



ÍTALO DE PAULA CASEMIRO

**CHATGPT NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UM ESTUDO
BIBLIOMÉTRICO DOS 100 ARTIGOS MAIS CITADOS**

LAVRAS – MG

2026

ÍTALO DE PAULA CASEMIRO

**CHATGPT NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS 100 ARTIGOS
MAIS CITADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Especialização *Lato
Sensu* Uso Educacional da Internet, para a
obtenção do título de Especialista em Uso
Educacional da Internet.

Orientador
Prof. DSc. Paulo Henrique Sales Guimarães

**LAVRAS – MG
2026**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Casemiro, Ítalo de Paula.

Chatgpt na educação básica : um estudo bibliométrico dos 100 artigos mais citados
/ Ítalo de Paula Casemiro. - 2026.
49 p. : il.

Orientador: Paulo Henrique Sales Guimarães

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Federal de
Lavras, 2026.
Bibliografia.

1. ChatGPT. 2. Educação básica. 3. Bibliometria. 4. Inteligência artificial
generativa. 5. Letramento em IA. I. Guimarães, Paulo Henrique Sales. II.
Universidade Federal de Lavras. III. Título.

ÍTALO DE PAULA CASEMIRO

**CHATGPT NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS 100
ARTIGOS MAIS CITADOS**

**CHATGPT IN BASIC EDUCATION: A BIBLIOMETRIC STUDY OF THE 100
MOST CITED ARTICLES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Especialização
Lato Sensu Uso Educacional da Internet, para
a obtenção do título de Especialista em Uso
Educacional da Internet.

APROVADA em 03 de julho de 2026.

DSc. Carlos Victor de Oliveira - IFRJ

DSc. Luiz Otávio de Oliveira Pala - UFLA

Documento assinado digitalmente
 PAULO HENRIQUE SALES GUIMARAES
Data: 24/07/2026 14:13:55-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

(Orientador)
DSc Paulo Henrique Sales Guimarães - UFLA

**LAVRAS – MG
2026**

*Dedico todo meu trabalho, à Maria de Paula Brites, minha filha, meu grande incentivo,
minha dupla.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Lavras – UFLA, ao Curso de Especialização em Uso Educacional da Internet, pela estrutura oferecida e pela oportunidade de realização da especialização.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”
(Simone de Beauvoir)

RESUMO

A integração do ChatGPT na educação básica tem gerado crescimento científico sem precedentes desde o lançamento público da ferramenta em 2022. Contudo, a dispersão e o volume acelerado de publicações dificultam a identificação das obras de maior impacto e das tendências que estruturam o campo. Este estudo objetivou identificar, caracterizar e analisar os 100 artigos científicos mais citados sobre o uso e o impacto do ChatGPT na educação básica, revelando a estrutura intelectual, as redes de colaboração e as tendências emergentes dessa literatura. Trata-se de pesquisa quanti-qualitativa de caráter retrospectivo, baseada em análise bibliométrica e mapeamento científico. Os dados foram coletados nas bases Web of Science e Scopus, com os 100 estudos mais citados selecionados após remoção de duplicatas e triagem de escopo. As análises foram conduzidas com o software Bibliometrix. Os resultados revelaram crescimento anual de 33,33% na produção do campo, com hegemonia sino-americana China (n=78) e Estados Unidos (n=73) e sub-representação expressiva do Sul Global. O periódico *Computers and Education: Artificial Intelligence* destacou-se como principal veículo de disseminação. A análise temática identificou *ai literacy*, *chatgpt* e *generative ai* como temas motores consolidados, enquanto a dimensão docente e os aspectos éticos permanecem como nichos periféricos, revelando lacunas críticas entre a produção científica dominante e as demandas pedagógicas do campo. As redes de colaboração entre autores mostraram-se fragmentadas, indicando campo em estágio pré-paradigmático. Conclui-se que, embora o campo demonstre dinamismo e impacto expressivos, carece de investigações longitudinais, de maior diversidade geográfica na produção e de agendas que posicionem o professor e a ética como objetos centrais de pesquisa.

Palavras-chave: ChatGPT, educação básica, bibliometria, inteligência artificial generativa, letramento em IA.

ABSTRACT

The integration of ChatGPT into K-12 education has sparked unprecedented scientific growth since the tool's public launch in 2022. However, the scattered nature and rapid volume of publications make it difficult to identify the most impactful works and the trends shaping the field. This study aimed to identify, characterize, and analyze the 100 most cited scientific articles regarding the use and impact of ChatGPT in K-12 education, revealing the intellectual structure, collaboration networks, and emerging trends within this literature. It is a retrospective, quantitative-qualitative study based on bibliometric analysis and scientific mapping. Data were collected from the Web of Science and Scopus databases, with the 100 most cited studies selected after removing duplicates and screening for scope. Analyses were conducted using Bibliometrix software. Results revealed a 33.33% annual growth in the field's output, dominated by China (n=78) and the United States (n=73), alongside significant underrepresentation of the Global South. The journal *Computers and Education: Artificial Intelligence* emerged as the primary dissemination outlet. Thematic analysis identified AI literacy, ChatGPT, and generative AI as established "motor themes," whereas the teacher's role and ethical aspects remain peripheral niches, revealing critical gaps between dominant scientific output and the field's pedagogical demands. Author collaboration networks appeared fragmented, indicating a field in a pre-paradigmatic stage. The study concludes that, while the field demonstrates significant dynamism and impact, it lacks longitudinal research, greater geographic diversity in output, and agendas that position teachers and ethics as central research subjects.

Keywords: ChatGPT, K-12, bibliometrics; generative artificial intelligence; AI literacy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de Fluxo da Seleção da Amostragem Final dos Estudos (n=100).....	23
Figura 2 - Lei de Bradford Aplicada à Amostra.....	28
Figura 3 - Rede de Colaboração entre Instituições.....	30
Figura 4 - Rede de Colaboração entre Países.....	31
Figura 5 - Rede de Colaboração entre Autores.....	32
Figura 6 - Gráfico de Três Campos.....	33
Figura 7 - Árvore Temática.....	34
Figura 8 - Mapa Temático.....	35
Figura 9 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção Científica e Citações Anuais.....	25
Tabela 2 - Os 10 Artigos Mais Citados sobre o ChatGPT na Educação Básica.....	26
Tabela 3 - Revistas Mais Prolíficas e Influentes.....	29
Tabela 4 - Instituições com Maior Número de Produções.....	29

LISTA DE SIGLAS

ABCE - Afetivo, Comportamental, Cognitivo e Ético (framework de letramento em IA)

AU - *Authors* — Autores

AU_CO - *Author Country* — País de afiliação dos autores

DE - *Author's Keywords* — Palavras-chave dos autores

GPT - *Generative Pre-trained Transformer*

HCI - *Human-Computer Interaction* — Interação Humano-Computador

IA - Inteligência Artificial

IAG - Inteligência Artificial Generativa

IF - *Impact Factor* — Fator de Impacto

K-12 - *Kindergarten through 12th grade* — Educação Básica

KS - Teste de Kolmogorov-Smirnov

LLM - Large Language Model — Modelo de Linguagem de Grande Escala

NLP - *Natural Language Processing* — Processamento de Linguagem Natural

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

R² - Coeficiente de Determinação

RAI - *Responsible Artificial Intelligence* — Inteligência Artificial Responsável

Scopus - Base de dados bibliográfica da Elsevier

SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*

TPACK - Technological Pedagogical Content Knowledge

UFLA - Universidade Federal de Lavras

WoS - *Web of Science*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 A Evolução da Web: da Interatividade à Inteligência Artificial Generativa.....	16
2.2 O Papel do Professor na Era da Inteligência Artificial	18
2.3 Letramento em IA no Ensino Fundamental e Médio: Dimensões, Práticas e Desafios Críticos..	19
3 METODOLOGIA	21
3.1 Desenho do Estudo.....	21
3.2 Fonte de Dados e Estratégia de Busca (Coleta)	21
3.3 Triagem e Seleção da Amostra (Top 100).....	22
3.4 Extração e Tratamento de Variáveis	23
3. 5. Análise de Dados e Mapeamento Científico (Bibliometrix)	23
3.6 Limitações Metodológicas	24
4 RESULTADOS	25
4.1 Características Gerais e Distribuição Temporal das Publicações.....	25
4.2 Distribuição por Fontes: Lei de Bradford e Periódicos Nucleares	28
4.3 Produtividade Geográfica e Institucional	30
4.4 Redes de Colaboração Científica entre Autores.....	33
4.5 Estrutura Intelectual, Temas Quentes (<i>Hotspots</i>) e Tendências Emergentes	34
5 DISCUSSÃO.....	37
5.1 A Explosão Informacional como Sintoma de uma Ruptura Paradigmática	37
5.2 Hegemonia Sino-Americana e a Representatividade do Sul Global	38
5.3 Redes de Colaboração Fragmentadas: Um Campo ainda em Busca de Identidade Coletiva.....	39
5.4 Literacia em IA como Tema Motor: Convergência entre Evidência Empírica e Referencial Teórico	40
5.5 O Professor como Ator Periférico: Uma Lacuna Crítica na Agenda do Campo	41
5.6 Riscos, Dependência Cognitiva e Integridade Acadêmica: Temas Básicos em Busca de Consolidação	42
5.7 Implicações para a Pesquisa e para as Políticas Educacionais	43
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A consolidação da Inteligência Artificial Generativa (IAG) tem promovido transformações substanciais nos ecossistemas educacionais contemporâneos (Zhang; Lai; Yu, 2026). Impulsionada por Modelos de Linguagem de Grande Escala (do inglês, LLMs — Large Language Models), cujo expoente mais popularizado é o ChatGPT, essa tecnologia deslocou a interação humano-computador da simples recuperação de informações para a geração autônoma de conteúdo, demandando uma revisão das práticas de ensino e aprendizagem (Markos; Prentzas; Sidiropoulou, 2024; Tao *et al.*, 2026).

No contexto específico da educação básica (Ensino Fundamental e Médio), a integração do ChatGPT e tecnologias afins tem suscitado debates profundos sobre as suas potencialidades e riscos. Por um lado, a ferramenta viabiliza a personalização do ensino, atuando como tutor virtual capaz de adaptar a linguagem ao nível do estudante e de otimizar o tempo docente na elaboração de materiais, planos de aula e avaliações formativas (Jauhiainen; Garagorry Guerra, 2024). Por outro lado, a literatura aponta para desafios críticos que acompanham essa adoção. Destacam-se a geração de "alucinações" algorítmicas e a propagação de informações incorretas ou enviesadas. Existem também ameaças à integridade acadêmica, bem como o risco de dependência cognitiva e redução do pensamento crítico por parte dos alunos (Kajiwara; Kawabata, 2024; Tao *et al.*, 2026).

Essa tensão impulsionou, desde o lançamento público do ChatGPT em novembro de 2022, um crescimento sem precedentes da produção científica sobre o tema (Liu; Zhong, 2024; Marzano, 2025). Tal expansão, contudo, gerou um cenário de fragmentação e sobrecarga informacional que dificulta distinguir, em meio ao elevado volume de publicações, as obras que efetivamente estruturam o campo. É precisamente esse o problema que o presente estudo enfrenta: diante da dispersão da literatura, propõe-se identificar e analisar os 100 artigos mais citados sobre o ChatGPT na educação básica, tomados como os “clássicos” que delimitam a estrutura intelectual, as redes de colaboração e as tendências emergentes da área.

Para mensurar a evolução, a estrutura e o impacto desse corpo literário de forma sistemática, a análise bibliométrica e o mapeamento científico consolidam-se como abordagens metodológicas objetivas e amplamente adotadas (Casal-Otero *et al.*, 2023; Zhang; Lai; Yu, 2026). Diferentemente de revisões narrativas tradicionais, a bibliometria aplica métodos estatísticos para desvelar a estrutura intelectual de uma disciplina, permitindo identificar como o conhecimento é construído, como as redes de colaboração se formam e quais são as tendências dominantes em um campo em rápida transformação (Ma *et al.*, 2025).

Diante desse contexto, a presente pesquisa se justifica por quatro razões convergentes. Primeiro, pela relevância social do tema: a inserção da IAG nas escolas afeta diretamente o desenvolvimento cognitivo e a formação ética de crianças e adolescentes, tornando imprescindível a produção de evidências sistematizadas (Tao et al., 2026; Ma et al., 2025). Segundo, pelo crescimento acelerado da literatura científica na área, que dificulta a identificação das contribuições de maior impacto sem o suporte de instrumentos analíticos rigorosos (Marzano, 2025). Terceiro, pela ausência de estudos bibliométricos focados exclusivamente na educação básica, visto que grande parte dos mapeamentos existentes abrange o ensino superior ou trata a IA de forma genérica (Zhang; Lai; Yu, 2026; Tao et al., 2026). Quarto, pela contribuição prática que esta investigação oferece a pesquisadores e formuladores de políticas educacionais, ao fornecer um panorama sistematizado das evidências que podem orientar a integração segura e pedagogicamente fundamentada do ChatGPT nas salas de aula (Ma et al., 2025; Adams et al., 2023).

