

Inteligência Artificial na Educação: revisão cienciométrica e proposta de um modelo de instrução por meio do TPACK

Lucas Educarado de Siqueira

Universidade Federal do Paraná, Brasil

lucas.edspf@gmail.com

Everton Bedin

Universidade Federal do Paraná, Brasil

bedin.everton@gmail.com

John Wesley Grando

Universidade Federal do Paraná, Brasil

wesleygrando@ufpr.br

Resumo: A Inteligência Artificial (IA) está transformando o cenário educacional, oferecendo novas possibilidades para personalização e mediação nos processos de ensino e aprendizagem. Este estudo, baseado em uma análise cienciométrica, visa identificar e analisar as potencialidades e os desafios do uso da IA na educação, por meio de uma revisão de literatura científica internacional, e intencional como a utilização da IA pode ser adaptada para fortalecer a prática docente em diferentes níveis de ensino, enfatizando sua contribuição para a personalização do aprendizado e a mediação pedagógica. Com foco em publicações entre 2020 e 2024, foram analisados 6107 artigos, destacando o crescimento de 64,44% ao ano nas pesquisas sobre IA e educação. Principais temas incluem *chatbots*, aprendizado personalizado e ferramentas adaptativas. China e Estados Unidos lideram as publicações, mas há lacunas significativas na América do Sul, especialmente no Brasil. O estudo destaca que, apesar das contribuições, como o aprendizado individualizado, os desafios éticos e a necessidade de capacitação docente limitam a integração plena da IA na educação. Portanto, a pesquisa sugere que o modelo TPACK é essencial para orientar os professores no uso ético e eficiente dessas tecnologias. Conclui-se que a IA, quando utilizada de forma crítica e planejada à luz do TPACK, pode enriquecer o ensino, mas não deve substituir o papel humano, reforçando a necessidade de mediação e reflexão pedagógica para maximizar benefícios e minimizar riscos.

Palavras-chave: inteligência artificial, revisão sistemática da literatura, TPACK, cienciométrica.

Abstract: Artificial Intelligence (AI) is transforming the educational landscape, offering new possibilities for personalization and mediation in teaching and learning processes. This study, based on a scientometric analysis, aims to identify and analyze the potential and challenges of using AI in education through a review of international scientific literature. It also seeks to explore how AI can be adapted to enhance teaching practices across different educational levels, emphasizing its contributions to personalized learning and pedagogical mediation. Focusing on publications between 2020 and 2024, the study analyzed 6,107 articles, highlighting an annual growth rate of 64.44% in research on AI and education. Key topics include chatbots, personalized learning, and adaptive tools. China and the United States lead in publications, while significant gaps persist in South America, particularly in Brazil. The study emphasizes that despite AI's contributions, such as individualized learning, ethical challenges and the need for teacher training limit its full integration into education. Consequently, the research suggests that the TPACK model is essential to guide teachers in the ethical and effective use of these technologies. The study concludes that AI, when critically and thoughtfully applied through the TPACK framework, can enrich education. However, it should not replace the human role, reinforcing the need for pedagogical mediation and reflection to maximize benefits and minimize risks.

Keywords: artificial intelligence, systematic literature review, TPACK, scientometrics.

1. Introdução

A humanidade, ao longo de sua história, tem sido continuamente impactada por ferramentas e práticas inovadoras que transformaram sua maneira de interagir com o mundo, em consonância com o contexto histórico de cada época. O conhecimento humano, quando aplicado, dá origem a dispositivos, instrumentos, recursos, produtos, processos e ferramentas, os quais constituem o que se denomina tecnologias (Kenski, 2007).

Nesta era, observa-se que o comportamento e a interação social são profundamente influenciados pelas tecnologias predominantes, em

especial aquelas que revolucionaram os meios de comunicação, tanto em esferas individuais quanto coletivas. Lévy (2010) argumenta que as transformações promovidas pelo ser humano no mundo retornam para remodelá-lo em dimensões sociais, intelectuais, econômicas, políticas e filosóficas. Assim, embora seja inviável ignorar as mudanças já consolidadas no cenário contemporâneo, torna-se imperativo compreendê-las em profundidade, de forma a ressignificar as interações com esses novos contextos.

