

ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO, ÉTICA E INCLUSÃO: UMA INVESTIGAÇÃO COM O SOFTWARE VOSVIEWER

Wellington Cantanhede dos Santos¹, Dadson Luis Ferreira Leite², Edvan Moreira³

RESUMO

Este estudo teve como objetivo mapear evidências do papel essencial das instituições na consolidação da inteligência artificial (IA), especialmente nas áreas de educação, saúde e linguagem. Realizou-se uma análise cientométrica tendo como base os indicadores de produtividade, volume de publicações, força de conexão científica, considerados como indicadores de impacto e colaboração. EUA, China, Inglaterra e Índia lideram, com destaque para os EUA em produtividade e para a Inglaterra em articulação internacional. Instituições como Mayo Clinic, UCL e Monash University demonstram diferentes perfis de influência. Os termos "Artificial Intelligence" e "ChatGPT" ocupam posição central nas redes, revelando sua aplicação multidisciplinar. A análise reforça a importância de estratégias colaborativas e interdisciplinares no avanço da pesquisa em IA e na definição de políticas científicas mais eficazes.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, IA Generative, Cientometria, Colaboração Científica, Educação.

ABSTRACT

This study aimed to map evidence of the essential role of institutions in consolidating Artificial Intelligence (AI), particularly in the fields of education, health, and language. A scientometric analysis was conducted based on indicators of productivity, publication volume, and scientific connection strength, considered as measures of impact and collaboration. The United States, China, England, and India lead in scientific output, with the United States standing out in productivity and England in international articulation. Institutions such as the Mayo Clinic, UCL, and Monash University demonstrate distinct profiles of influence. The terms "Artificial Intelligence" and "ChatGPT" occupy central positions within the networks, highlighting their multidisciplinary applications. The analysis underscores the importance of collaborative and interdisciplinary strategies for advancing AI research and shaping more effective scientific policies.

Keywords: Artificial Intelligence, Generative AI, Scientometrics, Scientific Collaboration, Education.

¹ Doutorando em Ensino, Rede Nordeste de Ensino - RENOEN/UEMA. Possui Graduação em Física pelo IFMA. Mestrado em Física da Matéria Condensada pela UFRN. Professor de Robótica Educacional da Rede Estadual do Maranhão, IP São José de Ribamar, Maranhão, Brasil. E-mail: wellingtonc.santos@hotmail.com.

² Doutorando em Ensino, Rede Nordeste de Ensino - RENOEN/UEMA. Possui Graduação em Física pela UEMA. Mestrado em Ensino de Física pela UFMA. Professor de Física da Rede Estadual do Maranhão (SEDUC/MA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: dadsonleite@hotmail.com.

³ Doutor em Física pelo Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professor do Departamento de Física (DFIS/UEMA) e Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino - RENOEN/UEMA. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: edvan.moreira@fisica.uema.br.

1. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial Generativa tem transformado o cenário educacional ao oferecer caminhos promissores para personalização da aprendizagem, avaliações adaptativas e novos métodos de ensino. Suas aplicações já são observadas desde a educação básica até o ensino superior, promovendo mais engajamento, autonomia e, em muitos casos, melhor desempenho acadêmico.

No entanto, os avanços trazem consigo dilemas importantes: a adoção dessas ferramentas exige atenção cuidadosa a aspectos como integridade acadêmica, uso responsável e o equilíbrio entre tecnologia e ação humana. Especialistas alertam que, embora a IAG possa enriquecer a experiência de aprendizagem, também pode reduzir a autoria e provocar dependência cognitiva se usada sem critérios.

Mais do que um recurso técnico, a IA vem sendo compreendida como um agente sociotécnico que influencia não apenas o conteúdo, mas também a forma como os sujeitos aprendem, interagem e se desenvolvem. Estudos educacionais com base sociocultural revelam que a autonomia estudantil emerge das relações sociais mediadas pela tecnologia, o que exige uma nova compreensão dos processos pedagógicos. Nesse contexto, a IAG atua em uma zona crítica entre apoio e substituição, o que reforça a necessidade de diretrizes éticas e pedagógicas que assegurem a centralidade do humano nas decisões educacionais e promovam práticas mais conscientes e colaborativas.

Por fim, cresce entre pesquisadores a preocupação com a forma como a IA é implementada nos sistemas educacionais. Sem uma regulação adequada, seu uso pode aprofundar desigualdades, comprometer a privacidade e enfraquecer vínculos pedagógicos. Por isso, é urgente desenvolver políticas públicas inclusivas, formar educadores para o uso ético da tecnologia e garantir a participação ativa de todos os envolvidos. Ainda são raros os estudos que integram de forma sistemática as dimensões éticas e inclusivas da IA na educação, o que torna o presente artigo relevante ao propor

um mapeamento crítico dessas questões e contribuir para uma abordagem mais sensível, democrática e transformadora do uso da IA educacional.

1.1. Inteligência Artificial geral e generativa no contexto educacional contemporâneo

A IA generativa (GAI) apresenta um potencial significativo para o aprendizado personalizado, a avaliação adaptativa, métodos de ensino inovadores e a comunicação intercultural na educação primária, superior e profissional (Lang *et al.*, 2025) proporcionando benefícios em engajamento e desempenho via avaliações personalizadas (Zapata-Rivera *et al.*, 2024). No âmbito da aprendizagem personalizada, a Inteligência Artificial Generativa tem sido analisada a partir de perspectivas que articulam inovação pedagógica e desafios éticos.

Segundo Francis *et al.* (2025), a IA generativa como uma tecnologia é capaz de ampliar a aprendizagem personalizada e a autonomia estudantil, apresentando evidências de melhorias no desempenho acadêmico. Contudo, os autores ressaltam que tais avanços estão condicionados à necessidade de enfrentamento de barreiras relacionadas à integridade acadêmica e ao uso responsável dessas ferramentas.

De modo complementar, Giannakos *et al.* (2024), destacam o potencial da IA generativa para o aprimoramento do design instrucional e dos processos de feedback educacional, enfatizando seu papel no apoio à aprendizagem ativa. Entretanto, assim como o estudo anterior, os autores reconhecem as mudanças éticas associadas ao uso dessas tecnologias, defendendo a adoção de modelos pedagógicos baseados em papéis híbridos entre humanos e máquinas.

No âmbito das pesquisas recentes sobre Inteligência Artificial no ensino superior, observa-se uma convergência entre análises empíricas e estudos de mapeamento científico ao reconhecer tanto os ganhos cognitivos quanto os riscos associados à integração da IA nos processos educacionais. Pesquisadores evidenciam que a influência

da IA generativa pode ampliar significativamente a complexidade argumentativa, a diversificação cognitiva, a complexidade sintática e a coerência textual dos estudantes, ao mesmo tempo em que revela efeitos problemáticos, como a redução da subjetividade autoral e o aumento da superdelegação cognitiva, com parte dos discentes recorrendo à geração integral de conteúdo por IA (Horban *et al.*, 2025).

De modo complementar, o estudo bibliométrico de Simanjuntak *et al.* (2025) demonstra que essas problemáticas refletem em uma agenda científica em amadurecimento, estruturada em torno de clusters relacionados à ética e governança, à adoção docente e à incorporação de ferramentas como a IA generativa. Assim, enquanto Horban *et al.* (2025) aprofundam os impactos microcognitivos e pedagógicos do uso da IA, Simanjuntak *et al.* (2025), ampliam os olhares para o plano macroorganizacional e institucional, indicando que a consolidação de modelos como a *Orange Technology* pode oferecer caminhos para alinhar inovação educacional, bem-estar organizacional e responsabilidade ética no uso da IA.

Dessa forma, observa-se uma convergência entre os estudos ao reconhecerem tanto o potencial transformador da IA generativa na educação quanto a necessidade de estabelecer limites éticos e pedagógicos claros. Enquanto um enfoque privilegia os ganhos em personalização e autonomia, o outro amplia a discussão ao propor configurações híbridas de ensino, evidenciando que a integração da IA generativa no contexto educacional deve ocorrer de maneira crítica, equilibrada e orientada por princípios éticos.

1.2.A Inteligência Artificial generativa como elemento estruturante da cultura digital e da transformação dos sistemas educativos, e não apenas como ferramenta pedagógica

A Inteligência Artificial Generativa na transformação de sistemas educativos deve ser compreendida não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas como um agente

mediador sociotécnico capaz de influenciar a formação da autonomia, das questões educacionais e das dinâmicas emocionais.