Embora o volume de publicações sobre IA na educação tenha crescido de forma acelerada desde 2022, não foram identificados, até o momento, estudos bibliométricos que compilem e analisem especificamente os artigos de maior impacto sobre o ChatGPT na educação básica (Marzano, 2025; Zhang; Lai; Yu, 2026). Consequentemente, inexistem análises bibliométricas abrangentes que compilem e identifiquem, de forma estrita e objetiva, os 100 artigos de maior impacto focados exclusivamente no uso e no impacto do ChatGPT na educação básica. Esse cenário configura uma lacuna científica relevante que justifica o desenvolvimento desta investigação.

Para preencher essa lacuna e direcionar a extração e a análise de dados com o máximo rigor metodológico, este estudo delineia as seguintes questões de pesquisa: (Q1) Quais são as características bibliométricas das fontes (periódicos), autores, instituições e países mais influentes e produtivos nos 100 artigos mais citados sobre o ChatGPT na educação básica?; (Q2) Qual é a dinâmica das redes de colaboração? e; (Q3) Quais são os temas motores, os tópicos transversais e as tendências emergentes na literatura, revelados pela análise de coocorrência de palavras-chave?

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo geral identificar, caracterizar e analisar os 100 artigos científicos mais citados mundialmente sobre o uso e o impacto do ChatGPT na educação básica, revelando as tendências e o desenvolvimento intelectual desse campo de estudo emergente. Para alcançar este propósito, delineiam-se os seguintes objetivos específicos: (i) mapear as métricas de produtividade científica, identificando os autores, instituições, países e periódicos mais prolíficos e influentes na área e; (ii) identificar as frentes

de pesquisa (*hotspots*), os temas transversais e as lacunas emergentes sobre a inserção do ChatGPT nos anos escolares formativos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A integração da IA, com destaque para a IAG e os LLMs, tem impulsionado uma mudança de paradigma sem precedentes no ecossistema educacional contemporâneo. Ultrapassando a natureza primariamente interativa da Web 2.0, essas tecnologias emergentes assumem um papel ativo na síntese de conteúdos e na personalização da aprendizagem, exigindo uma reestruturação profunda das práticas pedagógicas (Zhang; Lai; Yu, 2026). Compreender essa transição tecnológica requer analisar não apenas as potencialidades de otimização e inovação que a máquina oferece, mas também as reconfigurações estruturais necessárias para garantir que o uso dessas ferramentas ocorra de maneira ética, inclusiva e cognitivamente estimulante no ambiente escolar (Marzano, 2025).

Para contemplar a complexidade desse fenômeno, o presente referencial teórico estrutura-se em torno de três eixos temáticos centrais. Inicialmente, contextualiza-se a evolução do ambiente de rede e a transição da interatividade para a IAG, estabelecendo as bases técnicas e conceituais dos sistemas inteligentes. Em seguida, examina-se a transformação identitária e funcional do professor, que transita da condição de mero provedor de informações para a de um mediador crítico e gestor pró-ativo da aprendizagem humana, sendo uma figura insubstituível na orquestração do ensino e na condução das intervenções pedagógicas (Mah *et al.*, 2026; Tao *et al.*, 2026). Por fim, o referencial consolida a urgência do letramento em IA no Ensino Fundamental e Médio como a competência elementar para instrumentalizar os estudantes técnica e eticamente, mitigando os riscos de dependência algorítmica e formando cidadãos capazes de interagir, avaliar e co-criar responsavelmente com as tecnologias do século XXI (Yim; Su, 2025; Zhang; Perry; Lee, 2025).

2.1 A Evolução da Web: da Interatividade à Inteligência Artificial Generativa

A evolução das tecnologias em ambientes educacionais é marcada pela transição de uma Web 2.0, baseada fundamentalmente na interatividade programada, para a era da IAG. Diferentemente das ferramentas anteriores, que predominantemente entregavam conteúdos estáticos ou realizavam análises em segundo plano, os atuais LLMs representam um avanço significativo nas tecnologias de rede (Tao *et al.*, 2026). Essa ruptura desloca a interface humano-computador da simples recuperação de informações para a geração de conteúdo em

tempo real, o que demanda da pesquisa científica maior atenção sobre como essa autonomia da máquina afeta o aprendizado na educação básica.

Em termos conceituais, a IAG é uma subcategoria da IA que emprega modelos de aprendizado profundo para sintetizar conteúdos originais, textos, imagens, vídeos e códigos, a partir de comandos do usuário. Modelos como o ChatGPT distinguem-se dos *chatbots* de gerações anteriores por não dependerem de respostas pré-armazenadas, condicionando seus resultados ao *prompt* e ao contexto interativo (Callado *et al.*, 2025).

Em sua base, esses modelos operam por previsões probabilísticas, a partir de padrões aprendidos em extensos conjuntos de dados (Tadimalla, 2025). Esse caráter estocástico faz com que um mesmo comando possa produzir formulações distintas a cada interação (Kajiwara; Kawabata, 2024), característica que, para os fins desta pesquisa, interessa menos por seus detalhes de engenharia do que por suas implicações pedagógicas.

Tais implicações começam pelas limitações que exigem atenção no ambiente escolar. Por apoiar-se em dados de treinamento, o modelo pode produzir as chamadas "alucinações", informações imprecisas ou fictícias apresentadas com aparente coerência (Kajiwara; Kawabata, 2024; Zhang *et al.*, 2026). Esse risco exige que professores e estudantes desenvolvam a capacidade de verificar e validar criticamente as saídas geradas (Callado *et al.*, 2025).

Em contrapartida, os LLMs ampliam as possibilidades do planejamento pedagógico. Atuam como assistentes virtuais versáteis, capazes de explicar conceitos, resumir textos, traduzir idiomas e oferecer suporte atemporal semelhante a um tutor (Callado *et al.*, 2025), além de viabilizarem a personalização dinâmica do ensino, ajustando a complexidade da linguagem e dos materiais ao nível de cada aluno em tempo real (Jauhiainen; Garagorry Guerra, 2024).

Essa dualidade entre potencialidades e riscos posiciona o letramento em IA como componente central do currículo, entendido não como mero uso instrumental das ferramentas, mas como capacidade de interagir com elas e avaliá-las criticamente (Tadimalla, 2025), dimensão retomada e aprofundada na seção 2.3.

Conclui-se, assim, que a inserção da IAG no ensino básico não se resume à adoção de um novo recurso digital: trata-se de uma tecnologia cuja principal força criativa é também a sua maior limitação. Ao sintetizar conhecimento de forma autônoma, ela transfere a centralidade do processo educativo da ferramenta para a ação humana, fazendo com que a eficácia da integração dependa do papel mediador do educador e do letramento dos alunos (Levy-Nadav *et al.*, 2026; Tao *et al.*, 2026). Essa redefinição das práticas de planejamento e acompanhamento do professor é o tema aprofundado a seguir.

2.2 O Papel do Professor na Era da Inteligência Artificial

A inserção da IA nos contextos educacionais provoca transformações relevantes nas práticas de ensino e aprendizagem (Chen *et al.*, 2022) e impõe uma reconfiguração do papel estrutural do docente. Observa-se um distanciamento do modelo tradicional, centrado na transmissão unilateral de conteúdo, em direção a uma atuação de facilitação crítica: em ambientes mediados por modelos generativos, o professor transita da condição de provedor direto de conteúdo para a de mediador das interações entre os estudantes e a IA (Levy-Nadav *et al.*, 2026; Traga Philippakos; Rocconi, 2025). Como as ferramentas de IAG passam a assumir parte da exposição de informações, cabe ao educador orientar os alunos na formulação de perguntas qualificadas e no engajamento investigativo, responsabilizando-se pela compreensão crítica e pela articulação dos saberes em sala (Kim *et al.*, 2022).

Essa mediação é fundamental para evitar a dependência cognitiva da máquina e promover uma aprendizagem autêntica. A literatura assinala a necessidade de deslocar o foco metodológico da simples obtenção de respostas prontas para o estímulo à curiosidade e ao pensamento de ordem superior (Tao *et al.*, 2026), cabendo ao educador o suporte estrutural para que os discentes contextualizem as saídas da IA, questionem resultados e identifiquem vieses algorítmicos e "alucinações" (Kajiwara; Kawabata, 2024; Traga Philippakos; Rocconi, 2025).

Além da mediação cognitiva, a presença da IA exige que o acompanhamento docente ultrapasse o monitoramento comportamental. Uma postura crítica adverte que o professor não pode ser reduzido a um gestor de painéis de dados (*dashboards*): a agência profissional deve prevalecer sobre a predição algorítmica, cabendo ao educador interpretar as métricas por meio de julgamento ético, pedagógico e empático, evitando a excessiva dataficação dos estudantes (Cheng; Wang, 2023; Tao *et al.*, 2026).

Essa reconfiguração alcança também o acompanhamento formativo. Em ambientes nos quais a IA sintetiza respostas imediatas, o docente precisa transferir o foco avaliativo dos produtos finais para os processos cognitivos e procedimentais (Tao *et al.*, 2026). Paralelamente, a automação de tarefas rotineiras, rubricas, materiais e planejamentos iniciais, pode reduzir a sobrecarga do educador (Marín Yépez, 2025); esse ganho, contudo, só se justifica se o tempo liberado for redirecionado ao que é pedagogicamente insubstituível: a instrução diferenciada, a facilitação de debates éticos e o aprofundamento das relações interpessoais em sala (Marín Yépez, 2025; Tao *et al.*, 2026).

Sustentar esse reposicionamento depende, por sua vez, do próprio letramento em IA do professor, contínuo e alicerçado em princípios éticos, desenvolvimento profissional que o capacite a enfrentar dilemas algorítmicos, de privacidade e de integridade acadêmica, e a

contrapor-se à terceirização do pensamento aos sistemas automatizados (Ma *et al.*, 2025; Traga Philippakos; Rocconi, 2025). As dimensões e matrizes desse letramento, comuns a docentes e discentes, são detalhadas na seção 2.3.

Em síntese, o papel do professor na era da IA distancia-se da mera facilitação tecnológica para assumir uma magnitude formativa e filosófica: as ferramentas generativas operam como extensões cognitivas e parceiras colaborativas, nunca como substitutas da práxis educativa (Adams *et al.*, 2023). A criação de um ambiente seguro, o julgamento pedagógico, o incentivo à curiosidade e o respeito à identidade criativa do estudante dependem da intencionalidade humana (Adams *et al.*, 2023; Tao *et al.*, 2026). Essa mediação, porém, só se completa quando o próprio estudante desenvolve autonomia crítica diante das ferramentas, competência cuja estruturação constitui o terceiro eixo deste referencial.

2.3 Letramento em IA no Ensino Fundamental e Médio: Dimensões, Práticas e Desafios Críticos

Retomando o eixo anunciado ao fim da seção anterior, a autonomia crítica do estudante diante das ferramentas generativas materializa-se no conceito de letramento em IA, consolidado como competência cívica e educacional inegociável para o século XXI. Inicialmente, a literatura abordava o ensino de IA na educação básica sob uma lente estritamente técnica, priorizando o pensamento computacional e as habilidades de programação (Ng *et al.*, 2021). A evolução dos LLMs, contudo, provocou uma transição conceitual no campo: o foco deslocou-se da formação de futuros programadores para a instrumentalização de cidadãos críticos, capazes de interagir, avaliar e co-criar responsavelmente em um ecossistema digital complexo (Yim; Su, 2025; Zhang; Perry; Lee, 2025).

No plano conceitual, esse deslocamento favoreceu matrizes multidimensionais. Apoiando-se na taxonomia de Bloom, o letramento em IA pode ser estruturado em quatro eixos, conhecer e compreender a IA, usar e aplicar a tecnologia, avaliar e criar sistemas e compreender as questões éticas subjacentes (Ng *et al.*, 2021), ao que Chiu *et al.* (2024) acrescentam a distinção entre o "letramento", voltado à aquisição de conhecimentos e habilidades, e a "competência" em IA, que engloba a confiança do usuário e a autorreflexão contínua. Em chave complementar, a estrutura ABCE organiza o aprendizado em domínios Afetivos, Comportamentais, Cognitivos e Éticos (Ng *et al.*, 2024), fazendo o letramento atuar transversalmente: na dimensão cognitiva, ao permitir entender e criar artefatos; na afetiva, ao formar usuários autoconfiantes, aptos a superar a ansiedade tecnológica; e na comportamental, ao habilitar a colaboração produtiva em ambientes mediados pela IA (Ma *et al.*, 2025).

A construção desse letramento pressupõe equilíbrio entre o conhecimento técnico-fundacional e o desenvolvimento de perspectivas críticas. Hallström *et al.* (2026) identificaram amplo consenso quanto à necessidade de que os alunos compreendam o que a IA é e o que não é, como as lógicas algorítmicas operam e como os modelos preditivos e gerativos são treinados, base a partir da qual se tornam aptos a avaliar o impacto algorítmico nas decisões e a reconhecer as limitações técnicas da máquina.

Sobre essa base, a dimensão ética afirma-se como componente central da alfabetização tecnológica. A literatura aponta que essa educação moral capacita os jovens a auditar sistemas em busca de preconceitos ocultos nos dados de treinamento e a questionar os resultados dos modelos de linguagem, deslocando o aluno da posição de receptor alienado para a de participante cívico ativo (Adams *et al.*, 2023; Ma *et al.*, 2025).