Com o advento de tecnologias, a sociedade enfrenta o desafio de compreendê-las criticamente, promovendo relações que minimizem impactos negativos e favoreçam a ampliação das capacidades intelectuais, evitando a mera substituição do pensamento humano por processos automatizados (Almeida Pereira Abar et al., 2021). Sob essa perspectiva, os cenários educacionais passam a exercer uma função primordial, demandando não apenas a incorporação de novas ferramentas tecnológicas, mas a sua integração pedagógica e curricular. Essa integração deve ocorrer de maneira estratégica, explorando o potencial dessas tecnologias para enriquecer os processos de ensino e aprendizagem (Heidrich et al., 2022; Silva et al., 2021).

Na contemporaneidade, as tecnologias digitais no contexto educacional apresentam desafios significativos, uma vez que seu uso indiscriminado e sem objetivos pedagógicos claros nem sempre resulta em ganhos efetivos de aprendizagem. Nesse cenário, destaca-se o advento das Inteligências Artificiais (IA) como o mais recente e complexo desafio tecnológico para a educação. A compreensão de suas especificidades, limitações e potencialidades, especialmente no alcance de objetivos educacionais, exige um entendimento profundo de ferramentas em constante evolução (Bedin & Cleophas, 2024; Alonso et al., 2025). Para que essas tecnologias sejam eficazes, é indispensável a sua integração em metodologias de ensino adequadas e o domínio técnico e pedagógico por parte dos professores.

IA é definida por Pavlik (2023) como a simulação da inteligência humana em máquinas programadas para aprender com o ambiente e as experiências fornecidas. Esta tecnologia busca replicar, em *softwares*, processos cognitivos humanos, permitindo a execução de tarefas que tradicionalmente exigem habilidades intelectuais humanas.

A IA pode ser subdividida em camadas, o *Machine Learning* (ML - aprendizado de máquina), que é o processo pelo qual a máquina aprende continuamente a partir de dados de entrada, elaborando saídas que respondem a uma situação-problema. Seus algoritmos utilizam equações pré-definidas para organizar e processar os dados conforme a demanda. Dentro do ML, encontra-se o *Deep Learning* (DL – aprendizado profundo),

voltado a tarefas mais complexas como reconhecimento de fala, identificação de imagens e previsões; ele estabelece parâmetros básicos e utiliza múltiplas camadas de processamento para que o computador aprenda sozinho, imitando o aprendizado intuitivo humano (Damaceno & Vasconcelos, 2018; McCarthy, 2007; Vicari, 2021).

Nos últimos anos, a IA também tem se destacado por sua capacidade de geração de textos e execução de tarefas específicas para as quais foi previamente treinada. Segundo Leite (2023), ao se basear em redes neurais, a IA busca simular processos cognitivos humanos, apresentando avanços expressivos no processamento de linguagem natural, no reconhecimento de padrões e imagens, além da resolução de problemas complexos. Estes desenvolvimentos têm ampliado sua presença em diversas áreas do conhecimento, incluindo a educação.

De acordo com Tavares et al. (2020), o avanço nos estudos sobre a utilização de IA na educação configura uma oportunidade de enfrentar os desafios impostos pelas transformações no perfil dos estudantes e nos processos de ensino e aprendizagem. Contudo, é imprescindível que esses avanços sejam guiados por princípios éticos e considerem habilidades humanas, como trabalho colaborativo, flexibilidade e responsabilidade, elementos fundamentais para uma implementação equilibrada.

Nos marcos de competências para estudantes e docentes em IA, publicados pela UNESCO (2024; 2025), são apresentadas diversas recomendações para que as abordagens educacionais envolvendo o uso de IA sejam ajustadas às necessidades individuais dos alunos, em consonância com princípios éticos, técnicas pedagógicas e aplicações adequadas, bem como com a promoção da inclusão, da diversidade e com o desenvolvimento profissional docente, a fim de responder aos desafios do século XXI. García-Peñalvo (2024) e Lee e Zhai (2024) destacam a necessidade de capacitar os educadores, proporcionando-lhes uma compreensão sólida das oportunidades que essas tecnologias oferecem.