No campo dos estudos educacionais de orientação sociocultural, Kulikov e Shirokova (2021) analisam os processos formativos a partir das dinâmicas coletivas de aprendizagem e da mediação social das tecnologias. Inseridos em uma perspectiva que compreende a educação como prática socialmente situada, os autores defendem que a organização de atividades coletivas sem controle externo rígido favorece o desenvolvimento de emoções positivas, orientações sociais e comportamentos autônomos. Nessa abordagem, a autonomia não é concebida como atributo individual isolado, mas como um fenômeno emergente das interações sociais, capaz de sustentar a formação de motivos educacionais e cognitivos. Tais motivos, interpretados como “algoritmos” orientadores da ação, assumem papel central no desenvolvimento pessoal, especialmente em contextos educacionais mediados por tecnologias inteligentes.

Essa compreensão dialoga diretamente com a proposta de Asada (2019), que desloca o debate da autonomia cognitiva para o campo da consciência artificial e da empatia.

À luz das contribuições apresentadas, a Inteligência Artificial Generativa na educação pode ser compreendida como um mediador sociotécnico central, inserido em dinâmicas educacionais, culturais e emocionais mais amplas. Mais do que um recurso instrumental, a IA passa a integrar os próprios processos de produção de sentido, organização das interações e constituição da autonomia dos sujeitos. Nessa perspectiva, em consonância com Kulikov e Shirokova (2021), a autonomia não se configura como atributo individual isolado, mas emerge das interações coletivas e da autorregulação social, sendo sustentada por motivos educacionais e cognitivos construídos no contexto das práticas mediadas por tecnologias. Assim como ocorre nas análises sobre o ambiente digital, a IA generativa não atua em um espaço separado ou estável, mas atravessa e reorganiza continuamente as fronteiras entre o humano e o tecnológico, o cognitivo e o social, exigindo uma compreensão integrada de seus impactos formativos.

Nesse contexto, a IA generativa passa a operar em uma zona crítica entre o apoio cognitivo e o risco de superdelegação, podendo tanto potencializar processos formativos quanto fragilizar a agência dos sujeitos. Tal ambiguidade exige a construção de arcabouços pedagógicos e éticos que assegurem a centralidade da ação humana, a transparência dos processos algorítmicos e a responsabilização educacional nas práticas mediadas por IA.

Nesse sentido, as pesquisas convergem ao reconhecer que emoções, motivação e interação social são elementos centrais tanto para o desenvolvimento humano quanto para o avanço de sistemas artificiais mais sofisticados. Contudo, enquanto Kulikov e Shirokova (2021) mantêm seu foco nos impactos educacionais e culturais da autonomia e da autorregulação, Asada (2019) amplia a discussão ao introduzir implicações éticas e morais, questionando o estatuto moral dos robôs, a reciprocidade ética nas interações humano-máquina e a possibilidade de atribuição de responsabilidade a sistemas artificiais.

Essas discussões teóricas e normativas encontram repercussão direta no campo educacional, com desafios relacionados à compreensão de conhecimentos complexos, à acessibilidade tecnológica e à definição clara do papel da IA no contexto educacional, o que demanda uma colaboração estreita entre educadores e pesquisadores. A inserção dessas tecnologias nos processos de ensino, aprendizagem, avaliação e gestão educacional (Lang *et al.*, 2025).

1.3. Desafios éticos da IA na educação

No campo da ética digital aplicada à educação, diferentes autores têm pesquisado sobre os desafios associados à integração da Inteligência Artificial (IA), principalmente no que diz respeito à privacidade de dados, justiça algorítmica e equidade no acesso educacional.

Os estudos consideram suas análises em torno de três principais tópicos: (i) os riscos éticos e sociais da utilização da IA; (ii) o impacto da IA sobre populações vulneráveis; e (iii) diretrizes para um uso ético, transparente e inclusivo da tecnologia no ambiente educacional.

Autores como Khan (2024) e, Nurhasanah e Nugraha (2024) abordam os dilemas éticos sob a perspectiva da proteção de dados, viés algorítmico e vigilância digital, apontando para a necessidade de estruturas regulatórias robustas, que garantam transparência nas decisões automatizadas e promovam o letramento ético em IA. Esses pesquisadores compreendem a IA como uma tecnologia que, sem a devida regulação, pode reforçar desigualdades educacionais e comprometer a integridade do processo de ensino-aprendizagem.

No campo das políticas públicas e justiça educacional, Slimi e Carballido (2023) analisam os impactos da IA no ensino superior, destacando preocupações com desigualdades sociais, insegurança no trabalho docente e o risco de exclusão de grupos vulneráveis. Esse debate é aprofundado por Baker e Hawn (2022), que investigam como o viés algorítmico afeta diretamente grupos historicamente marginalizados, como pessoas com deficiência, minorias étnicas e estudantes em situação de vulnerabilidade socioeconômica, propondo estratégias concretas de mitigação.

Complementarmente, AlAli e Wardat (2024) tratam da integração da IA generativa a partir de princípios de design inclusivo, defendendo a criação de diretrizes éticas e mecanismos de transparência que assegurem o acesso equitativo e participativo de todos os aprendizes. Esses autores partem de uma abordagem que entende a tecnologia como mediadora das relações pedagógicas, e não como substituta da dimensão humana no processo educativo.

Nessas discussões, os autores convergem na compreensão de que a inteligência artificial, quando aplicada à educação sem regulação crítica, pode aprofundar desigualdades já existentes, comprometer a privacidade e enfraquecer aspectos essenciais

da relação pedagógica. A IA não é apresentada como uma ferramenta neutra, mas como uma tecnologia que carrega implicações éticas, políticas e sociais profundas.

Por isso, a ênfase recai na necessidade de políticas públicas inclusivas, formação docente adequada e diretrizes éticas que assegurem transparência, justiça algorítmica e participação ativa de todos os sujeitos educacionais. Em vez de tratar a IA como uma solução universal e automatizada, essas análises reforçam a importância de abordagens que considerem a diversidade dos contextos, a mediação humana e o papel das instituições na promoção de uma educação verdadeiramente equitativa.

1.4. IA, políticas educacionais e governança

Segundo Miao *et al.* (2021), a Inteligência Artificial na Educação tem sido utilizada principalmente para apoiar a gestão educacional, personalizar a aprendizagem, automatizar processos avaliativos e fortalecer a prática docente, devendo seu uso ser ético, inclusivo, equitativo e orientado ao desenvolvimento humano.

No campo das políticas públicas, da governança educacional e dos estudos sobre tecnologias emergentes, diferentes autores têm se dedicado a compreender as implicações da inteligência artificial (IA) no ensino superior, com foco especial nos marcos regulatórios, desafios éticos e transformações pedagógicas em curso. A IA é tratada não apenas como uma ferramenta técnica, mas como um agente que reconfigura práticas institucionais, exigindo novos arranjos normativos e epistêmicos.

Mahrishi, Abbas e Siddiqui (2025) analisam iniciativas globais voltadas à criação de estruturas regulatórias para a integração da IA no ensino superior, com ênfase na transparência e no equilíbrio ético. Partindo de casos institucionais e políticas formuladas por organizações como a UNESCO, União Europeia e RAND Europe, os autores propõem que modelos de governança já consolidados sirvam como referência para outros países adaptarem suas próprias diretrizes.

McDonald *et al.* (2025) investigam como universidades norte-americanas de alta intensidade em pesquisa (R1) vêm elaborando diretrizes para o uso da IA generativa (GenAI). Os resultados mostram uma tendência à adoção entusiástica da tecnologia, mas com riscos de sobrecarga para docentes e de integração superficial e apressada, sobretudo no que tange às implicações éticas. As orientações analisadas enfatizam o uso da GenAI em atividades de escrita, negligenciando áreas como programação e STEM, além de alertarem para a necessidade de políticas mais equilibradas, centradas na justiça e na equidade.

Já García-López e Trujillo-Liñán (2025) discutem os desafios legais da IA generativa, defendendo a criação de marcos regulatórios dinâmicos, colaborativos e alinhados a valores sociais como transparência, responsabilidade e cooperação internacional. Os autores sustentam que o uso ético da GenAI exige políticas claras, treinamento em literacia digital e comitês de ética institucionalizados. Destacam ainda que princípios éticos precisam estar integrados às legislações, especialmente no tocante à proteção de dados e ao combate a vieses algorítmicos.

Almaraz-Menéndez *et al.* (2022), por sua vez, abordam a IA a partir de uma perspectiva estratégica e de planejamento institucional, propondo sua inclusão curricular como resposta às demandas do mercado de trabalho e aos potenciais benefícios pedagógicos e administrativos da tecnologia. Ainda assim, os autores alertam para a carência de um marco ético global consolidado e ressaltam a necessidade de investimento em infraestrutura, formação docente e pesquisa multidisciplinar para uma adoção responsável da IA no ensino superior.