A operacionalização dessas matrizes nas salas de aula demanda estratégias ajustadas ao estágio de desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Nas séries iniciais, prevalecem o construcionismo e abordagens lúdicas, programação em blocos, agentes inteligentes interativos e dinâmicas desplugadas, para materializar conceitos abstratos de Aprendizado de Máquina (Yim; Su, 2025). No Ensino Médio, as atividades devem transitar de "experiência e percepção" para "aplicação e design" e, por fim, "síntese e criação", valendo-se da aprendizagem baseada em projetos, da formulação de *prompts* e da solução colaborativa de problemas autênticos (Liu; Zhong, 2024; Tadimalla; Maher, 2025).

A estruturação dessas estratégias justifica-se, em parte, pelos riscos da adoção tecnológica não mediada. Evidências empíricas documentam ameaças à agência intelectual dos alunos, a dependência cognitiva, em que as ferramentas funcionam como muletas em vez de andaimes para o aprendizado; a distorção da autoavaliação de competências; e a redução da autoria criativa (Tao *et al.*, 2026). O letramento atua, nesse sentido, como mecanismo de enfrentamento, formando alunos capazes de verificar fontes, avaliar procedimentos com rigor e manter postura ativa frente às saídas geradas (Callado; Saúde; Araújo, 2025; Tao *et al.*, 2026).

Apesar do reconhecimento de sua centralidade, a consolidação prática do letramento esbarra em deficiências estruturais agudas. Para Ma *et al.* (2025), os componentes éticos permanecem marginalizados no cotidiano escolar, que se limita ao ensino pragmático e tecnicista, discrepância acentuada pela ausência de diretrizes curriculares nacionais coesas, pela carência de infraestrutura e, sobretudo, pelo déficit no desenvolvimento profissional docente (Casal-Otero *et al.*, 2023; Cheng; Wang, 2023). Constitui-se, assim, uma reestruturação pedagógica complexa, que amalgama pensamento computacional, letramento de dados e raciocínio socioético (Tadimalla; Maher, 2025; Yim; Su, 2025) e cuja efetivação exige

investimento em capacitação contínua, infraestrutura equitativa e currículos que posicionem a IA como dimensão de aprendizagem transformadora (Ma *et al.*, 2025). É contra esse pano de fundo, a tensão entre a centralidade teórica do letramento, da mediação docente e da ética, de um lado, e sua consolidação ainda incipiente, de outro, que a análise bibliométrica a seguir se propõe a verificar em que medida esses temas se traduzem, ou não, em prioridades efetivas da produção científica do campo.

3 METODOLOGIA

A análise bibliométrica caracteriza-se como um método quantitativo amplamente utilizado em diversos campos para avaliar a atividade de pesquisa, estimar a importância de artigos publicados e mapear tendências sobre um tema específico (Chueke; Amatucci, 2015). Essa abordagem estatística permite aos pesquisadores examinar padrões e extrair indicadores valiosos que informam sobre a quantidade, a dinâmica de produção e o impacto das pesquisas ao longo do tempo (Fidelis *et al.*, 2009). Na literatura científica, o número de vezes que um estudo é referenciado atua como um parâmetro fundamental para medir sua relevância e influência em um campo específico de conhecimento (Chueke; Amatucci, 2015). Dessa forma, a identificação e a análise dos chamados "clássicos" (os estudos mais altamente citados) fornecem uma visão estruturada sobre os marcos e avanços históricos, revelam as áreas de pesquisa mais intensas e ajudam a compreender a base intelectual que fundamenta e direciona as perspectivas futuras de uma disciplina.

3.1 Desenho do Estudo

Trata-se de uma pesquisa quantitativa de caráter retrospectivo, baseada em análise bibliométrica e mapeamento científico. O estudo tem como objetivo identificar, caracterizar e analisar os 100 artigos científicos mais citados referentes à aplicação e ao impacto do ChatGPT na educação básica. O mapeamento sistemático dos artigos mais influentes em um campo específico fornece uma visão objetiva dos principais avanços históricos, das frentes de pesquisa emergentes e do desenvolvimento intelectual da área (Chang *et al.*, 2021).

3.2 Fonte de Dados e Estratégia de Busca (Coleta)

A coleta de dados foi conduzida na base de dados *Web of Science* (WoS) e na base Scopus. A escolha destas bases justifica-se por serem bases multidisciplinares amplamente reconhecidas pelo rigor de sua indexação, abrangência das publicações de alto impacto e pela

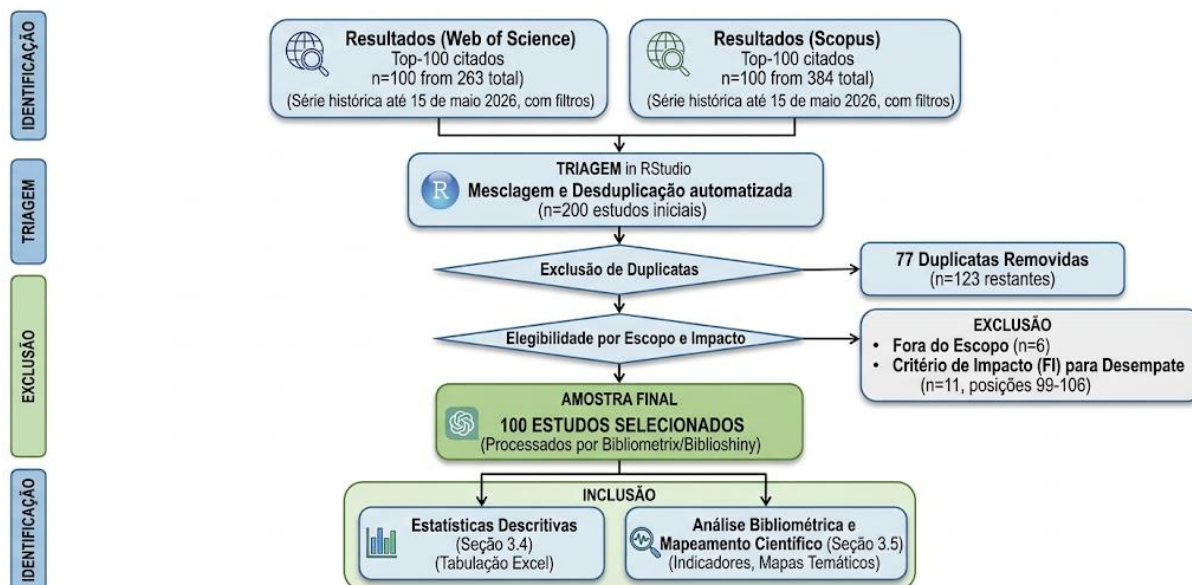
qualidade dos metadados exportados, os quais são fundamentais para análises bibliométricas robustas (Pranckutė, 2021).

A pesquisa de dados utilizou a seguinte *string* de busca, aplicada ao campo de "Tópicos" na base *Web of Science* (que engloba título, resumo e palavras-chave) e os campos título, resumo e palavras-chave na base Scopus: ("ChatGPT") AND ("K-12" OR "Primary Education" OR "Secondary Education" OR "Elementary School" OR "High School" OR "Middle School" OR "Basic Education" OR "K12" OR "Early Childhood Education") NOT ("Medical Education" OR "Nursing" OR "Patient" OR "Clinical" OR "Higher Education" OR "University" OR "Undergraduate" OR "Medical School" OR "Dentistry"). A busca abrangeu toda a série histórica disponível até a data da pesquisa (15 de maio de 2026), sem imposição de restrição inicial de idioma, para garantir que o panorama global da literatura seja capturado (Yu *et al.*, 2024). Filtros de tipologia documental foram aplicados para restringir os resultados apenas a artigos originais (*articles*) e de revisão (*review articles*), além de artigos publicados em anais de eventos (*Proceeding Paper*).

3.3 Triagem e Seleção da Amostra (Top 100)

Uma vez executada a busca, os resultados foram organizados em ordem decrescente, utilizando o critério de número total de citações para identificar os 100 documentos mais influentes (Yu *et al.*, 2024). Ao todo, foram encontrados 263 estudos na base *Web of Science* e 384 na base *Scopus*, sendo que foram selecionados os 100 estudos mais citados de cada uma destas bases. A partir deste conjunto de estudos, foi feito o processo de mesclagem entre os resultados de cada base, de modo a obter a amostragem final de estudos. Primeiramente, os dados dos estudos foram exportados em formato *BibTeX* com o Registro Completo e, posteriormente estes dados foram tratados no software RStudio (versão 2026.04.0), onde foi feito o ranqueamento dos estudos ($n=200$) e exclusão das duplicatas ($n=77$), gerando a amostra final de 123 estudos. Após uma análise da amostra de 123 estudos, seis foram eliminados, por não estarem dentro do escopo do trabalho, restando 117 estudos. No ranqueamento dos estudos, os estudos entre as posições 99 e 106 possuam o mesmo número de citações, deste modo, foi usado como critério para permanência, os estudos publicados em periódicos de maior impacto, neste caso, permaneceram dois estudos publicados no *Computers And Education: Artificial Intelligence*, que possui fator de impacto de 7,083¹. Assim, foi finalizada a amostra de 100 estudos, como pode ser observado na Figura 1.

¹ Ver fator de impacto em: <https://www.scimagojr.com/>. Acesso em: 30 de abril 2026.

Figura 1 – Diagrama de Fluxo da Seleção da Amostragem Final dos Estudos (n=100)

Fonte: Elaborado pelo autor, com o auxílio do NanoBanana (2026).

3.4 Extração e Tratamento de Variáveis

Os metadados das 100² publicações selecionadas foram inicialmente tabulados no Microsoft Excel para a elaboração de estatísticas descritivas (Yu *et al.*, 2024). As variáveis extraídas incluíram: título do artigo, autores, ano de publicação, periódico, Fator de Impacto do periódico, país e instituição de origem do primeiro autor/autor correspondente, tipo de estudo e principais palavras-chave (Kawuki *et al.*, 2022).

3.5. Análise de Dados e Mapeamento Científico (Bibliometrix)

A análise aprofundada dos metadados foi conduzida por meio de técnicas de mapeamento científico utilizando o pacote *Bibliometrix* (ambiente R) e sua interface gráfica web, o *Biblioshiny* (Aria; Cuccurullo, 2017). Essa ferramenta automatiza a importação, a conversão e a mineração descritiva dos dados (Zhong; Guo; Qian, 2024).

Para este estudo, o *software* foi parametrizado para processar indicadores de produtividade global, tendências anuais, desempenho das fontes e a dinâmica de publicações ao longo do tempo. Além disso, a ferramenta estruturou mapas temáticos bidimensionais baseados em centralidade e densidade, capazes de categorizar as correntes de pesquisa da área

² A amostra final pode ser acessada no seguinte link:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aYihTbgOLgfrbLC72BOtoPaS56NKZIW/edit?usp=sharing&ouid=117189362436327196377&rtopof=true&sd=true>

em quatro quadrantes: temas motores, temas básicos/transversais, temas de nicho e temas emergentes (Senthilvadevel *et al.*, 2024).

3.6 Limitações Metodológicas

Apesar do rigor quantitativo e da objetividade oferecidos pela análise bibliométrica, é imperativo reconhecer as limitações intrínsecas a este método (Schumann; Calabro, 2024). A principal fragilidade reside na dependência de bases de dados comerciais internacionais, como *Web of Science* e *Scopus* (Melo; Trinca; Maricato, 2021). A literatura da área de metria da informação aponta que os processos de indexação dessas plataformas tendem a introduzir vieses geográficos, linguísticos e disciplinares, privilegiando a ciência *mainstream* produzida no Norte Global, notadamente nos Estados Unidos e na Europa e publicada majoritariamente em língua inglesa (Melo; Trinca; Maricato, 2021; Schumann; Calabro, 2024). Consequentemente, a extração de dados ancorada exclusivamente nestas bases pode sub-representar as contribuições científicas de pesquisadores do Sul Global e negligenciar as especificidades e investigações de cunho regional (Melo; Trinca; Maricato, 2021).

Além disso, a adoção de índices de citação como métrica primária de avaliação de impacto exige cautela (Schumann; Calabro, 2024). O volume de citações de um estudo pode ser influenciado por fatores externos à sua qualidade intrínseca ou rigor empírico, tais como o tamanho da comunidade de pesquisa em uma determinada disciplina, o número de coautores envolvidos no manuscrito ou a popularidade momentânea do tema investigado (Schumann; Calabro, 2024).

Em observância aos padrões éticos e à Política de Integridade na Atividade Científica (CNPq, 2026), declara-se que o uso de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (IAG) na elaboração deste manuscrito restringiu-se exclusivamente à revisão textual e ao aprimoramento da fluidez gramatical. Nenhuma etapa de concepção do estudo, análise de dados ou formulação de conclusões foi delegada à ferramenta, garantindo que não houve submissão de conteúdo sintético como se fosse de autoria humana, assumindo o autor a responsabilidade integral e exclusiva pela originalidade, precisão e integridade do texto final

4 RESULTADOS

4.1 Características Gerais e Distribuição Temporal das Publicações

A análise temporal revela que a produção científica sobre o tema está concentrada no triênio 2023-2025. O ano de 2024 concentrou 50% do *corpus* (n=50), seguido por 2025 (n=32; 32%) e 2023 (n=18; 18%), conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção Científica e Citações Anuais

Ano	Artigos Publicados	Média de Citações por Artigo	Média de Citações por Ano
2023	18	49,22	12,3
2024	50	34,84	11,61
2025	32	16,31	8,15

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em contrapartida, a análise das médias de citação por artigo evidencia uma relação inversa entre ano de publicação e acúmulo de citações, padrão esperado em *corpora* bibliométricos com janelas temporais distintas (Yu *et al.*, 2024). Os estudos publicados em 2023 apresentaram a maior média de citações por artigo (49,22), seguidos pelos de 2024 (34,84) e 2025 (16,31). Quando normalizada pela média anual de citações, métrica que controla o efeito do tempo de exposição, a diferença entre os anos se reduz consideravelmente: 12,3 citações/ano (2023), 11,61 (2024) e 8,15 (2025), sugerindo que a produção de 2025 já demonstra taxas de impacto comparáveis às dos anos anteriores, indicando alta receptividade da comunidade científica mesmo para estudos recentes.