Contudo, a temática ainda suscita controvérsias, particularmente quando se discute a possibilidade de substituição de atividades humanas, como a atuação docente, por máquinas. Essa perspectiva, entretanto, revela-se inadequada, visto que o processo de construção do conhecimento nunca foi unidirecional, seja na interação do professor com o aluno ou da tecnologia com o discente, mas um fenômeno interativo, que valoriza as especificidades e os conhecimentos prévios de cada indivíduo envolvido no processo educativo (Leite, 2023; Fernandes, 2023).

As aplicações da IA no contexto educacional são amplas e diversificadas, abrangendo iniciativas como ensino personalizado, ferramentas de diagnóstico, sistemas de recomendação, classificação de estilos de

aprendizagem, mundos virtuais, realidade aumentada, gamificação e mineração de dados aplicada à educação (Goldstein & Papert, 1977; Tavares et al., 2020; Vicari, 2021). Essas ferramentas visam atender às especificidades de cada estudante, promovendo uma aprendizagem interativa e adaptativa. Contudo, desafios significativos ainda se manifestam em contextos que demandam interação coletiva ou abordagens que envolvam a diversidade de grupos, dada a dificuldade de estabelecer modelos únicos de aprendizagem para todos.

Grassini (2023), descreve que os sistemas de IA mais empregados na educação, envolvem *chatbots* generativos, como o Gemini, do Google, e o ChatGPT, da OpenAI. Esses sistemas operam com base em modelos generativos, como o *Generative Pre-Trained Transformer* (GPT), que são aprimorados por meio das interações com os usuários e alimentados por extensos bancos de dados. Leite (2024), ao investigar o uso dessas tecnologias no ensino de Química, observou que elas desempenham funções semelhantes às das ferramentas de busca na internet, porém de forma mais rápida e com linguagem mais acessível. No entanto, isso não garante a veracidade das respostas nem a efetividade do aprendizado, uma vez que tais sistemas apenas sintetizam informações com base em regras e estruturas semânticas previamente programadas.

Nesse cenário, cabe aos educadores orientarem os estudantes na utilização, na seleção, na avaliação, na síntese e na comunicação das informações obtidas por meio dessas ferramentas, em um processo cognitivo complexo que permite a construção personalizada do conhecimento, mesmo diante de desafios comuns (Unesco, 2024). Assim, a cada nova tecnologia, é necessário desenvolver métodos educacionais que explorem suas potencialidades e ampliem as oportunidades de aprendizagem exigidas pelo contexto contemporâneo (Leite, 2023; Gilson et al., 2023).

Frente a isso, emergem os seguintes questionamentos: i) Nos últimos cinco anos, de que maneira a IA está sendo utilizada no contexto educacional mundial? ii) Como as transformações oriundas da IA na educação estão sendo abordadas e implementadas? iii) Que possibilidades e limitações existem para o uso de IA no processo de ensino? Para responder a essas perguntas, o presente trabalho, por meio de uma revisão de literatura científica internacional, visa identificar e analisar as potencialidades e os desafios do uso da IA na educação e intencionar como a utilização da IA pode ser adaptada para fortalecer a prática docente em diferentes níveis de ensino, enfatizando sua contribuição para a personalização do aprendizado e a mediação pedagógica.

2. Estado do conhecimento da IA na educação mundial

As pesquisas denominadas estado do conhecimento visam simplificar as complexidades inerentes ao campo científico, elucidar a produção acadêmica e investigar temáticas em diferentes meios de publicação (Morosini, 2015; Soares & Maciel, 2000). Diferentemente das pesquisas de estado da arte, o estado do conhecimento focaliza um setor específico de publicações, adotando um recorte mais delimitado, permitindo identificar, observar e explicar possíveis divergências, contradições e incoerências dentro do campo analisado.

Ao investigar a produção acadêmica existente, em escala global, esta pesquisa adotou a cienciométrica como abordagem metodológica, a qual, de maneira simplificada, combina os fundamentos da bibliometria com objetivos mais amplos e diversificados (Vinkler, 2006). Para analisar os diversos aspectos dos trabalhos que compõem o corpus da pesquisa, utilizou-se o software de processamento de dados e construção gráfica RStudio; ferramenta de código aberto, que, via scripts, permite analisar dados usando as bibliotecas instaladas, sendo usados o Bibliometrix e sua interface gráfica Biblioshiny. A busca para a seleção dos trabalhos foi realizada na Web of Science (WOS), propriedade da Clarivate Analytics.