Entretanto, ao observarmos o conjunto dessas abordagens, é possível notar uma tendência recorrente: ainda que os autores reconheçam a necessidade de regulação ética, formação docente e inclusão digital, a IA segue sendo majoritariamente compreendida como um instrumento técnico passível de ser regulado, adaptado e integrado às práticas pedagógicas conforme decisões humanas. Essa leitura, embora relevante, pode limitar a

análise ao reforçar uma separação rígida entre sujeito e tecnologia, como se a agência estivesse apenas nas mãos das instituições, dos legisladores ou dos docentes.

Dessa forma, mais do que pensar a IA como uma ferramenta a ser moldada pelo humano, é necessário reconhecer sua participação ativa na produção de subjetividades, decisões pedagógicas e critérios de exclusão ou inclusão. Esse entendimento nos convida a construir políticas e práticas educativas que não apenas regulamentem a tecnologia, mas que também problematizem os próprios valores e racionalidades que sustentam sua aplicação no campo educacional.

1.5. Limitações das revisões existentes e justificativa do estudo

A produção científica sobre IA na educação cresceu consideravelmente na última década, com múltiplos estudos bibliométricos indicando aumentos rápidos, muitas vezes exponenciais, em publicações e citações.

No âmbito dos estudos sobre tecnologias educacionais e políticas científicas, os pesquisadores que analisam a Inteligência Artificial na Educação (IAEd) têm adotado abordagens bibliométricas para compreender o crescimento do campo, os focos temáticos predominantes e os agentes institucionais mais influentes. Esses estudos ajudam a traçar uma linha detalhada da produção acadêmica sobre IAEd nas últimas décadas.

Pesquisadores como Irfan *et al.* (2025) e Azza Abdullah (2022) destacam o crescimento exponencial das publicações sobre IA na educação, com ênfase em áreas como ética em IA, alfabetização digital e aplicações em ensino de línguas. Ao empregar técnicas como *Latent Dirichlet Allocation* e análise de coautoria, esses estudos revelam como o campo se consolida em torno de grandes polos de produção, com destaque para China e Estados Unidos, e apontam lacunas em termos de diversidade geográfica e contextual.

Já autores como Akhamadieva *et al.* (2024) e Prahani *et al.* (2022) voltam-se especificamente ao ensino superior, indicando um aumento acentuado nas pesquisas após

2019. Os trabalhos sinalizam o potencial da IA para transformar métodos de ensino, especialmente com base em estratégias personalizadas, e enfatizam a necessidade de inserção da IA nos currículos universitários, desde que acompanhada de reflexão ética. Tais análises se alinham a uma linha de pensamento que articula inovação tecnológica com responsabilidade educacional.

Talan (2021) e Metli (2023), por sua vez, se dedicam a examinar as propriedades bibliométricas da literatura acadêmica sobre IAEd, identificando os autores mais produtivos, as redes de colaboração mais ativas e os termos mais recorrentes. Nesses estudos, termos como *machine learning*, *intelligent tutoring systems* e *deep learning* aparecem como centrais, reforçando o predomínio de abordagens técnico-instrumentais no campo. Ainda assim, os autores também alertam para o risco de concentração temática e institucional, reforçando a necessidade de fomentar uma agenda mais diversa, interdisciplinar e sensível às especificidades educacionais.

Desse modo, os pesquisadores que atuam nessa frente não apenas mapeiam o desenvolvimento da área, mas também propõem uma reflexão crítica sobre as desigualdades de visibilidade, os padrões de colaboração científica e as prioridades de pesquisa que estão moldando o futuro da IA na educação.

A literatura existente começou a conectar as dimensões éticas e inclusivas da IA na educação, mas essa integração ainda é emergente, fragmentada e frequentemente implícita, em vez de teorizada sistematicamente. As pesquisas apontam explicitamente que ainda faltam estudos que mapeiem, de forma sistemática, tendências, lacunas e disputas conceituais sobre ética e inclusão na IA em educação, o que configura um campo fértil de investigação.

1.6. Objetivo do artigo

O presente estudo foi elaborado com o objetivo de mapear e analisar as dimensões éticas e inclusivas da Inteligência Artificial Geral e Generativa na educação, por meio de

uma revisão cienciométrica da literatura científica internacional, considerando: (i) o crescimento da produção acadêmica sobre o tema; (ii) os subdomínios mais recorrentes nas investigações; (iii) os países, instituições e autores com maior relevância e produtividade; e (iv) os periódicos científicos mais influentes na disseminação desse conhecimento. A proposta visa oferecer uma visão crítica e fundamentada das principais tendências, lacunas e disputas conceituais que permeiam esse campo emergente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos de pesquisa deste estudo, foram identificadas publicações acadêmicas no campo da inteligência artificial, ética e inclusão na educação. A lista de artigos foi obtida por meio da base de dados *Web of Science Core Collection*, selecionando os dados mais relevantes da literatura existente, atendendo a critérios de elegibilidade previamente definidos, conforme proposto por Ramírez-Montoya e García-Peñalvo (2018).

2.1 Desenho do estudo cientométrico

O estudo é caracterizado como uma revisão cientométrica de natureza sistematizada, cuja escolha se justifica pela necessidade de mapear a estrutura, o volume de produção científica, as redes de colaboração e as frentes temáticas presentes na literatura analisada.

Para isso, foram adotadas diferentes abordagens analíticas, incluindo:

- Análise de desempenho, contemplando a evolução das publicações ao longo do tempo, os principais periódicos e os países mais produtivos;
- Análise de redes, envolvendo relações de coautoria, cocitação e coocorrência de termos;

- Análise temática, com o objetivo de identificar os principais eixos conceituais e tendências emergentes no campo investigado.

2.2 Estratégia de busca

A chave de busca foi organizada com foco em três blocos conceituais principais apresentados na Tab.1, combinados com o operador booleano AND e sinônimos conectados com o operador AND. A seguir a chave de busca completa utilizada.

("Artificial General Intelligence" OR "Generative Artificial Intelligence" OR "Generative AI" OR "Large Language Model*" OR "ChatGPT" OR "Artificial Intelligence in Education" OR "AI in Education") AND (education OR "higher education" OR "teacher education" OR pedagogy OR "digital competence" OR "educational policy" OR "learning environment*" OR "curriculum design") AND (ethic* OR "social inclusion" OR inclusion OR equity OR "algorithmic bias" OR "algorithmic transparency" OR "data protection" OR "data privacy" OR justice OR "digital justice" OR "responsible AI")

Tabela 1 – Lista dos termos da chave de busca

Bloco temático	Descrição	Termos
1. Inteligência Artificial	Tipos e aplicações de IA generativa e IA geral.	"Artificial General Intelligence", "Generative Artificial Intelligence", "Generative AI", "Large Language Model*", "ChatGPT", "Artificial Intelligence in Education", "AI in Education"
2.Contexto Educacional	Ambientes educacionais, políticas e práticas.	Education, "higher education", "teacher education", pedagogy, "digital competence", "educational policy", "learning environment*", "curriculum design"
3.Tópicos Éticos e Inclusão	Aspectos éticos, legais e sociais do uso da IA.	Ethic*, "algorithmic bias", "algorithmic transparency", "data protection", "data privacy", "responsible AI", justice, social inclusion, inclusion, equity, "digital justice"

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A busca foi realizada em dezembro de 2025, resultou em 4.116 artigos na base de dados da *Web of Science Core Collection*.

2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão adotados neste estudo foram os seguintes: (a) publicações que abordassem tanto a Inteligência Artificial na Educação (IAE) quanto a ética e inclusão; (b) estudos publicados entre 2014 e 2025; (c) publicações escritas em inglês, português ou espanhol; e (d) artigos de revistas científicas revisados por pares.

Os critérios de exclusão foram: (a) publicações que abordassem IAED ou ética ou inclusão, mas não ambos simultaneamente; (b) estudos publicados antes de 2014 ou depois de 2025; (c) publicações escritas em idiomas diferentes do inglês, português ou espanhol; e (d) documentos que não fossem revisados por pares.

Após a aplicação sistemática dos critérios de inclusão e exclusão, o corpus final da pesquisa foi composto por 411 artigos.

2.4 Análise dos dados

Nesta investigação, utilizou-se o software VOSviewer, uma ferramenta baseada em métodos de análise bibliométrica desenvolvida para a visualização e exploração de dados bibliográficos.