Esses dados corroboram o diagnóstico de explosão informacional documentado por Liu e Zhong (2024) e Marzano (2025), para quem o lançamento do ChatGPT inaugurou uma fase inédita de produção científica em educação tecnológica, caracterizada por alta velocidade de publicação e ampla dispersão temática.

No que concerne às obras de maior impacto individual, a Tabela 2 apresenta os 10 artigos mais citados da amostra. O estudo de Chiu *et al.* (2024), com 220 citações, ocupa o primeiro lugar, propondo uma estrutura abrangente de letramento e competência em IA para a educação K-12 a partir de um ciclo iterativo de co-design com especialistas. Em segundo lugar, o trabalho experimental de Kazemitabaar *et al.* (2023; 203 citações) demonstrou que geradores de código por IA, como o Codex, aumentam significativamente a taxa de conclusão de tarefas em alunos iniciantes sem comprometer habilidades de programação manual. O terceiro estudo mais citado, a revisão sistemática de Zhang e Tur (2023/2024; 163 citações), empregou

framework SWOT e evidenciou que o ChatGPT potencializa o planejamento docente e a personalização da aprendizagem, mas levanta preocupações sérias quanto à integridade acadêmica. A análise do conjunto dos 10 mais citados revela dois eixos temáticos predominantes: (i) letramento e competência em IA como agenda curricular central, e (ii) a eficácia e os riscos de ferramentas generativas em contextos pedagógicos específicos, como programação, produção textual, avaliação automatizada e jogos educativos.

Tabela 2 - Os 10 artigos mais citados sobre o ChatGPT na Educação Básica

Autores e Ano	Título do Estudo	Objetivo	Método	Principais Resultados	Nº de Citações
Chiu <i>et al.</i> , 2024	<i>What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them</i>	Definir letramento e competência em Inteligência Artificial (IA) e propor uma estrutura para educação K-12.	Ciclo de co-design iterativo qualitativo com professores experientes em IA.	A competência em IA abrange 5 áreas (tecnologia, impacto, ética, colaboração, autorreflexão) e foram sugeridas 5 experiências de aprendizagem fundamentais.	220
Kazemitabaar <i>et al.</i> , 2023	<i>Studying the effect of AI Code Generators on Supporting Novice Learners in Introductory Programming</i>	Explorar as implicações do uso de geradores de código por IA (ex: Codex) no aprendizado introdutório de programação.	Experimento controlado com 69 estudantes novatos.	O uso do Codex aumentou significativamente a taxa de conclusão de tarefas e as notas, sem prejudicar o desempenho em tarefas manuais de modificação de código.	203
Zhang; Tur, 2023/2024	<i>A systematic review of ChatGPT use in K-12 education</i>	Investigar a utilização do ChatGPT na educação K-12 através de uma análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças).	Revisão sistemática da literatura baseada no framework PRISMA e análise com auxílio de software (NVivo/VOS viewer).	O ChatGPT capacita educadores no planejamento e otimiza a aprendizagem personalizada, mas levanta preocupações sobre integridade acadêmica e qualidade das respostas.	163
ElSayary, 2024	<i>An investigation of teachers' perceptions of using ChatGPT as a supporting tool for teaching and</i>	Investigar as percepções dos professores sobre o uso do ChatGPT no planejamento de aulas, ensino e avaliações.	Métodos mistos sequenciais explicativos (pesquisa online com 40 professores e entrevistas semiestruturadas).	Os professores sentem grandes benefícios na elaboração de planos de aula e engajamento, mas destacam como desafios o viés, a precisão das	120

	<i>learning in the digital era</i>			informações e a falta de interação humana.	
Latif; Zhai, 2024	<i>Fine-tuning ChatGPT for automatic scoring</i>	Avaliar o potencial do modelo GPT-3.5 ajustado (fine-tuned) para correção automática de respostas em ciências.	Estudo experimental comparando o modelo GPT-3.5 com o modelo BERT em tarefas de pontuação multirrótulo e multiclasse.	O modelo GPT-3.5 ajustado demonstrou um aumento médio de 9,1% na precisão da correção automática em comparação ao modelo BERT.	116
Chen et al., 2023	<i>Integrating generative AI in knowledge building</i>	Analisar como os alunos do ensino médio incorporam o ChatGPT nos seus processos de construção de conhecimento.	Qualitativo através de entrevistas semiestruturadas com os alunos e análise dos fóruns/logs de aprendizagem.	Os alunos usaram o ChatGPT para coleta de informações, inspiração e tarefas rotineiras, demonstrando letramento emergente, mas um conhecimento limitado dos mecanismos internos da IA.	98
Xiao et al., 2023	<i>Evaluating Reading Comprehension Exercises Generated by LLMs: A Showcase of ChatGPT in Education Applications</i>	Desenvolver um sistema baseado em ChatGPT para gerar exercícios personalizados de compreensão de leitura para alunos.	Implementação de sistema avaliado por métricas automáticas e avaliação humana com professores nativos e alunos.	As passagens e perguntas geradas pelo sistema alcançaram alta qualidade, superando a qualidade e a relevância de alguns materiais criados por humanos em livros didáticos.	74
Küchemann et al., 2023	<i>Can ChatGPT support prospective teachers in physics task development?</i>	Comparar a qualidade das tarefas de física desenvolvidas por professores em formação utilizando o ChatGPT versus um livro didático.	Estudo controlado (grupo de intervenção vs. grupo de controle com 26 participantes) avaliando 8 categorias de qualidade das tarefas.	As tarefas geradas com ChatGPT tiveram correção e dificuldade comparáveis às do livro didático, provando que a IA ajuda a compensar as dificuldades conceituais dos professores em formação.	73
Ali et al., 2023	<i>Supporting self-directed learning and self-assessment using TeacherGAIA, a generative AI chatbot application...</i>	Projetar e prototipar um aplicativo chatbot (TeacherGAIA) para apoiar de forma assíncrona a aprendizagem autodirigida dos alunos.	Design de software e avaliação de interações via engenharia de prompts iterativa (framework construtivista).	Prompts direcionados baseados em papéis de professores atingiram níveis excelentes de fidelidade ao objetivo, orientação cognitiva e apoio socioemocional, superando o modelo GPT-4 sem instruções específicas.	72

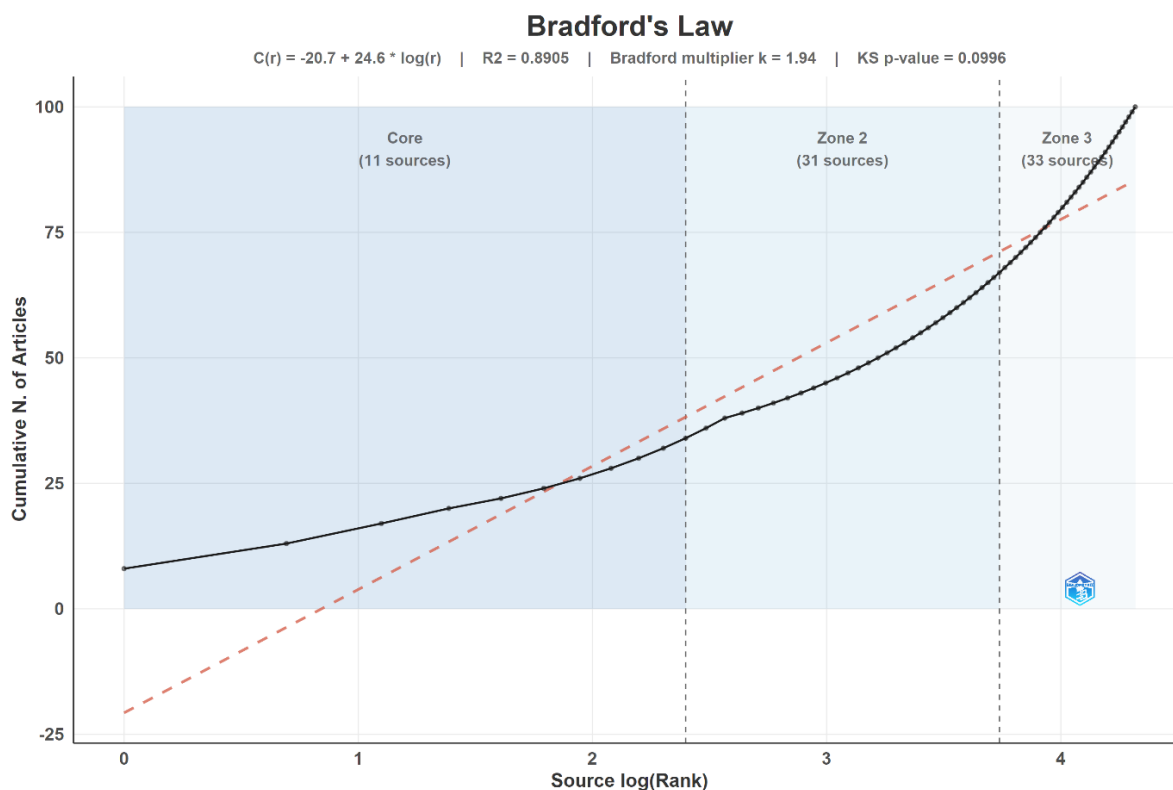
Chen; Chang, 2024	<i>Effectiveness of AI-assisted game-based learning on science learning outcomes, intrinsic motivation, cognitive load, and learning behavior</i>	Investigar a eficácia da aprendizagem baseada em jogos digitais assistida por IA (ChatGPT) no aprendizado de ciências.	Estudo quase- experimental e entrevistas em grupos focais com 202 alunos do sétimo ano, divididos em 3 grupos.	Os alunos no grupo assistido pelo ChatGPT (com exemplos) superaram o grupo sem IA nos resultados de ciências e apresentaram maior motivação intrínseca e menor sobrecarga cognitiva no aprendizado.	67
-------------------------	---	---	--	---	----

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.2 Distribuição por Fontes: Lei de Bradford e Periódicos Nucleares

A aplicação da Lei de Bradford ao corpus analisado (n=100) revelou estrutura de concentração típica de campos científicos emergentes, conforme ilustrado na Figura 2. O núcleo da literatura (*Core zone*) é composto por 11 periódicos que, embora representem uma parcela reduzida das fontes identificadas, concentram proporcionalmente o maior volume de artigos de alto impacto da amostra. A Zona 2 reúne 31 fontes e a Zona 3, 33 fontes, perfazendo um espectro de dispersão progressiva da produção. O ajuste logarítmico ao modelo de Bradford apresentou $R^2 = 0,8905$, indicando elevada aderência dos dados ao padrão teórico previsto pela lei. O multiplicador de Bradford ($k = 1,94$) confirma a concentração moderada da produção em um conjunto restrito de periódicos especializados, e o teste de Kolmogorov-Smirnov resultou em p-valor = 0,0996, não rejeitando a hipótese de conformidade com a distribuição teórica ao nível de 5%.

Figura 2 – Lei de Bradford Aplicada a Amostra



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em termos de produtividade por fonte, a Tabela 3 apresenta os periódicos com maior representação na amostra. O periódico *Computers and Education: Artificial Intelligence* destacou-se como o veículo de maior impacto e prolificidade, concentrando 8 dos 100 artigos analisados (8%) e apresentando o maior Fator de Impacto do conjunto (IF = 7,083). Em sequência, *Education and Information Technologies* (n=5; IF=2,131) e *Interactive Learning Environments* (n=4; IF=2,240) posicionam-se como fontes de segunda ordem, seguidos por *Physical Review Physics Education Research* (n=3; IF=1,586) e *Conference on Human Factors in Computing Systems* (n=2; IF=0,484). A predominância de periódicos especializados em tecnologia educacional confirma que a discussão científica sobre o ChatGPT na educação básica ancora-se primordialmente em comunidades já consolidadas na interface entre computação e pedagogia.

Tabela 3 - Revistas mais prolíficas e influentes

Revista	Número de Artigos	Fator de Impacto ³
<i>Computers and Education: Artificial Intelligence</i>	8	7,083
<i>Education and Information Technologies</i>	5	2,131
<i>Interactive Learning Environments</i>	4	2,240
<i>Physical Review Physics Education Research</i>	3	1,586

³ Segundo o SCImago Journal. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/>. Acesso em: 15 de maio 2026.