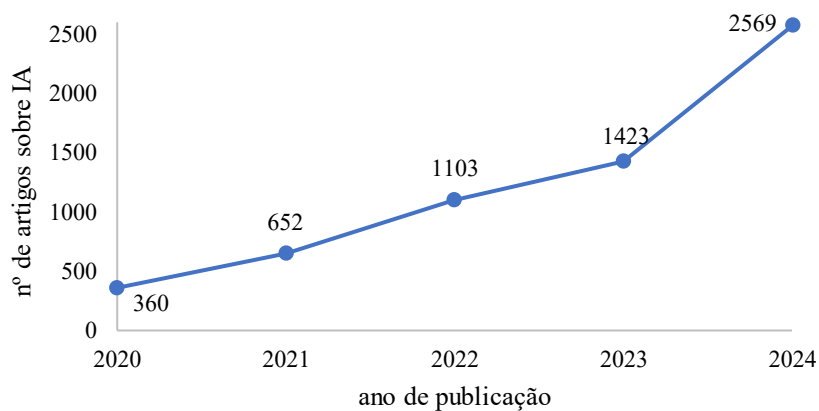
2.1 Aspectos gerais da composição do *corpus*

Para esta análise, alguns critérios de pesquisa foram pautados, chegando nos descritores: “IA” OR “ARTIFICIAL INTELLIGENCE” AND “EDUCATION”. Para tanto, essas palavras deveriam estar presentes, ao menos, no título e/ou resumo e/ou palavras-chave dos trabalhos. Como resultado, foram encontradas obras a partir do ano de 2020 até 2024, totalizando 6107 artigos, resultando em 64,44% de crescimento das publicações anualmente. De forma geral, neste corpus, que considerou 13523 palavras-chave e 211120 referenciais, verificou-se que os artigos estavam submetidos em 2118 periódicos diferentes, produzidos por 22889 autores, sendo que 841 artigos eram de autoria individual, tendo uma média de coautoria por artigo de 4,72, sendo 24,37% de trabalhos com autores internacionais.

Para compreender a taxa de evolução e de crescimento dos trabalhos publicados no contexto das IA na educação, foi necessário verificar anualmente o volume de produção e a maneira que ela vem crescendo, especificamente até o momento dessa análise (novembro de 2024), conforme Figura 1.

Figura 1

Quantidade de artigos publicados no período de 2020 – 2024.



Fonte. Elaboração própria, 2024.

Conforme previsto, o volume de publicações relacionadas ao uso de IA na educação apresentou, em 2020, uma tendência inferior em comparação aos anos mais recentes. Todavia, o crescimento observado nos últimos dois anos revela-se notavelmente acelerado, alavancado pela ampliação do acesso às tecnologias de IA em múltiplos âmbitos. Esse avanço decorre tanto do aumento do número de ferramentas inovadoras desenvolvidas especificamente para fins educacionais quanto do uso generalizado de *chatbots* amplamente reconhecidos, os quais têm atendido demandas relacionadas ao contexto escolar.

Em 2024, constata-se uma expansão na produção científica sobre o tema, superando os índices registrados nos anos anteriores. Esse crescimento reflete a disseminação da IA em distintos setores da sociedade e áreas de atuação. No contexto educacional, a adoção dessas tecnologias ocorre tanto de forma planejada, com finalidades pedagógicas estruturadas, quanto de maneira inadequada, buscando facilitar tarefas que poderiam demandar metodologias alternativas que mobilizassem conhecimentos específicos. Essas práticas têm gerado impactos significativos, com resultados que variam entre benefícios e prejuízos, exigindo cuidado.

A análise do *corpus* de publicações permite estabelecer conexões com os periódicos mais relevantes para a temática em questão, conforme o modelo teórico da Lei de Bradford, que proporciona uma visão detalhada da evolução temática ao longo do tempo, identificando tendências em pesquisa e difusão do conhecimento. No Quadro 1, exibe-se os dez periódicos mais representativos em termos de volume de publicações sobre IA na educação.

Quadro 1

Periódicos que mais publicaram na temática IA na educação.