O VOSviewer é amplamente empregado para identificar áreas de investigação proeminentes, avanços recentes e padrões estruturais em campos científicos específicos, a partir da análise de grandes bases de dados acadêmicas.

Com a utilização do software é possível construir redes bibliométricas envolvendo periódicos, pesquisadores, instituições, documentos ou referências, com base em relações como citação, acoplamento bibliográfico, co-citação, co-autoria e co-ocorrência de termos (Van Eck; Waltman, 2023).

O processo de agrupamento reúne palavras-chave que frequentemente ocorrem em conjunto. O software agrupo em diferentes cores para representar os clusters, separando as palavras-chave em tópicos distintos. As Palavras-chave pertencentes a um mesmo cluster tendem a apresentar maior proximidade temática e a coocorrer com mais frequência nos artigos analisados. Embora os clusters estejam presentes em diferentes tipos de análise, aqueles gerados pela coocorrência de palavras-chave diferem dos obtidos por meio da análise de cocitação de documentos.

Além da visualização por clusters coloridos, o VOSviewer também oferece representações em forma de densidade e sobreposição. A visualização por densidade destaca as áreas mais relevantes em um mapa de rede, enquanto a sobreposição incorpora informações temporais, indicando o ano médio de publicação dos artigos em que cada palavra-chave aparece. A rede de palavras-chave, portanto, oferece uma representação visual dos principais temas abordados na literatura, bem como das inter-relações entre eles.

3. RESULTADOS

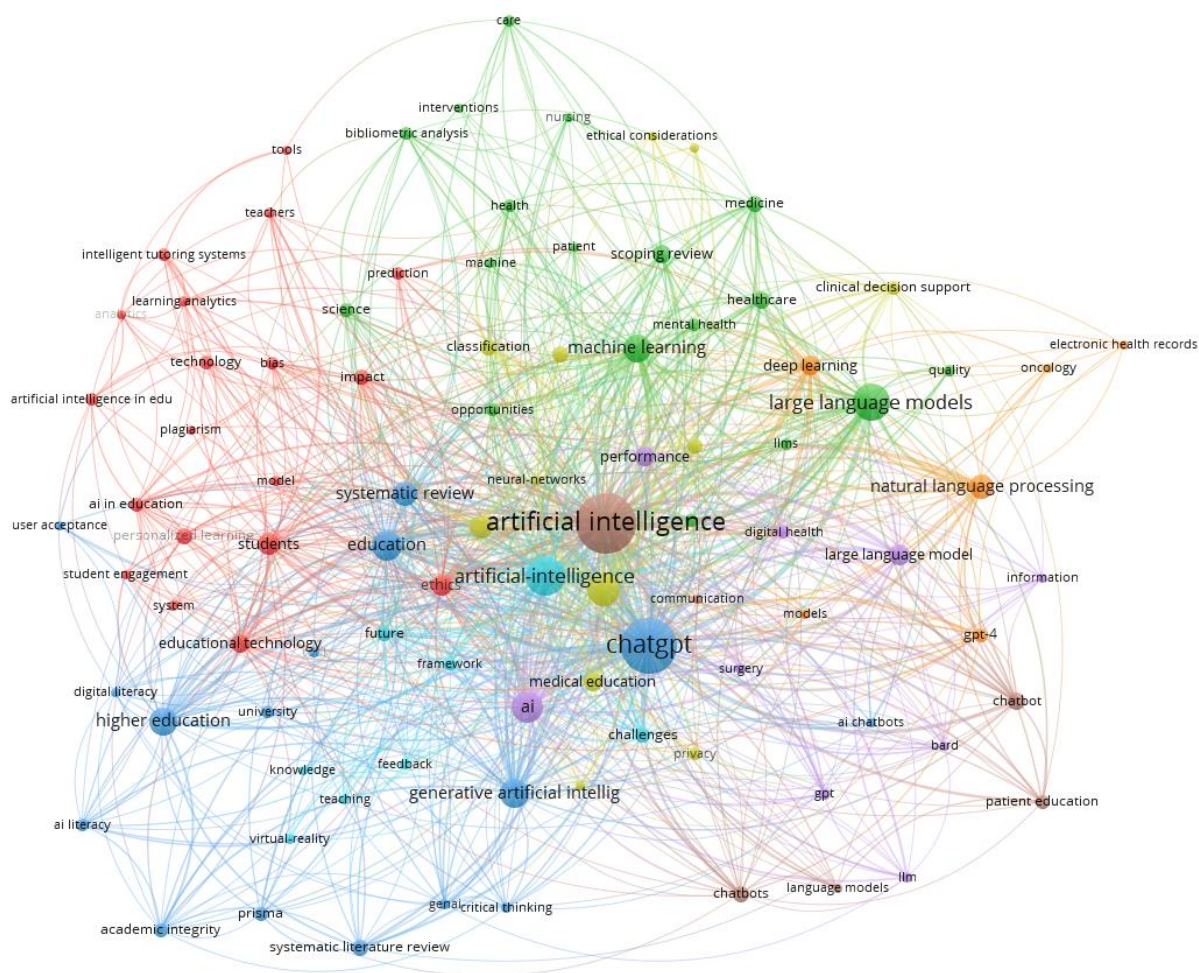
3.1 Análise de coocorrência de palavras-chave

As Palavras-chave pertencentes a um mesmo cluster tendem a apresentar maior proximidade temática e a coocorrer com mais frequência nos artigos analisados. Embora os clusters estejam presentes em diferentes tipos de análise, aqueles gerados pela coocorrência de palavras-chave diferem dos obtidos por meio da análise de cocitação de documentos.

Além da visualização por clusters com cores distintas (Fig. 1), é possível obter uma tabela com a descrição de cada termo e a rede de links (Tab. 2). O VOSviewer também oferece representações em forma de densidade e sobreposição (Fig. 2). A visualização por densidade destaca as áreas mais relevantes em um mapa de rede, enquanto a sobreposição incorpora informações temporais, indicando o ano médio de publicação dos

artigos em que cada palavra-chave aparece. A rede de palavras-chave, portanto, oferece uma representação visual dos principais temas abordados na literatura, bem como das inter-relações entre eles.

Figura 1 - Visualização por clusters das palavras chaves com cores distintas



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Os termos "Artificial Intelligence" e "ChatGPT" ocupam posições centrais no mapa de coocorrência de palavras-chave, evidenciando sua ampla conexão com diversas áreas do conhecimento. A literatura analisada se organiza em subdomínios, refletidos nos

principais clusters temáticos que abrangem educação, saúde, engenharia de linguagem e revisões sistemáticas.

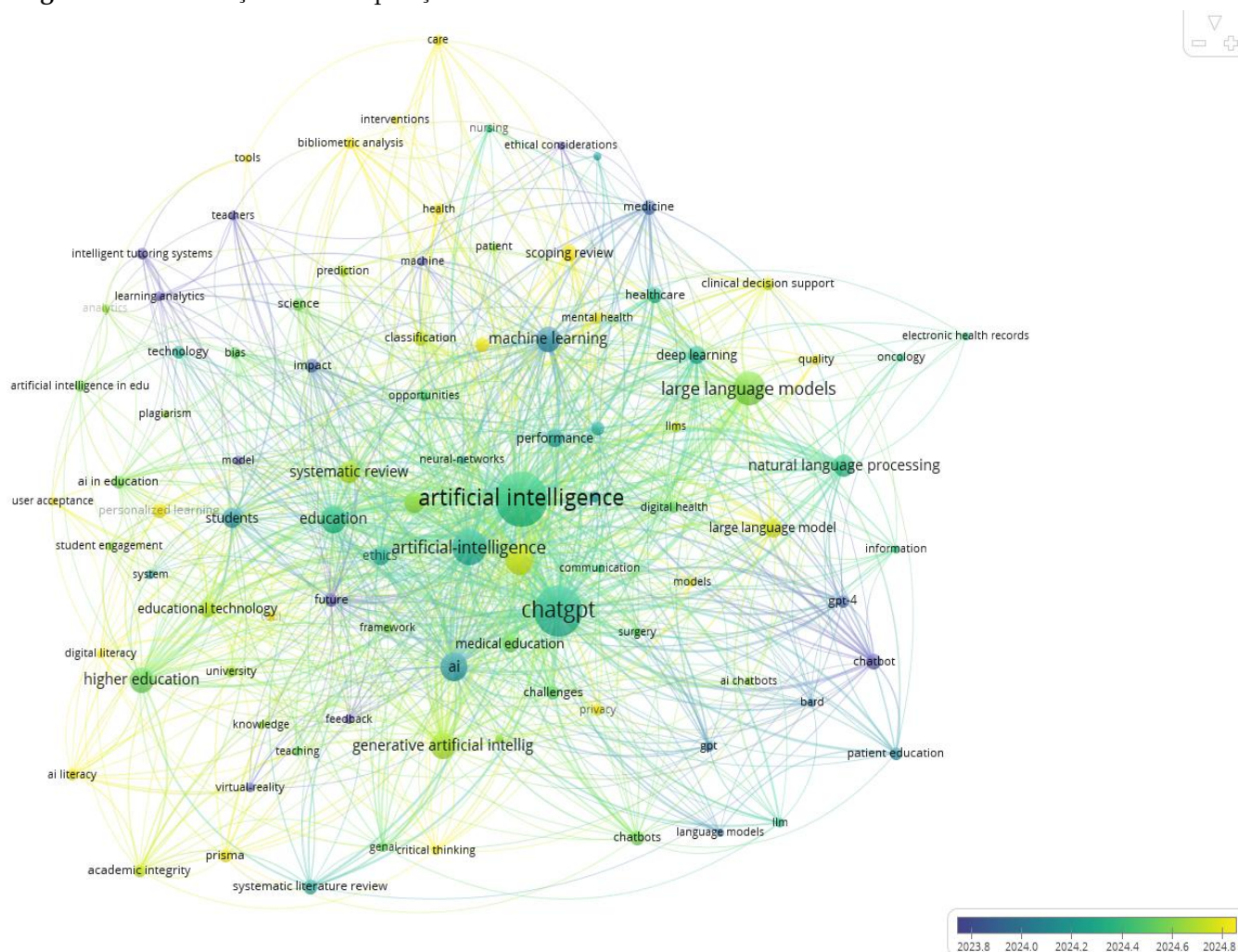
Tabela 2 – Palavras chave, ocorrências e a força de conexão