<i>Conference on Human Factors in Computing Systems</i>	2	0,484
---	---	-------

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3 Produtividade Geográfica e Institucional

A análise da distribuição geográfica da amostra evidencia a concentração da produção científica em um número restrito de países, liderada por instituições asiáticas e norte-americanas. Conforme a Tabela 4, entre as instituições mais produtivas destacam-se a *The Chinese University of Hong Kong* (n=12), *The Education University of Hong Kong* (n=8) e a *National Sun Yat-sen University* (n=8), a qual divide a posição com a *Stanford University* (n=8), única representante norte-americana no topo do ranking institucional.

Tabela 4 – Instituições com maior número de produções

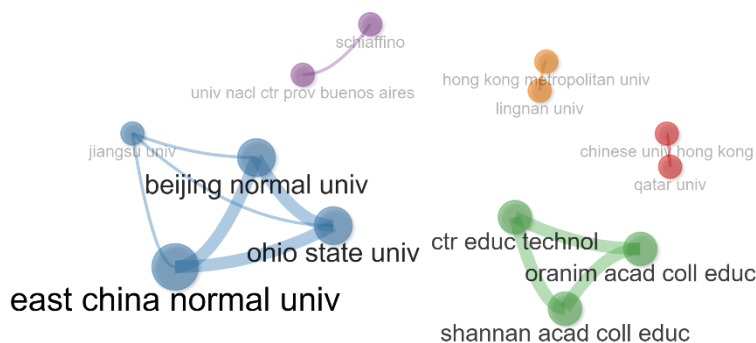
Instituição	Número de Artigos
<i>The Chinese University of Hong Kong</i>	12
<i>The Education University of Hong Kong</i>	8
<i>National Sun Yat-sen University</i>	8
<i>Stanford University</i>	8
<i>East China Normal University</i>	7
<i>Griffith University</i>	7
<i>University of Georgia</i>	7
<i>University College Dublin</i>	5
<i>Zayed University</i>	5
<i>Oranim Academic College of Education</i>	4
<i>Shannan Academic College of Education</i>	4
<i>Tsinghua University</i>	4
<i>University of the Balearic Islands</i>	4
<i>University of Pennsylvania</i>	4
<i>University of Tartu</i>	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 3 (Rede de Colaboração entre Instituições) complementa essa análise ao revelar que as colaborações interinstitucionais organizam-se em clusters relativamente isolados entre si, sem uma rede integrada e densa. O agrupamento mais robusto é liderado pela *East China Normal University*, articulada com *Ohio State University*, *Beijing Normal University* e *Jiangsu University*, configurando uma parceria sino-americana de pesquisa em educação tecnológica. Um segundo cluster, de base israelense, articula *Oranim Academic College of Education*, *Shannan Academic College of Education* e *Centre for Educational Technology*, enquanto um terceiro agrupa instituições de Hong Kong, como *Chinese University of Hong*

Kong e Qatar University. A estrutura fragmentada da rede sugere que o campo ainda não atingiu um estágio de maturidade colaborativa plena, operando predominantemente por meio de parcerias regionais e bilaterais.

Figura 3 - Rede de Colaboração entre Instituições



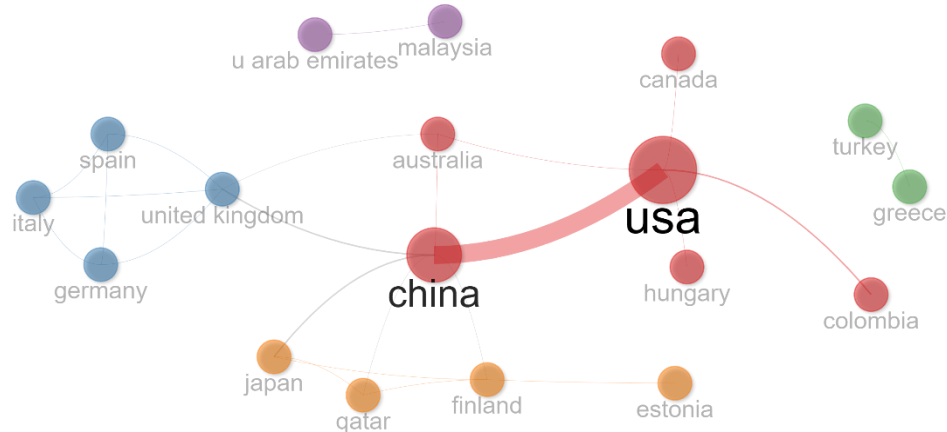
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 4 (Rede de Colaboração entre Países) materializa visualmente essa assimetria geográfica. China e Estados Unidos emergem como os nós dominantes da rede, com os maiores volumes de produção e a conexão bilateral de maior espessura, indicando que a parceria sino-americana constitui o eixo central de colaboração internacional do campo. A rede identifica ainda três agrupamentos secundários estruturados por proximidade geográfica e cultural: (i) um cluster europeu articulado em torno do Reino Unido, com conexões para Espanha, Itália e Alemanha; (ii) um cluster asiático-médio-oriental composto por Japão, Qatar, Finlândia e Estônia; e (iii) nós periféricos de menor densidade colaborativa, como Austrália, Canadá, Malásia, Emirados Árabes Unidos, Turquia, Grécia, Colômbia e Hungria. A arquitetura da rede indica que, apesar da diversidade geográfica, a produção científica de alto impacto sobre o ChatGPT na educação básica permanece concentrada em poucos polos, com colaborações internacionais ainda incipientes entre regiões do Sul Global.

Para além desse eixo central, a rede identifica três agrupamentos secundários com dinâmicas próprias. O primeiro configura-se como um cluster europeu ocidental, articulado em torno do Reino Unido e conectado a Espanha, Itália e Alemanha por arestas de menor intensidade, sugerindo colaborações pontuais ainda em desenvolvimento. O segundo cluster reúne países da Ásia-Pacífico e do Oriente Médio, Japão, Qatar, Finlândia e Estônia, com conexões internas que indicam redes regionais de pesquisa já formalizadas. Um terceiro grupo de nós periféricos, representando países como Austrália, Canadá, Malásia, Emirados Árabes Unidos, Turquia, Grécia, Colômbia e Hungria, aparece de forma mais isolada na rede, sem

conexões de alta espessura com os polos dominantes, o que sugere contribuições individuais ainda não integradas a parcerias consolidadas. A ausência de nós representando países da América Latina com exceção de Colômbia, em posição periférica e do continente africano é um achado relevante, evidenciando uma lacuna geográfica significativa na produção de alto impacto e reforçando a necessidade de maior internacionalização e diversificação das pesquisas sobre IA na educação básica.

Figura 4 - Rede de Colaboração entre Países



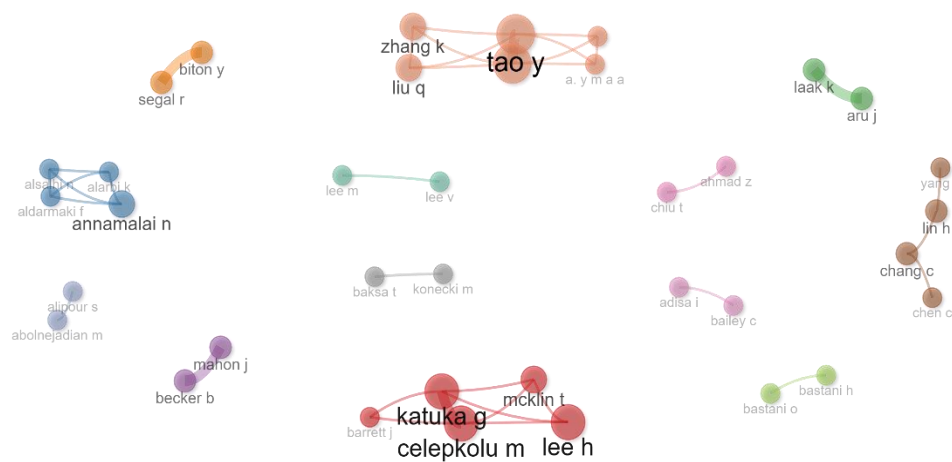
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A distribuição geográfica da produção científica confirma a hegemonia de dois polos, com China ($n=78$) e Estados Unidos ($n=73$) concentrando, de forma conjunta, parcela majoritária das contribuições autorais do corpus. Em terceiro lugar, a Austrália ($n=13$) e a Alemanha ($n=12$) destacam-se como os países de maior produtividade fora do eixo sino-americano, seguidos por Turquia ($n=11$), Israel ($n=10$) e Itália ($n=10$). No contexto ibero-americano, o Brasil ($n=8$) e a Espanha ($n=8$) apresentam contribuições equivalentes e relevantes, posicionando-se entre os dez países mais produtivos da amostra fato que merece atenção, dado o histórico de sub-representação do Sul Global em corpora de alto impacto. A Irlanda ($n=7$), a Suécia ($n=7$), a Colômbia ($n=6$) e o Reino Unido ($n=6$) completam o grupo intermediário, enquanto Argentina ($n=5$), Estônia ($n=5$), Finlândia ($n=4$), Japão ($n=4$) e Singapura ($n=4$) compõem um estrato de contribuição secundária. Ao todo, 35 países distintos estão representados no corpus, evidenciando alcance geográfico amplo, ainda que fortemente assimétrico.

4.4 Redes de Colaboração Científica entre Autores

A Figura 5 (Rede de Colaboração entre Autores) revela uma estrutura de coautoria marcada pela fragmentação em múltiplos clusters pequenos e independentes, sem um nó central que conecte a rede de forma integrada. O autor com maior centralidade na rede é Tao Y, que lidera o cluster mais denso da amostra, articulado com Zhang K, Liu Q e outros colaboradores recorrentes. Um segundo cluster expressivo organiza-se em torno de Katuka G, Celepkolu M, Lee H e Mcklin T. Outros agrupamentos menores distribuem-se pela rede sem conexão entre si, envolvendo autores como Annamalai N, Chang C, Chiu T e Ahmad Z.

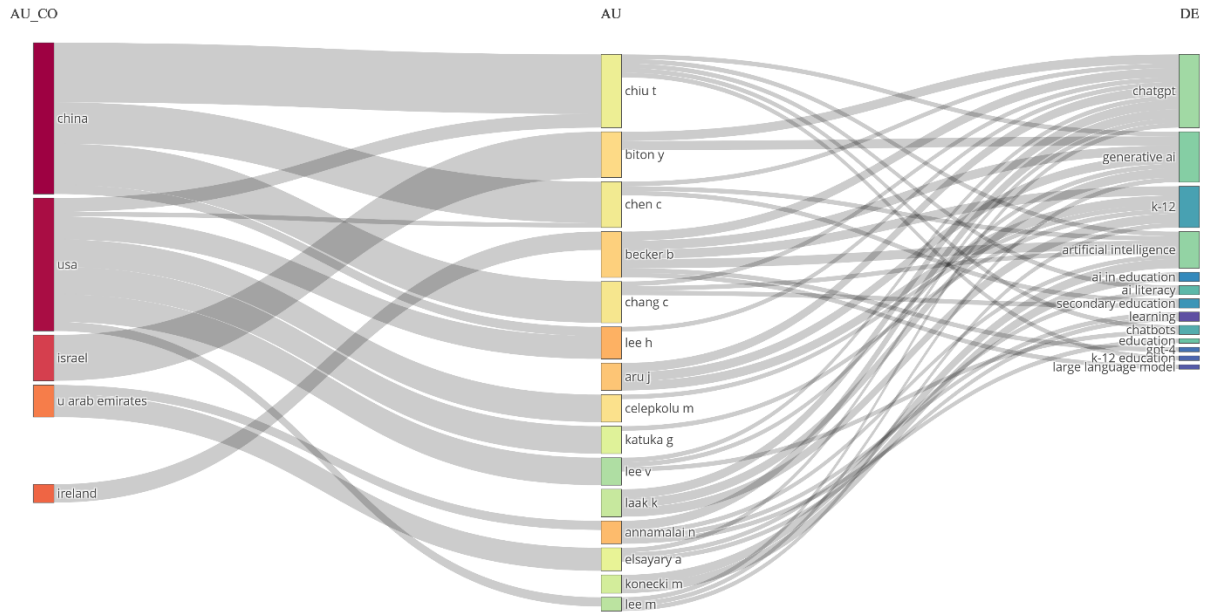
Figura 5 - Rede de Colaboração entre Autores



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O Gráfico de Três Campos (Figura 6) integra, em uma visualização única, as relações entre países de afiliação dos autores (AU_CO), autores mais produtivos (AU) e palavras-chave predominantes (DE), permitindo rastrear os fluxos que conectam origem geográfica, agência autoral e orientação temática. China e Estados Unidos, posicionados como os dois maiores blocos no campo esquerdo, distribuem suas contribuições por um conjunto diversificado de autores com destaque para Chiu T, Chen C e Chang C (China/Hong Kong) e Becker B, Lee H e Katuka G (EUA), que convergem para palavras-chave centrais como *chatgpt*, *generative ai*, *k-12* e *artificial intelligence*. Israel aparece como terceiro bloco, com Biton Y e Aru J como autores de referência, conectados predominantemente às temáticas de *ai literacy* e *ai in education*. Os Emirados Árabes Unidos, representados por Elsayary A e Annamalai N, articulam-se com *secondary education* e *chatbots*. O diagrama evidencia ainda que termos como *ai literacy*, *gpt-4* e *large language model* concentram conexões oriundas de múltiplos países, sinalizando sua natureza transversal no campo.

