff, April 19 1965. In: **IEEE Solid-State Circuits Society Newsletter**, v. 11, n. 3, p. 33-35, Sept. 2006. DOI: 10.1109/N-SSC.2006.4785860.

OBSERVATÓRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (OCTI). **Boletim Anual.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: v. 1 (jun. 2021), v. 2 (maio, 2022), v. 3 (jun. 2023). Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2021. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/CGEE_OCTI_Boletim_Anuual_do_OCTI_2022.pdf. Acesso em: 22 maio 2024.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE) (2019), **A measurement roadmap for the future, in Measuring the Digital Transformation: a Roadmap for the Future**, OECD Publishing, Paris. Disponível em: www.oecd.org/going-digital/measurement-roadmap.pdf. Acesso em: 17 maio 2024.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. **Assistência técnica na agricultura brasileira: uma análise sobre a origem da orientação técnica por meio do Censo Agropecuário de 2017.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Texto para Discussão nº 2704. Rio de Janeiro, out. 2021.

SANTIN, D. M.; VANZ, S. A. S.; STUMPE, I. R. C. **Internacionalização da produção científica brasileira: políticas, estratégicas e medidas de avaliação.** *Revista Brasileira de Pós-Graduação (RBPG)*, Brasília, v. 13, n. 30, p. 81-100, jan./abr. 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC). **Universidade pública no Brasil: nova expansão com novos significados.** Disponível em: <https://portal.sbpcnet.org.br/noticias/universidade-publica-no-brasil-nova-expansao-com-novos-significados/>. Acesso em: 22 maio 2024.

TURING, Alan. **Computing Machinery and Intelligence**, *Mind*, LIX (236), p. 433-460, October 1950). DOI:10.1093/mind/LIX.236.433.