Palavras chaves	Ocorrências	Força Total de Conexão
artificial intelligence	182	1162
chatgpt	152	869
artificial-intelligence	80	516
large language models	68	363
generative ai	55	348
Ai	50	434
education	47	355
generative artificial intelligence	44	277
machine learning	39	352
higher education	38	204

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Na Fig.2, a análise mostra uma transição dinâmica de temas consolidados em IA e educação/saúde a partir do ano 2023, para o crescimento recente de pesquisas em ética, personalização, ferramentas educacionais, e modelos linguísticos avançados a partir de 2024. A presença central de termos como "ChatGPT" e "artificial intelligence" reflete sua fluência transversal em diversas áreas, com forte conexão e coocorrência com termos mais recentes e especializados.

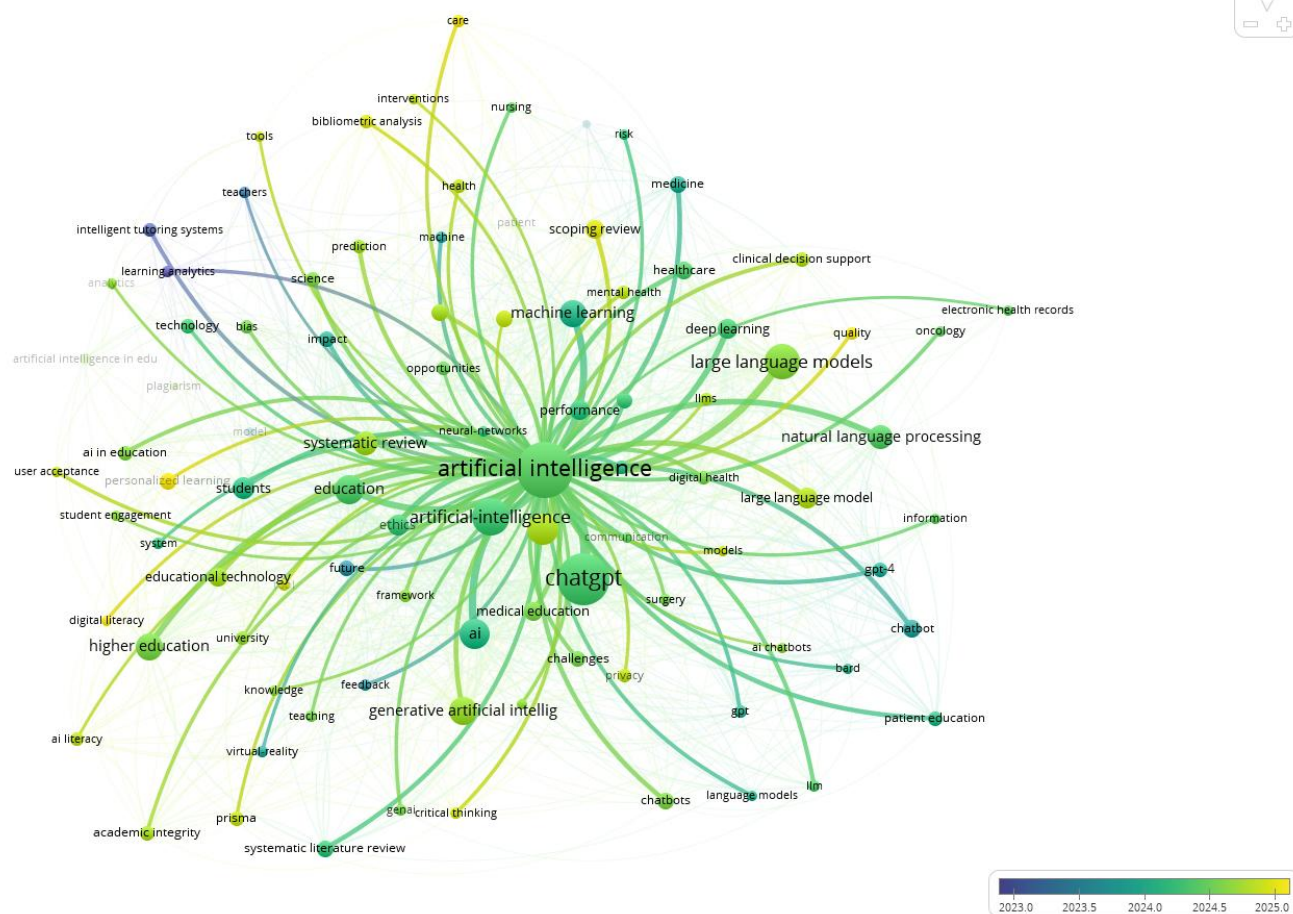
Figura 2 – Visualização de Sobreposição



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

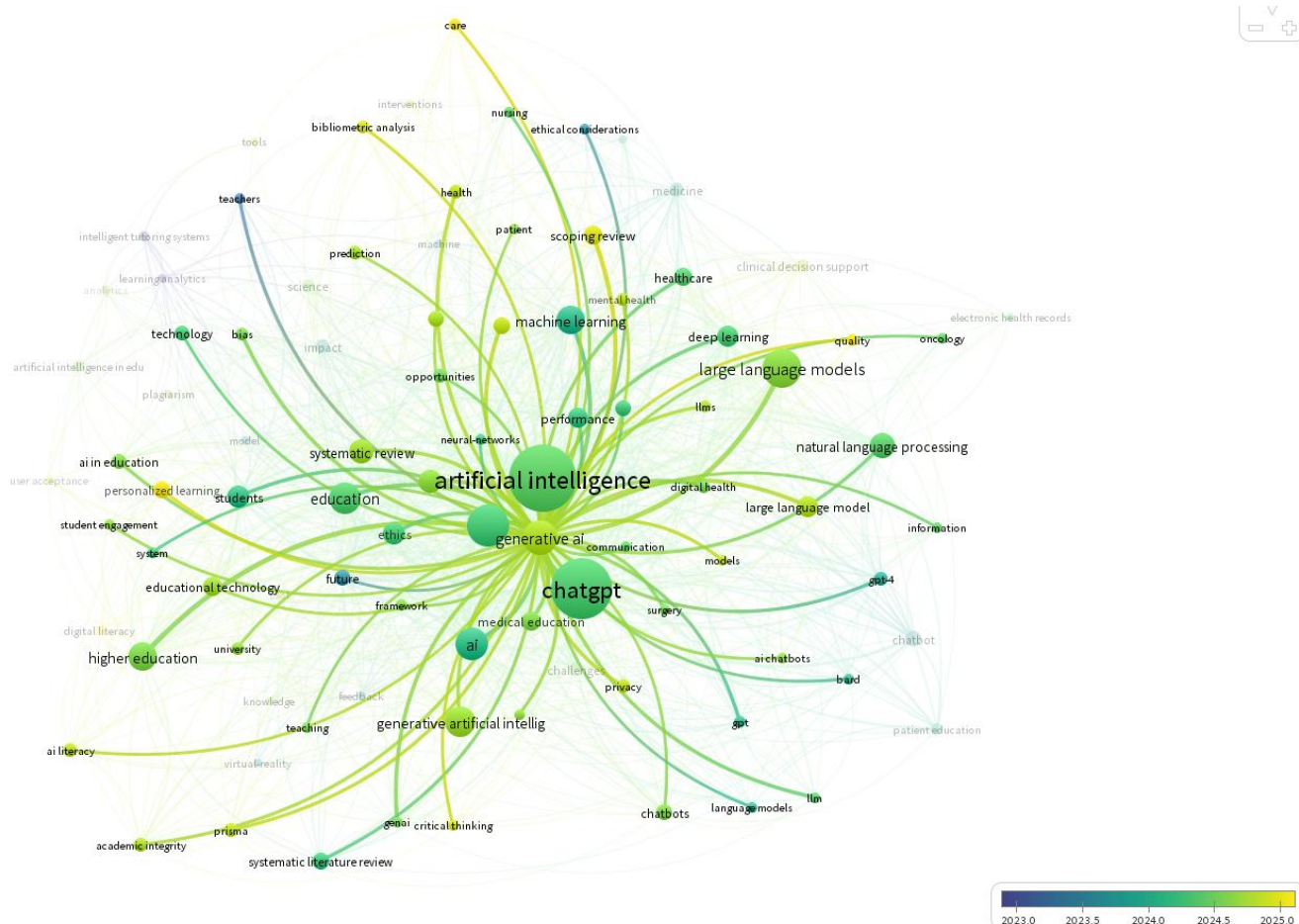
Na Fig.3 é possível identificar que o termo inteligência artificial(clusters verde claro) aparece em evidência a partir da metade de 2023 e na Fig.4 o termo AI generative(clusters amarelo) apresenta conexões na metade de 2024 não apenas ajuda a compreender os principais focos da produção científica, mas também pode orientar a formulação de estratégias de busca mais precisas para revisões sistemáticas, além de embasar a construção de critérios de inclusão e exclusão com base nas recorrências temáticas identificadas.

Figura 3 – Visualização dos maiores clusters com as conexões de inteligência artificial (verde claro)



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Figura 4 - Visualização dos maiores clusters com as conexões de IA generativa (amarelo)



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

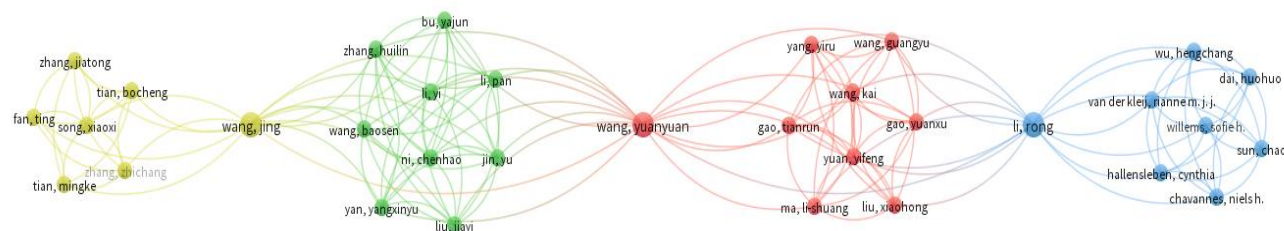
3.2 Autores proeminentes

Na visualização de rede, autores com peso maior aparecem com rótulos e círculos maiores; logo, os mais visíveis na rede tendem a ser os mais proeminentes segundo o critério escolhido (links, total link strength, documentos, citações etc.).

De um total de 1000 itens na rede de conexões não estão conectados entre si. O maior conjunto de itens conectados consiste em 33 itens que compoem a Fig.5

Figura 5 – clusters dos autores mais proeminentes

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).



O Cluster Amarelo da Fig.5 estão conectados pelas pesquisas desenvolvidas com modelos LLMs de inteligência artificial baseados em redes neurais profundas aplicadas à gestão de doenças oculares crônicas e seus desafios técnicos/éticos.