Figura 6 - Gráfico de Três Campos (*Three-Fields Plot / Sankey Diagram*)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.5 Estrutura Intelectual, Temas Quentes (*Hotspots*) e Tendências Emergentes

A análise da distribuição de palavras-chave por meio da Árvore Temática (Figura 7) permitiu mapear a frequência e a hierarquia dos conceitos centrais do corpus. O termo *chatgpt* é o mais recorrente (n=53; 20%), confirmando que o ChatGPT especificamente e não a IA de forma genérica, constitui o objeto empírico privilegiado dos estudos mais citados. Em segundo lugar aparece *artificial intelligence* (n=24; 9%), seguido por *generative ai* (n=20; 8%) e *large language models* (n=11; 4%). Termos como *ai literacy* (n=8; 3%), *chatbots* (n=8; 3%), *education* (n=9; 3%) e *k-12* (n=7; 3%) compõem o segundo estrato temático, enquanto *secondary education*, *ai in education*, *machine learning*, *learning*, *teacher*, *tpack* e *gpt-4* distribuem-se com frequências entre 2% e 4%, delineando os contornos de uma agenda de pesquisa multifacetada que articula dimensões técnicas, pedagógicas e éticas.

Figura 7 – Árvore Temática



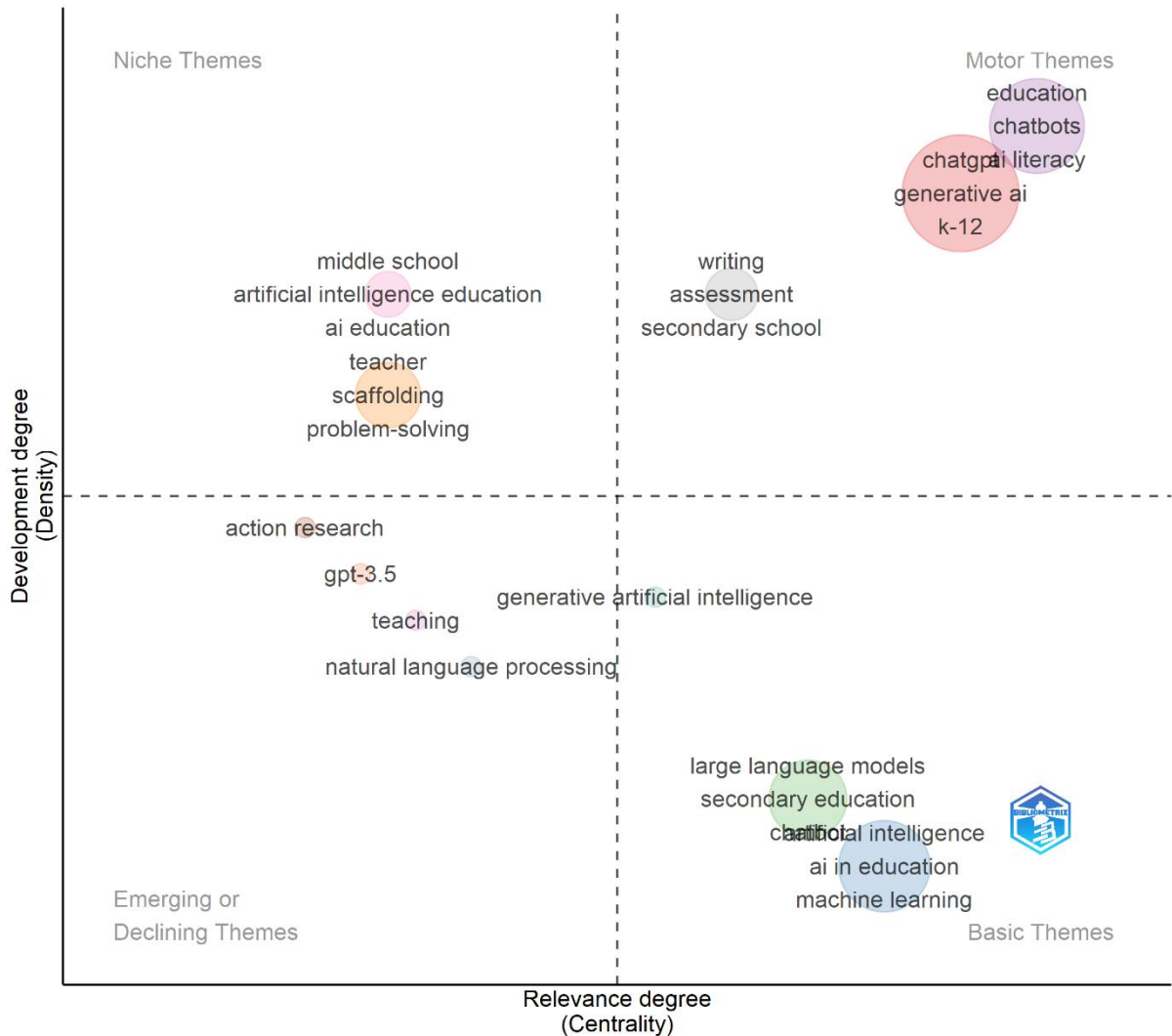
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Entre os termos de menor frequência, mas de relevância qualitativa, destacam-se ainda *plagiarism* (n=2), *programming* (n=2), *physics education* (n=2) e *pre-service high school* (n=2), sinalizando frentes emergentes voltadas à integridade acadêmica, ao ensino de computação e à formação inicial de professores como dimensões ainda incipientes, mas crescentes, na agenda do campo.

O Mapa Temático (Figura 8), gerado pelo Bibliometrix a partir de análise de centralidade e densidade das redes de palavras-chave, classifica os temas da amostra em quatro quadrantes analíticos. Os Temas Motores (*Motor Themes*), que combinam alta centralidade e alta densidade, indicando tópicos ao mesmo tempo relevantes e bem desenvolvidos, congregam os termos *chatgpt*, *generative ai*, *ai literacy*, *education*, *chatbots* e *k-12*. Esses temas representam o núcleo intelectual do campo e tendem a estruturar as agendas de pesquisa dominantes. Os Temas de Nicho (*Niche Themes*), caracterizados por alta densidade mas baixa centralidade, incluem *artificial intelligence education*, *ai education*, *teacher*, *scaffolding*, *problem-solving* e *middle school*, sinalizando linhas de pesquisa bem desenvolvidas internamente, porém ainda pouco articuladas com o restante do campo. Os Temas Básicos ou Transversais (*Basic Themes*), com alta centralidade e baixa densidade, englobam *large language models*, *secondary education*, *artificial intelligence*, *ai in education* e *machine learning*, conceitos amplamente referenciados, mas ainda pouco consolidados como eixos temáticos autônomos, funcionando como substrato conceitual para diversas frentes de pesquisa. Por fim, os Temas Emergentes ou em Declínio (*Emerging or Declining Themes*), com baixa centralidade e baixa densidade, reúnem *action research*, *gpt-3.5*, *teaching* e *natural language*

processing, sugerindo ou tendências incipientes ainda em formação ou abordagens que perderam tração relativa no campo.

Figura 8 - Mapa Temático

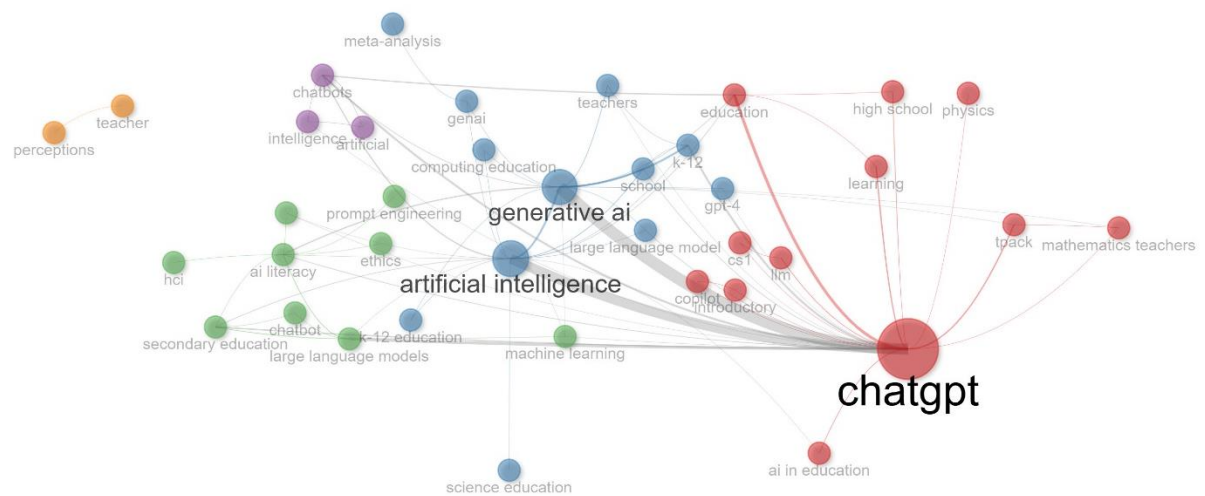


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Rede de Coocorrência de Palavras-chave (Figura 9) aprofunda essa análise ao evidenciar as relações de associação direta entre os termos do corpus. O nó *chatgpt* posiciona-se como o hub central da rede, com o maior número de conexões e a maior força relacional, articulando-se diretamente com *artificial intelligence*, *generative ai*, *k-12*, *large language models*, *ai in education*, *ai literacy* e *secondary education*, entre outros. *Artificial intelligence* e *generative ai* configuram-se como os dois segundos nós de maior centralidade, formando uma tríade conceitual que estrutura a coesão semântica do campo. A rede organiza-se em pelo menos quatro agrupamentos cromáticos distintos: (i) um cluster vermelho centrado em *chatgpt*, articulado com termos de aplicação direta como *high school*, *physics*, *learning*, *gpt-4* e *ai in*

education; (ii) um cluster azul em torno de *artificial intelligence* e *generative ai*, conectado a *k-12*, *school*, *computing education*, *chatbots* e *genai*; (iii) um cluster verde que reúne *ai literacy*, *ethics*, *secondary education*, *chatbot*, *prompt engineering*, *hci* e *large language models*; e (iv) um cluster periférico laranja articulado em torno de *teacher* e *perceptions*, indicando uma linha de pesquisa com foco específico nas percepções docentes sobre a IA. A estrutura da rede confirma que o campo encontra-se em processo ativo de diferenciação temática, com um núcleo conceitual consolidado e múltiplas frentes emergentes em expansão.

Figura 9 – Rede de Coocorrência de Palavras-chave



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

5 DISCUSSÃO

5.1 A Explosão Informacional como Sintoma de uma Ruptura Paradigmática

O crescimento anual de 33,33% na produção científica sobre o ChatGPT na educação básica, com um corpus de 100 artigos distribuídos em apenas três anos (2023-2025), não é um dado meramente quantitativo é um indicador estrutural de ruptura paradigmática. A velocidade com que o campo constituiu seus clássicos, com estudos de 2023 acumulando médias de 49,22 citações por artigo em menos de três anos. Esse fenômeno é diretamente coerente com o diagnóstico teórico apresentado no presente estudo: a transição da Web 2.0 para a era dos Modelos de Linguagem de Grande Escala não representa uma evolução incremental das tecnologias educacionais, mas uma reconfiguração profunda da interface humano-computador que exige das ciências da educação uma resposta rápida e metodologicamente rigorosa (Tao *et al.*, 2026; Zhang; Lai; Yu, 2026). A própria estrutura do corpus jovem, dinâmico e com alta taxa de impacto normalizado mesmo nos artigos mais recentes confirma que o campo não

atravessa uma fase de consolidação gradual, mas sim de formação acelerada de consensos, com os marcos teóricos sendo estabelecidos em tempo real.

Esse contexto impõe um alerta epistemológico relevante: a alta velocidade de publicação que caracteriza campos tecnológicos emergentes frequentemente compromete a profundidade metodológica dos estudos, privilegiando abordagens exploratórias e revisões narrativas em detrimento de investigações longitudinais e experimentais (Marzano, 2025). Apesar da literatura geral sobre IA na educação ser frequentemente criticada pelo excesso de ensaios teóricos, o núcleo de maior impacto (Top 10) deste campo emergente já se sustenta em desenhos experimentais e quase-experimentais robustos (ex: Kazemitabaar *et al.*, 2023; Küchemann *et al.*, 2023; Chen; Chang, 2024), demonstrando que a área está rapidamente amadurecendo para testes de eficácia baseados em evidências

5.2 Hegemonia Sino-Americana e a Representatividade do Sul Global

A concentração de 78 contribuições autorais chinesas e 73 norte-americanas no corpus representa muito mais do que uma liderança quantitativa: configura uma assimetria geopolítica de produção de conhecimento com consequências diretas para a validade ecológica das descobertas do campo. Quando os periódicos líderes são predominantemente anglófonos, com *Computers and Education: Artificial Intelligence* concentrando 8% dos artigos mais citados, e quando as instituições com maior produção são chinesas e norte-americanas, cria-se um risco de que os desafios, as realidades curriculares e as necessidades específicas de populações escolares do Sul Global sejam sistematicamente sub-representados na literatura de referência (Casal-Otero *et al.*, 2023).