Os pesquisadores do Cluster Verde, desenvolvem modelos de Inteligência Artificial baseados principalmente em redes neurais profundas do tipo *Transformer* (LLMs) na área de saúde mental, com ênfase em mapeamento de aplicações, desempenho e implicações ético-metodológicas.

Já nos pesquisadores do cluster Vermelho, temos três equipes chinesas paralelas pesquisando LLMs em subáreas específicas (educação médica → saúde mental → saúde/educação), com Wang Yuanyuan como única pesquisadora colaborando entre dois grupos. Isso forma uma rede em "Y" perfeita para análise bibliométrica.

No cluster Azul as pesquisas foram desenvolvidas na área da educação e da área da saúde com LLMs.

A Tab.3 apresenta os autores mais importantes de acordo com o número de artigos e citações.

Tabela 3 – Lista dos 10 autores mais importantes e número de artigos

Autor	Documentos	citações
Cheungpasitporn, Wisit	4	120
Celi, leo anthony	3	34
Costa, antonio pedro	3	2
Glicksberg, benjamin s.	3	32
Klang, eyal	3	36
Miao, jing	3	98
Nadkarni, girish n.	3	39
Thongprayoon, Charat	3	98
Alduais, Ahmed	2	37
Bhardwaj, Vivek	2	17

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Os principais autores são Cheungpasitporn, Wisit, Celi, Leo Anthony, Costa, Antonio Pedro, Glicksberg, Benjamin S., Klang, Eyal, Miao, Jing, Nadkarni, Girish N., Thongprayoon, Charat, Alduais, Ahmed, Bhardwaj, Vivek. Esses autores são os mais prolíficos que publicaram pesquisas sobre educação em IA. De acordo com o número de citações (Tab.4), Bond, Melissa, Gasevic, Dragan, Yan, Lixiang, Chai, Ching Sing, Chu, Xiaoyan, Istenic, Andreja, Jong, Morris Siu Yung, Li, Yan, Liu, Jia-Bao, Spector, Michael. são os autores com mais citações. Isso significa que os autores com mais citações contribuíram para o desenvolvimento da investigação em IA por meio de seus artigos.

Tabela 4 – Lista dos 10 autores mais citados

Autores	documentos	citações
Bond, Melissa	2	2060
Gasevic, Dragan	2	481
Yan, Lixiang	2	481
Chai, ching sing	1	447
Chu, xiaoyan	1	447
Istenic, Andreja	1	447
Jong, Morris siu yung	1	447
Li, Yan	1	447
Liu, Jia-bao	1	447
Spector, Michael	1	447

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

3.3 Países

A Tab. 5 apresenta as 10 países que mais contribuíram para o desenvolvimento de uma base de conhecimento sobre IA. A contribuição dos países nas pesquisas em Inteligência Artificial pode ser compreendida de forma mais direta a partir dos dados quantitativos de publicações, citações e força de conexão. Os Estados Unidos lideram amplamente o cenário, com 107 documentos, 2.355 citações e força total de ligação de 124, o que evidencia tanto a maior produção científica quanto uma forte articulação em redes internacionais de colaboração.

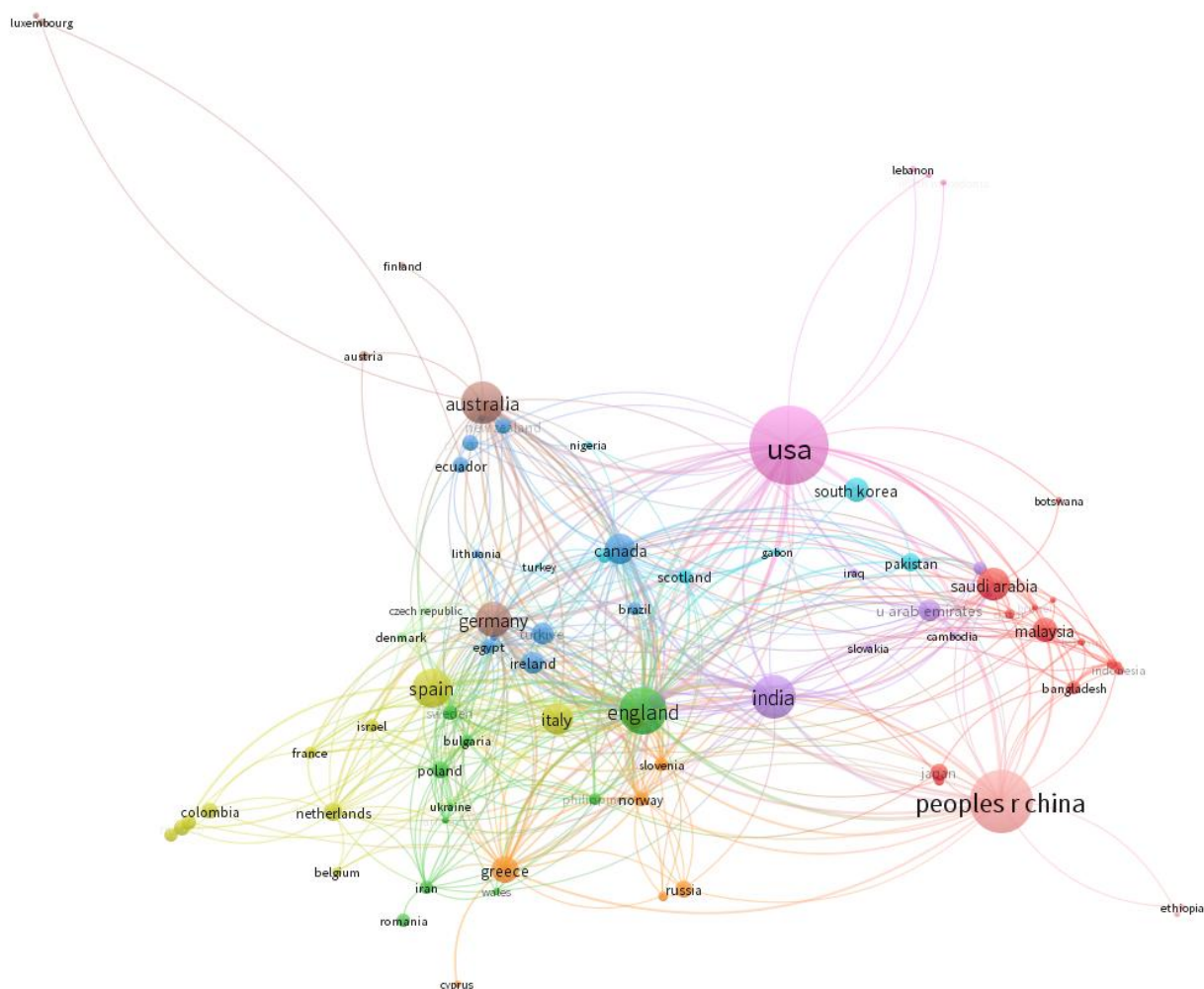
Tabela 5 – Lista dos 10 países que mais contribuíram

Países	documentos	citações	total link força
USA	107	2355	124
China	72	1501	81
Inglaterra	45	815	129
Índia	39	531	81
Austrália	37	1091	67
Espanha	32	449	58
Alemanha	26	2348	99
Arabia Saudita	23	430	33
Itália	22	111	54
Canada	20	337	52

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A Fig. 6 mostrar os clusters dos países e suas redes de conexões, com o maior conjunto de 461 itens conectados.

Figura 6 – Países que mais contribuíram no conhecimento sobre IA

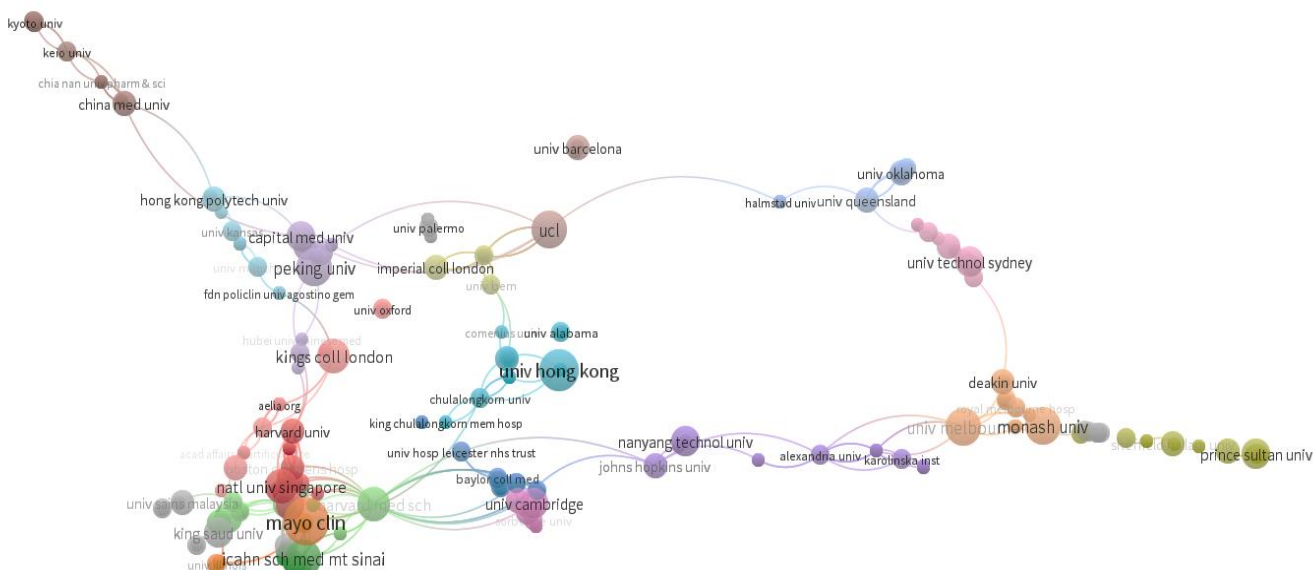


Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A China ocupa a segunda posição, com 72 documentos, 1.501 citações e força de ligação de 81, demonstrando crescimento expressivo na produção científica e uma participação cada vez mais relevante nas colaborações globais. A Inglaterra, apesar de apresentar 45 documentos, destaca-se por possuir a maior força total de conexão (129), indicando colaborações internacionais particularmente intensas e estratégicas. A Índia publicou 39 documentos e também alcançou força de ligação de 81, revelando um nível de colaboração comparável ao da China, mesmo com menor volume de publicações.

3.4 Organizações

Figura 7 – Clusters das Instituições que mais contribuíram



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A Mayo Clinic se destaca como a instituição com mais documentos (9), acumulando 211 citações e força de ligação de 40, o que indica boa produtividade aliada a colaboração relevante.

Tabela 5 – Lista das 10 organizações com mais artigos e força total

organização	documentos	citações	Força total de ligação
Mayo Clin	9	211	40
Univ Hong Kong	7	253	17
Datta Meghe inst higher educ & res	6	162	4
Icahn Sch Med mt sinai	6	62	32
Monash Univ	6	503	14
Peking Univ	6	212	21
UCL	6	231	52
univ melbourne	6	18	23
Harvard med sch	5	18	26
Kings coll london	5	51	27

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A University of Hong Kong aparece em seguida, com 7 documentos e 253 citações, porém com força de ligação menor (17), sugerindo impacto significativo, mas menor integração colaborativa. Entre as instituições com 6 documentos, observam-se perfis distintos: a Monash University apresenta o maior impacto, com 503 citações, apesar da força de ligação de 14; já a University College London (UCL) combina 231 citações com a maior força total de ligação (52), destacando-se pela intensa colaboração científica.

Também com 6 documentos, a Peking University (212 citações; força 21) e a Icahn School of Medicine at Mount Sinai (62 citações; força 32) mostram equilíbrio entre produção e colaboração. Em contraste, a Datta Meghe Institute of Higher Education & Research, embora tenha 162 citações, apresenta baixa força de ligação (4), indicando menor inserção em redes colaborativas. A University of Melbourne registra 18 citações e força de ligação de 23, sugerindo colaboração moderada, mas impacto reduzido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado neste estudo revela o papel fundamental das instituições de ensino e pesquisa na consolidação e expansão do campo da inteligência artificial (IA), especialmente em contextos educacionais, de saúde e na interface com tecnologias linguísticas. A contribuição institucional se expressa não apenas na quantidade de publicações, mas também na força de conexão que essas instituições mantêm dentro das redes científicas globais como um indicador essencial de colaboração e impacto.