Esse achado dialoga criticamente com o eixo teórico, que postula o Letramento em IA como um imperativo cívico global para preparar cidadãos do século XXI. Se a produção científica que fundamenta os currículos e políticas de Literacia em IA é gerada de forma desproporcional por dois países com contextos tecnológicos, econômicos e culturais muito específicos, emerge uma tensão estrutural: os marcos conceituais dominantes, como o framework de Ng *et al.* (2021) e o modelo ABCE Ng *et al.* (2024), foram desenvolvidos primordialmente em contextos de alta infraestrutura tecnológica e políticas educacionais consolidadas. Sua transposição acrítica para realidades escolares como as do Brasil (n=8), da Colômbia (n=6) ou de países africanos, completamente ausentes do corpus, pode resultar em propostas pedagógicas descontextualizadas e de limitada aplicabilidade (Ma *et al.*, 2025).

O dado de que o Brasil se posiciona entre os dez países mais produtivos, com oito contribuições autorais, é ao mesmo tempo encorajador e insuficiente. Encorajador porque

demonstra que pesquisadores brasileiros já transitam nesse espaço científico de alto impacto. Insuficiente porque esse volume ainda é marginal diante da envergadura do sistema educacional público brasileiro, de suas desigualdades de acesso tecnológico e de suas especificidades linguísticas e culturais, dimensões que exigem uma agenda de pesquisa própria, não apenas a adaptação de modelos importados (Callado; Saúde; Araújo, 2025). A ausência do continente africano e a sub-representação da Ásia meridional e do Oriente Médio no corpus reforçam que a internacionalização do campo, embora presente em 35 países, permanece profundamente assimétrica e requer ações deliberadas de fomento à pesquisa em contextos sub-representados.

5.3 Redes de Colaboração Fragmentadas: Um Campo ainda em Busca de Identidade Coletiva

A estrutura fragmentada das redes de colaboração entre autores e instituições, marcada por clusters pequenos e independentes, sem um hub integrador, é o retrato bibliométrico de um campo em estágio pré-paradigmático, nos termos de Kuhn (Kuhn, 1978). A ausência de um nó central que conecte os diferentes grupos de pesquisa não é casual: ela reflete a própria natureza multidisciplinar do tema, que atrai pesquisadores de ciência da computação, psicologia educacional, pedagogia, ética tecnológica e políticas públicas, comunidades que historicamente operam em silos e que ainda não desenvolveram linguagens metodológicas e agendas teóricas suficientemente compartilhadas (Chang *et al.*, 2021).

Esse achado dialoga diretamente com o argumento sobre a necessidade de uma mediação docente alicerçada em desenvolvimento profissional contínuo e em princípios de Inteligência Artificial Responsável. Se os próprios pesquisadores do campo operam de forma fragmentada, sem redes de colaboração densas, as sínteses de evidências disponíveis para orientar formadores de professores e gestores escolares tendem a ser parciais e localmente circunscritas, o que dificulta a formulação de diretrizes pedagógicas coesas e validadas em múltiplos contextos (Traga Philippakos; Rocconi, 2025). A colaboração internacional, presente em apenas 20% dos artigos do corpus, é insuficiente para um campo que reivindica relevância global.

A liderança de Tao Y como o autor de maior centralidade na rede de coautoria, articulado com uma linha de pesquisa focada nos riscos da IAG na educação K-12, é um achado particularmente relevante. Ele sugere que a agenda crítica e de risco, coerente com as preocupações teóricas sobre alucinações algorítmicas, dependência cognitiva e integridade

acadêmica, já possui um núcleo de pesquisadores organizados e produtivos, o que é um sinal de maturidade inicial de uma frente de pesquisa fundamental para o campo.

5.4 Literacia em IA como Tema Motor: Convergência entre Evidência Empírica e Referencial Teórico

O posicionamento de *AI Literacy* (Literacia em IA) como tema motor no mapa temático, com alta centralidade e alta densidade, é o achado de maior convergência entre os resultados bibliométricos e o referencial teórico deste estudo. O fato de que o Letramento em IA ocupa simultaneamente a posição de conceito mais desenvolvido e mais relevante do campo confirma empiricamente o que o referencial do estudo postulava teoricamente: trata-se não de uma competência periférica, mas do núcleo organizador da agenda de pesquisa sobre ChatGPT na educação básica (Ng *et al.*, 2021; Chiu *et al.*, 2024).

O artigo mais citado do corpus, de Chiu et al. (2024), com 220 citações, é precisamente um trabalho de fundamentação conceitual da Literacia em IA, propondo um framework abrangente com cinco áreas de competência. Esse protagonismo não é acidental: ele reflete a percepção da comunidade científica de que antes de investigar os efeitos do ChatGPT em domínios específicos, leitura, física, programação, avaliação, é necessário estabelecer bases conceituais sólidas sobre o que significa ser letrado em IA no contexto K-12. Há aqui uma lógica epistemológica de acumulação científica: os estudos de fundamentação teórica, quando bem construídos, tornam-se marcos de referência obrigatória para toda a literatura subsequente, o que explica a concentração de citações nos trabalhos que propõem frameworks e taxonomias (Zhang; Tur, 2023,2024; Kazemitabaar *et al.*, 2023).

Contudo, a leitura crítica do mapa temático revela uma tensão importante: embora *AI literacy* seja um tema motor consolidado, a dimensão ética do letramento, representada por *ethics* como componente do cluster verde da rede de coocorrência, permanece periférica e ainda não alcançou o status de tema motor independente. Esse dado é preocupante à luz do argumento de Ma *et al.* (2025), para quem os componentes éticos do letramento em IA permanecem marginalizados no cotidiano das salas de aula, limitando-se ao ensino tecnicista e instrumental. A ciência parece reproduzir, na sua própria estrutura temática, a mesma lacuna que identifica na prática pedagógica: fala-se muito de *AI Literacy*, mas pouco de *AI Ethics* como prática curricular sistematizada.

Essa marginalização da dimensão ética revelada pela bibliometria reflete uma abordagem ainda excessivamente instrumental na apropriação da tecnologia. Conforme postulado no referencial teórico, o letramento contemporâneo transcende o mero uso

operacional das ferramentas (Ng *et al.*, 2021). Estudos recentes corroboram essa premissa ao demonstrar que a compreensão conceitual e a reflexão ética são preditores mais fortes de desempenho acadêmico e de competência digital do que a simples habilidade técnica de formular comandos no ChatGPT (Co; Dabu; Sanchez, 2026; Zhou *et al.*, 2025). Para reverter esse distanciamento entre a teoria e a prática, a literatura argumenta que o ensino de IA deve adotar frameworks multidimensionais — como o modelo ABCE (Afetivo, Comportamental, Cognitivo e Ético) —, garantindo que os estudantes não atuem apenas como operadores passivos, mas desenvolvam autorreflexão e agência moral frente aos sistemas automatizados (Chiu *et al.*, 2024; Ma *et al.*, 2025; Zhou *et al.*, 2025).

5.5 O Professor como Ator Periférico: Uma Lacuna Crítica na Agenda do Campo

Um dos achados da análise temática é o posicionamento de *teacher* como tema de nicho, alta densidade interna, mas baixa centralidade no campo. Isso significa que há uma comunidade de pesquisadores ativamente dedicada a investigar o papel docente na era da IA, mas esse conjunto de estudos permanece pouco conectado às frentes de pesquisa dominantes sobre ChatGPT, *AI Literacy* e aprendizagem K-12. Em outras palavras: o campo mais citado sobre ChatGPT na educação básica investiga predominantemente os efeitos da ferramenta sobre os alunos, e investiga de forma secundária e fragmentada a figura do professor como mediador central desse processo. Embora a análise de coocorrência de palavras-chave relegue o professor a um tema de nicho na massa de publicações, uma análise qualitativa das obras mais citadas revela uma preocupação central com a agência docente. Estudos como os de ElSayary (2024) e Küchemann *et al.* (2023) colocam o professor como protagonista, o que indica que a literatura de alto impacto já reconhece que a eficácia da IAG depende da orquestração do educador.

A discrepância entre a centralidade teórica do professor e sua posição periférica nas redes temáticas sinaliza uma falha crítica na transição tecnológica das escolas. Como estabelecido anteriormente, a eficácia da IAG depende da transição do docente de transmissor de conteúdo para arquiteto de ecossistemas de aprendizagem. Contudo, pesquisas recentes indicam que a ausência de programas de desenvolvimento profissional focados na integração pedagógica gera insegurança e tecnoestresse, limitando o uso da ferramenta a tarefas administrativas (Mah *et al.*, 2026; Tripathi *et al.*, 2025). Quando os professores não recebem letramento adequado para orquestrar a IA visando a ativação cognitiva e o suporte socioemocional dos alunos, a tecnologia perde seu potencial de redefinição instrucional (Mah *et al.*, 2026). Portanto, a sub-representação do docente como eixo central de pesquisa é uma lacuna que ameaça a sustentabilidade das inovações no campo.

Os termos *scaffolding* e *problem-solving*, também posicionados como temas de nicho, reforçam essa interpretação: as estratégias pedagógicas mediadas pelo professor, resolução de problemas, aprendizagem baseada em projetos, existem como linha de pesquisa constituída, mas ainda não migraram para o centro do debate científico. Isso sugere que o campo está mais interessado em mensurar o que a ferramenta faz do que em investigar como o professor pode orquestrá-la de forma pedagogicamente intencional, distinção fundamental para que os achados da pesquisa possam se traduzir em desenvolvimento profissional e políticas educacionais efetivas.

5.6 Riscos, Dependência Cognitiva e Integridade Acadêmica: Temas Básicos em Busca de Consolidação

O posicionamento de *machine learning*, *artificial intelligence* e *large language models* como temas básicos ou transversais, alta centralidade, baixa densidade, indica que o campo ainda trata os fundamentos técnicos dos LLMs como substrato conceitual implícito, sem constituí-los como objetos de investigação pedagógica específica. Esse dado é relevante porque a compreensão técnica das arquiteturas de linguagem como o mecanismo *Transformer*, a tokenização e a natureza probabilística das respostas do ChatGPT, é precisamente o tipo de conhecimento que o Letramento em IA responsável exige dos estudantes do Ensino Médio (Tadimalla; Maher, 2025). O fato de esses conceitos aparecerem como transversais e não como objetos de estudo autônomos sugere que a pesquisa do campo ainda não desenvolveu metodologias consolidadas para investigar como ensiná-los de forma eficaz na educação básica.

Por outro lado, a presença de *plagiarism* (n=2) e *ethics* (n=3) como termos de baixa frequência, porém qualitativamente expressivos, sinaliza que as preocupações com integridade acadêmica e riscos de dependência cognitiva, discutidas extensamente no referencial teórico do presente estudo, ainda não encontraram correspondência proporcional na produção científica de alto impacto. Estudos como o de Tao *et al.* (2026), que realiza revisão sistemática sobre os riscos da IAG na educação K-12, e o de Kajiwarra e Kawabata (2024), que propõe currículo de *AI Literacy* para uso ético de *LLMs*, representam exceções dentro de um corpus majoritariamente focado nas potencialidades da tecnologia. Essa assimetria entre a produção científica orientada ao potencial e aquela orientada ao risco e à ética é uma das limitações mais significativas do estado atual do campo, especialmente quando se considera que a dependência cognitiva, as alucinações algorítmicas e a erosão da autoria intelectual dos estudantes constituem ameaças documentadas ao desenvolvimento de crianças e adolescentes (Tao *et al.*, 2026; Callado; Saúde; Araújo, 2025).

A sub-representação das temáticas de risco contrasta fortemente com os alertas do referencial teórico sobre a natureza estocástica e preditiva dos LLMs. A literatura empírica emergente adverte que a delegação irrestrita de tarefas de resolução de problemas à máquina promove o chamado 'descarregamento cognitivo' (*cognitive offloading*) (Tao *et al.*, 2026). Esse fenômeno pode resultar em uma 'dívida cognitiva' e em penalidades severas na aprendizagem a longo prazo (*learning penalty*), uma vez que o aluno é privado do esforço produtivo necessário para a consolidação do conhecimento e o desenvolvimento da criatividade (Bastani *et al.*, 2025). A posição periférica dessas discussões no mapa temático sugere que o entusiasmo inicial com a eficiência e a novidade dos geradores de texto ofuscou a investigação sobre os impactos desenvolvimentais deletérios nas funções executivas de crianças e adolescentes.

5.7 Implicações para a Pesquisa e para as Políticas Educacionais

Os resultados deste estudo, interpretados à luz do referencial teórico, apontam para três ordens de implicações. No plano da pesquisa, evidencia-se a necessidade urgente de estudos longitudinais que acompanhem os efeitos cognitivos e socioemocionais do uso do ChatGPT em alunos da educação básica ao longo de ciclos escolares completos, superando o viés de corte transversal que caracteriza a maioria dos estudos do corpus. Adicionalmente, a fragmentação das redes de colaboração demanda o fomento intencional de projetos multicêntricos e interculturais, especialmente aqueles que incluam pesquisadores do Sul Global, capazes de gerar evidências contextualmente válidas para populações escolares sub-representadas na literatura de alto impacto.

No plano da formação e da prática docente, o posicionamento periférico do professor como objeto de investigação constitui um paradoxo que deve reorientar as prioridades do campo. É necessário que investigações futuras não apenas mensurem o que a ferramenta faz, mas investiguem como os professores constroem sua agência pedagógica. Para superar o caráter fragmentado dessas pesquisas, sugere-se a adoção de modelos robustos de integração tecnológica, como o TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) e o SAMR (*Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition*), para avaliar se a IAG está genuinamente redefinindo o design instrucional ou apenas automatizando rotinas tradicionais (Celik, 2023; Sayag; Blau; Avidov-Ungar, 2026). Apenas mediante o desenvolvimento profissional contínuo as lideranças escolares poderão promover uma adoção da tecnologia que seja crítica, segura e eticamente alinhada às necessidades locais.