Países como os Estados Unidos, China, Inglaterra e Índia emergem como protagonistas nesse cenário. Os EUA lideram em número de artigos e citações, reforçando sua centralidade na produção e articulação internacional. A China, embora com menor força de ligação que a Inglaterra, mostra crescimento acelerado em produção científica. A Inglaterra, por sua vez, destaca-se por possuir a maior força total de conexão entre os países analisados, o que demonstra uma intensa atuação em redes internacionais de colaboração científica. Já a Índia, com volume de produção inferior, iguala-se à China em força de conexão, o que reforça seu papel estratégico nas redes colaborativas.

Esses dados demonstram que o avanço da pesquisa em IA não depende exclusivamente do volume de publicações, mas também da capacidade de estabelecer conexões científicas robustas, que ampliam o alcance, a validação e a aplicabilidade dos estudos. Em termos práticos, essa dinâmica de produção e colaboração institucional deve ser considerada por gestores e formuladores de políticas científicas, pois evidencia que investimentos estratégicos em redes de pesquisa podem ser tão ou mais relevantes do que a produção isolada.

Além disso, a presença recorrente de termos como *artificial intelligence* e *ChatGPT* como nós centrais no mapa de coocorrência reforça o caráter transversal dessas tecnologias, que se conectam a múltiplas áreas do conhecimento. Clusters temáticos identificados ao longo da análise revelam linhas de investigação consolidadas (como saúde e educação) e emergentes (como ética, personalização e LLMs), permitindo mapear

tendências e lacunas da literatura. O uso crescente de LLMs, em especial, destaca a relevância de pesquisas interdisciplinares voltadas à sua aplicação na prática clínica, na educação médica e na personalização da aprendizagem.

Dessa forma, o estudo sistemático da produção científica por meio da cientometria ajuda a formar uma base sólida para decisões acadêmicas, formulação de políticas educacionais, desenvolvimento de parcerias estratégicas e definição de agendas de pesquisa alinhadas com as demandas contemporâneas. Ao entender esses elementos, os estudantes não apenas aprimoram sua formação científica, mas também se posicionam de maneira mais crítica e ativa no ecossistema da pesquisa acadêmica em inteligência artificial.

Agradecimentos – Registramos nossa sincera gratidão à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA (PQ-C-12650/25-CNPq/FAPEMA, Proc. APP-01483/25, ACT-09776/24 - Edital 53/2024), cujo apoio tem sido essencial para o desenvolvimento desta e de outras investigações conduzidas por nosso grupo. Estendemos o agradecimento aos estudantes, orientandos e colegas pesquisadores que integram o Grupo de Modelagem Computacional (GMC), cuja colaboração tem sido valiosa ao longo do processo. Reconhecemos ainda o suporte institucional do Programa de Pós-Graduação da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN-UEMA), da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA (Proc. 2025.240201.24986/ 072-25-Edital Nº171/2025-PPG/UEMA) e de todos os parceiros que, de forma direta ou indireta, contribuíram com esta jornada científica e acadêmica.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, A. A. Artificial intelligence in education: a bibliometric analysis (2010–2021). **International Journal of Computer Science and Information Security**, v. 20, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6379786>.

AKHMADIEVA, R. S. Research trends in the use of artificial intelligence in higher education. **Frontiers in Education**, v. 9, p. 1438715, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1438715>.

ALALI, R.; WARDAT, Y. Opportunities and challenges of integrating generative artificial intelligence in education. **International Journal of Religion**, v. 5, n. 7, p. 784-793, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61707/8y29gv34>.

ALMARAZ-MENÉNDEZ, F.; MAZ-MACHADO, A.; LÓPEZ-ESTEBAN, C.; ALMARAZ-LÓPEZ, C. (org.). Strategy, policy, practice, and governance for AI in higher education institutions. Hershey: IGI Global, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9247-2>.

ASADA, M. Artificial pain may induce empathy, morality, and ethics in the conscious mind of robots. **Philosophies**, v. 4, n. 3, p. 38, 2019.

BAKER, R. S.; HAWN, A. Algorithmic bias in education. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 32, p. 1052-1092, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00285-9>.

FRANCIS, N. J.; JONES, S.; SMITH, D. P. Generative AI in higher education: balancing innovation and integrity. **British Journal of Biomedical Science**, v. 81, p. 14048, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.14048>.

GARCÍA-LÓPEZ, I. M.; TRUJILLO-LIÑÁN, L. Generative artificial intelligence in education: ethical challenges, regulatory frameworks and educational quality in a systematic review of the literature. **Frontiers in Education**, v. 10, p. 1565938, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1565938>.

GIANNAKOS, M.; AZEVEDO, R.; BRUSILOVSKY, P.; CUKUROVA, M.; DIMITRIADIS, Y.; HERNANDEZ-LEO, D.; RIENTIES, B. The promise and challenges of generative AI in education. **Behaviour & Information Technology**, v. 44, n. 11, p. 2518-2544, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2394886>.

HORBAN, O.; STADNYK, M.; VINTONIV-BAKHARIEVA, S.; PANASIUK, L.; YATYSHCHUK, O. Artificial intelligence as an integral component of the digital culture within contemporary higher education. **Journal of Educational Technology and Learning Creativity**, v. 3, n. 2, p. 451-467, 2025. DOI: <https://doi.org/10.37251/jetlc.v3i2.2333>.

IRFAN, D.; WATRIANTHOS, R.; YUNUS, F. N. B. AI in education: a decade of global research trends and future directions. **International Journal of Modern Education and**

Computer Science, v. 17, n. 2, p. 135-153, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2025.02.07>.

KHAN, W. N. Ethical challenges of AI in education: balancing innovation with data privacy. **AI EDIFY Journal**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2024. DOI: [https://doi.org/10.59324/stss.2025.2\(11\).09](https://doi.org/10.59324/stss.2025.2(11).09).

KULIKOV, S. B.; SHIROKOVA, A. V. Artificial intelligence, culture and education. **AI & Society**, v. 36, p. 305-318, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-020-01026-7>.

LANG, Q.; WANG, M.; YIN, M.; LIANG, S.; SONG, W. Transforming education with generative AI (GAI): key insights and future prospects. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 18, p. 230-242, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2025.3537618>.

MAHRISHI, M.; ABBAS, A.; SIDDIQUI, M. K. Global initiatives towards regulatory frameworks for artificial intelligence in higher education. **Digital Government: Research and Practice**, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1145/3672462>.

MCDONALD, N.; JOHRI, A.; ALI, A.; HINGLE COLLIER, A. Generative artificial intelligence in higher education: evidence from an analysis of institutional policies and guidelines. **Computers in Human Behavior: Artificial Humans**, v. 3, p. 100121, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2025.100121>.

METLI, A. Articles on education and artificial intelligence: a bibliometric analysis. **Journal of Social Sciences and Education**, v. 6, p. 279-312, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53047/josse.1352197>.

MIAO, F.; HOLMES, W.; HUANG, R.; ZHANG, H. AI and education: a guidance for policymakers. Paris: UNESCO, 2021. DOI: <https://doi.org/10.54675/PCSP7350>.

NURHASANAH, S.; NUGRAHA, M. S. The future of learning: ethical and philosophical implications of artificial intelligence integration in education. **Indonesian Journal of Multidisciplinary Research**, v. 4, n. 2, p. 341-352, 2024. DOI: <https://doi.org/10.17509/ijomr.v4i2>.

PRAHANI, B. K.; RIZKI, I. A.; JATMIKO, B.; SUPRAPTO, N.; TAN, A. Artificial intelligence in education research during the last ten years: a review and bibliometric study. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 17, n. 8, p. 169-188, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.29833>.

RAMÍREZ-MONTOYA, M.; GARCÍA-PENÁLVO, F. Co-creation and open innovation: systematic literature review. **Comunicar**, n. 54, p. 9-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3916/C54-2018-01>.

SIMANJUNTAK, A.; SUTARMAN, A.; ANJANI, S. A.; NUCHE, A. Integrating artificial intelligence in e-learning for organizational well-being through orange technology mapping. **IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation**, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2025. DOI: <https://doi.org/10.34306/itsdi.v7i1.706>.

SLIMI, Z.; CARBALLIDO, B. V. Navigating the ethical challenges of artificial intelligence in higher education. **TEM Journal**, v. 12, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18421/TEM122-02>.

TALAN, T. Artificial intelligence in education: a bibliometric study. **International Journal of Research in Education and Science**, v. 7, n. 3, p. 822-837, 2021. DOI: <https://doi.org/10.46328/ijres.2409>.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOSviewer manual: manual for VOSviewer version 1.6.20. Leiden: Centre for Science and Technology Studies, 2023.

ZAPATA-RIVERA, D. Generative AI in education. **Frontiers in Artificial Intelligence**, v. 7, p. 1532896, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1532896>.