No plano das políticas públicas, a concentração geográfica da produção científica e a ausência de países africanos e de grande parte da América Latina entre os produtores de

conhecimento de alto impacto reforçam a necessidade de que os formuladores de políticas educacionais nacionais não se limitem a importar e adaptar frameworks desenvolvidos em contextos radicalmente diferentes. O Brasil, com produção emergente e sistema educacional de escala continental, tem condições e responsabilidade de construir sua própria agenda de pesquisa sobre *AI Literacy*, articulando as especificidades do currículo nacional, as desigualdades de acesso tecnológico e as demandas éticas de uma sociedade pluriétnica e multilinguística.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo alcançou o objetivo de identificar e analisar a estrutura intelectual, as redes de colaboração e as tendências de pesquisa dos 100 artigos científicos mais citados sobre o uso do ChatGPT na educação básica. De forma geral, os resultados revelam um campo de investigação em expansão acelerada, caracterizado por publicações de alto impacto imediato, mas fortemente marcado por assimetrias geopolíticas. Geograficamente, confirma-se a hegemonia de instituições e pesquisadores da China e dos Estados Unidos, com uma sub-representação crítica do Sul Global, o que pode comprometer a validade ecológica e a aplicabilidade das diretrizes educacionais atualmente em desenvolvimento para contextos com diferentes realidades infraestruturais.

Adicionalmente, a análise bibliométrica demonstrou que as redes de colaboração científica encontram-se fragmentadas em pequenos agrupamentos independentes, com baixa taxa de cooperação internacional, refletindo o estágio pré-paradigmático da área. No escopo temático, o "Letramento em Inteligência Artificial" (*AI Literacy*) consolidou-se como o núcleo organizador das pesquisas. Em contrapartida, constatou-se que o papel mediador do professor e a dimensão ética do uso da Inteligência Artificial Generativa (IAG) permanecem como temas periféricos. Essa constatação evidencia uma lacuna preocupante entre o entusiasmo com as potencialidades tecnológicas e a necessária investigação dos riscos associados à dependência cognitiva e à integridade acadêmica de crianças e adolescentes.

No que tange às características metodológicas, o núcleo de maior impacto da literatura ainda é dominado por ensaios, revisões sistemáticas e estudos exploratórios de curto prazo. Embora essa configuração seja esperada em campos emergentes, ela sinaliza a necessidade de transição para uma segunda geração de pesquisas, pautada em maior rigor experimental e horizontes temporais mais amplos.

Além de responder às questões de pesquisa propostas, este estudo oferece uma contribuição metodológica ao sistematizar e mapear os 100 artigos mais citados sobre ChatGPT na educação básica,

forneendo um panorama estruturado da evolução do campo, de seus principais atores, redes de colaboração e tendências temáticas. Espera-se que esse mapeamento possa servir como referência para pesquisadores, gestores e formuladores de políticas interessados na integração crítica e fundamentada da Inteligência Artificial Generativa aos processos educacionais.

Quanto às limitações da pesquisa, além dos vieses inerentes às bases de dados internacionais previamente discutidos na metodologia, destaca-se que o recorte centrado nos 100 artigos mais citados exclui, inevitavelmente, estudos recentes e inovadores que ainda não acumularam tempo de exposição suficiente para atingir o topo dos índices de citação. Além disso, limitações na exportação de metadados das bases impediram a execução de análises mais granulares de acoplamento bibliográfico.

Por fim, como agenda para investigações futuras, recomenda-se a condução de estudos longitudinais que avaliem os impactos da IAG no desenvolvimento cognitivo e socioemocional dos alunos em longo prazo. Destaca-se, ainda, a urgência de pesquisas que posicionem o docente não como mero executor técnico, mas como orquestrador pedagógico ativo na mediação do uso do ChatGPT. A consolidação da IAG na educação básica exige a superação de intervenções puramente instrumentais, demandando a formulação de diretrizes de letramento em IA que articulem as especificidades curriculares nacionais e promovam uma apropriação tecnológica que seja, acima de tudo, crítica, equitativa e eticamente fundamentada.

REFERÊNCIAS

ADAMS, C.; PENTE, P.; LEMERMEYER, G.; ROCKWELL, G. Ethical principles for artificial intelligence in K-12 education. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 4, 100131, 2023.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

BASTANI, H. et al. Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 122, n. 26, p. e2422633122, 2025.

CALLADO, A.; SAÚDE, I.; ARAÚJO, J. L. Portuguese secondary school students' perceptions regarding the use of ChatGPT. **Contemporary Educational Technology**, v. 17, n. 4, ep610, 2025.

CASAL-OTERO, L. et al. AI literacy in K-12: a systematic literature review. **International Journal of STEM Education**, v. 10, n. 29, 2023.

CELIK, I. Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. **Computers in Human Behavior**, v. 138, p. 107468, 2023.

CHANG, C.-Y. et al. Directions of the 100 most cited nursing student education research: A bibliometric and co-citation network analysis. **Nurse Education Today**, v. 96, p. 104645, 2021.

CHEN, X. et al. Two decades of artificial intelligence in education. **Educational Technology & Society**, v. 25, n. 1, p. 28-47, 2022.

CHENG, E. C. K.; WANG, T. Digital leadership and barriers to artificial intelligence in education. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 5, 100171, 2023.

CHIU, T. K. F.; AHMAD, Z.; ISMAILOV, M.; SANUSI, I. T. What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. **Computers and Education Open**, v. 6, 100171, 2024.

CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Internext**, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2015.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). Portaria CNPq nº 2.664, de 6 de março de 2026. Institui a Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 4, 11 mar. 2026.

CO, S. J.; DABU, J. P.; SANCHEZ, P. J. AI Literacy and Academic Performance: A Cross-Sectional Analysis of Senior High School Students. **International Journal of Technology in Education**, v. 9, n. 2, p. 476-490, 2026.

FIDELIS, Joubert Roberto Ferreira et al. Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações. **Tendências da Pesquisa brasileira em Ciência da Informação**, v. 2, n. 1, 2009.

HALLSTRÖM, J.; MANNILA, L.; NORDLÖF, C.; HEINTZ, F.; SPERLING, K.; STENLIDEN, L. AI literacy for K–12 education: an international Delphi study. **Interactive Learning Environments**, p. 1-17, 2026.

JAUHIAINEN, J. S.; GARAGORRY GUERRA, A. Generative AI and education: dynamic personalization of pupils' school learning material with ChatGPT. **Frontiers in Education**, v. 9, 1288723, 2024.

KAJIWARA, Y.; KAWABATA, K. AI literacy curriculum for ethical use of LLM. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, 100251, 2024.

KARABAY, F. et al. A bibliometric and Altmetric analysis of the 100 top most cited articles on dentin adhesives. **Clinical Oral Investigations**, v. 28, n. 92, p. 1-13, 2024.

KAWUKI, J. et al. The 100 top-cited studies on childhood obesity: A bibliometric analysis. **Global Health Journal**, v. 6, p. 136-148, 2022.

KIM, J.; LEE, H.; CHO, Y. H. Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education. **Education and Information Technologies**, v. 27, p. 6069–6104, 2022.

KUHN, Thomas. **Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LEVY-NADAV, L.; SHAMIR-INBAL, T.; BLAU, I. What are teachers' perspectives and practices regarding the integration of GenAI tools in pedagogical design and classroom instruction? **Education and Information Technologies**, v. 41, e70123, 2026.

LIU, X.; ZHONG, B. A systematic review on how educators teach AI in K-12 education. **Educational Research Review**, v. 45, 100642, 2024.

LOSADA, J. D. L.; GIRALDO, H. A. D.; MARÍN, D. F. Y. Percepción docente sobre el uso de inteligencia artificial en instituciones educativas de Manizales. **Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social (REDHECS)**, v. 33, n. 27, p. 181-198, 2025.

MA, M.; NG, D. T. K.; LIU, Z.; WONG, G. K. W. Fostering responsible AI literacy: A systematic review of K-12 AI ethics education. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 8, 100422, 2025.

MAH, D.-K.; GROß, N.; EGLOFFSTEIN, M.; PRILOP, C. N. Artificial intelligence in K-12 instruction: the role of teacher professional development. **Smart Learning Environments**, v. 13, n. 16, 2026.

MARÍN YÉPEZ, D. F. Percepción docente sobre el uso de inteligencia artificial en instituciones educativas de Manizales. **Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social (REDHECS)**, v. 33, n. 27, p. 181-198, 2025.

MARKOS, A.; PRENTZAS, J.; SIDIROPOULOU, M. Pre-Service Teachers' Assessment of ChatGPT's Utility in Higher Education: SWOT and Content Analysis. **Electronics**, v. 13, n. 1985, 2024.

MARZANO, D. Generative Artificial Intelligence (GAI) in Teaching and Learning Processes at the K-12 Level: A Systematic Review. **Technology, Knowledge and Learning**, p. 1-41, 2025.

MELO, J. H. N. de; TRINCA, T. P.; MARICATO, J. M. Limites dos indicadores bibliométricos de bases de dados internacionais para avaliação da Pós-Graduação brasileira: a cobertura da Web of Science nas diferentes áreas do conhecimento. **Transinformação**, v. 33, e200071, 2021.

NG, D. T. K.; LEUNG, J. K. L.; CHU, S. K. W.; QIAO, M. S. Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 2, 100041, 2021.

NG, Davy Tsz Kit et al. Design and validation of the AI literacy questionnaire: The affective, behavioural, cognitive and ethical approach. **British Journal of Educational Technology**, v. 55, n. 3, p. 1082-1104, 2024.

PRANCKUTĖ, Raminta. Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. **Publications**, v. 9, n. 1, p. 12, 2021.

SAYAG, M. S.; BLAU, I.; AVIDOV-UNGAR, O. From design to enactment: Examining GenAI integration patterns among high-school teachers through the SAMR framework. Em: BLAU, I. et al. (Eds.). **Learning in the digital era**. The Open University of Israel, p. 50-55, 2026.

SCHUMANN, L. R. M. A.; CALABRÓ, L. A avaliação científica baseada em índices de citação: Histórico do desenvolvimento do fator de impacto, suas fragilidades e proposições de outras soluções. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 9, e7413946878, 2024.

SENTHILVADEVEL, N. et al. Evaluating global research trends in special needs dentistry: A systematic bibliometrix analysis. **Clinical and Experimental Dental Research**, v. 10, e896, 2024.

TADIMALLA, S. Y.; MAHER, M. L. AI literacy as a core component of AI education. **AI Magazine**, v. 46, p. 1-15, 2025.

TANG, X. et al. The 100 most cited articles in cervical cancer brachytherapy. **Brachytherapy**, v. 19, p. 181-193, 2020.

TAO, S.; LAN, M.; WANG, M.; LI, H. Potential risks of generative artificial intelligence integration into K-12 education: A scoping review. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 10, p. 100561, 2026.

TAO, S. et al. Potential risks of generative artificial intelligence integration into K-12 education: A scoping review. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, p. 100561, 2026.

TRAGA PHILIPPAKOS, Z. A.; ROCCONI, L. AI Literacy: Elementary and Secondary Teachers' Use of AI-Tools, Reported Confidence, and Professional Development Needs. **Education Sciences**, v. 15, n. 9, 1186, 2025.

TRIPATHI, T.; SHARMA, S. R.; SINGH, V.; BHARGAVA, P.; RAJ, C. Teaching and learning with AI: a qualitative study on K-12 teachers' use and integration of artificial intelligence. **Frontiers in Education**, v. 10, p. 1651217, 2025.

WANG, B.; RAU, P. L. P.; YUAN, T. Measuring user competence in using artificial intelligence: Validity and reliability of artificial intelligence literacy scale. **Behaviour & Information Technology**, v. 42, n. 9, p. 1324-1337, 2022.

YIM, I. H. Y.; SU, J. Artificial intelligence literacy education in primary schools: a review. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 35, p. 2175–2204, 2025.

YU, L. et al. Top 100 cited research on COVID-19 vaccines: A bibliometric analysis and evidence mapping. **Human Vaccines & Immunotherapeutics**, v. 20, n. 1, 2370605, 2024.

ZHANG, H.; PERRY, A.; LEE, I. Developing and Validating the Artificial Intelligence Literacy Concept Inventory: an Instrument to Assess Artificial Intelligence Literacy among

Middle School Students. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 35, p. 398–438, 2025.

ZHANG, T.; LAI, Y. C.; YU, P. L. H. Generative artificial intelligence in K-12 education: A systematic review. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, v. 21, n. 34, 2026.

ZHONG, Z.; GUO, H.; QIAN, K. Research frontiers of electroporation-based applications in cancer treatment: A bibliometric analysis. **Education and Information Technologies**, v. 29, 2024.

ZHOU, X.; LI, Y.; CHAI, C. S.; CHIU, T. K. F. Defining, enhancing, and assessing artificial intelligence literacy and competency in K-12 education from a systematic review. **Interactive Learning Environments**, v. 33, n. 10, p. 5766-5788, 2025.