Periódico	Quantidade
SUSTAINABILITY	135
IEEE ACCESS	113
CUREUS JOURNAL OF MEDICAL SCIENCE	105
EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	89
FRONTIERS IN PSYCHOLOGY	83
JMIR MEDICAL EDUCATION	76
EDUCATION SCIENCES	70
WIRELESS COMMUNICATIONS & MOBILE COMPUTING	64
MOBILE INFORMATION SYSTEMS	58
APPLIED SCIENCES-BASEL	57

Fonte. Elaboração própria a partir do Biblioshiny, 2024.

Entre esses periódicos, destaca-se o *Sustainability*, que abrange diversas vertentes do desenvolvimento sustentável, incluindo temas como industrialização, impactos da globalização e as aplicações das tecnologias nos âmbitos social, ético e educacional. Por outro lado, revistas como *IEEE Access*, *Wireless Communications & Mobile Computing* e *Mobile Information Systems* concentram-se em áreas de tecnologia digital, computação e engenharia, com publicações específicas sobre IA e ML.

No campo da medicina, o *Cureus Journal of Medical Science* foca exclusivamente na formação e prática de profissionais da saúde, evidenciando os impactos da IA nesse domínio. De forma complementar, o *JMIR Medical Education* aborda o uso de tecnologias na formação e prática médica, enquanto o *Frontiers in Psychology*, embora majoritariamente voltado à psicologia e neurociência, inclui seções dedicadas à aplicação de inovações em IA na educação.

Na interseção entre tecnologias digitais e educação, o periódico *Education and Information Technologies* destaca-se como o principal veículo de publicação, examinando interações complexas entre Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) e práticas pedagógicas. Seus artigos exploram desde aplicações específicas em sala de aula até discussões amplas sobre políticas educacionais nacionais e grandes projetos. O periódico *Education Sciences* complementa essa abordagem, com estudos de currículo, políticas, gestão, história e inclusão na educação, com enfoques interdisciplinares e internacionais.

Por fim, o *Applied Sciences–Basel* adota uma perspectiva interdisciplinar, englobando áreas como física aplicada, ciência e engenharia de materiais, ciência ambiental, biologia aplicada e tecnologia sustentável. Além disso, o

periódico publica estudos sobre IA, robótica, ciência térmica e ótica, promovendo abordagens teóricas e práticas.

Com relação à origem dos pesquisadores, destacam-se a China, responsável por 21% das publicações analisadas, e os Estados Unidos, com 17% do total. A distribuição geográfica mais ampla pode ser observada no Quadro 2, que diferencia os artigos publicados por autores de um único país (SCP - *Single Country Publication*) daqueles produzidos em colaborações internacionais (MCP - *Multiple Country Publication*).

Quadro 2

Países que mais publicaram na temática IA na educação.

País	Nº de artigos	% dos artigos	SCP	MCP
China	1342	21,97	1151	191
Estados Unidos	1075	17,60	884	191
Espanha	245	4,01	194	51
Reino Unido	242	3,96	145	97
Índia	197	3,23	158	39
Alemanha	190	3,11	136	54
Austrália	180	2,95	128	52
Arábia Saudita	154	2,52	108	46
Coréia	146	2,39	107	39
Canadá	129	2,11	93	36
Itália	99	1,62	62	37
Rússia	84	1,38	76	8
Brasil	82	1,34	70	12
Malásia	77	1,26	34	43

Fonte. Elaboração própria a partir do Biblioshiny (2024).

Dentro das limitações do corpus analisado, observa-se uma escassez de estudos que investiguem as relações entre o uso da IA na educação no contexto da América do Sul, especialmente no Brasil, em comparação com outras regiões do mundo. Ivanova, Grosseck e Holotescu (2024) destacam, em sua revisão de literatura, que embora o volume percentual de publicações esteja aumentando anualmente, a participação brasileira ainda permanece relativamente baixa. Este cenário se deve, sobretudo, à concentração da produção científica em áreas como Ciência da Computação e Engenharias, em detrimento da área educacional, aspecto também evidenciado por Oliveira e Arruda (2022).

Considerando a relevância do tema e sua rápida evolução, é fundamental que as pesquisas brasileiras no campo da educação acompanhem essa demanda emergente, refletindo criticamente sobre os impactos e

possibilidades do aprender e ensinar em um mundo mediado por tecnologias baseadas em IA.

2.2 Análises específicas dos artigos que compõe o corpus desta pesquisa

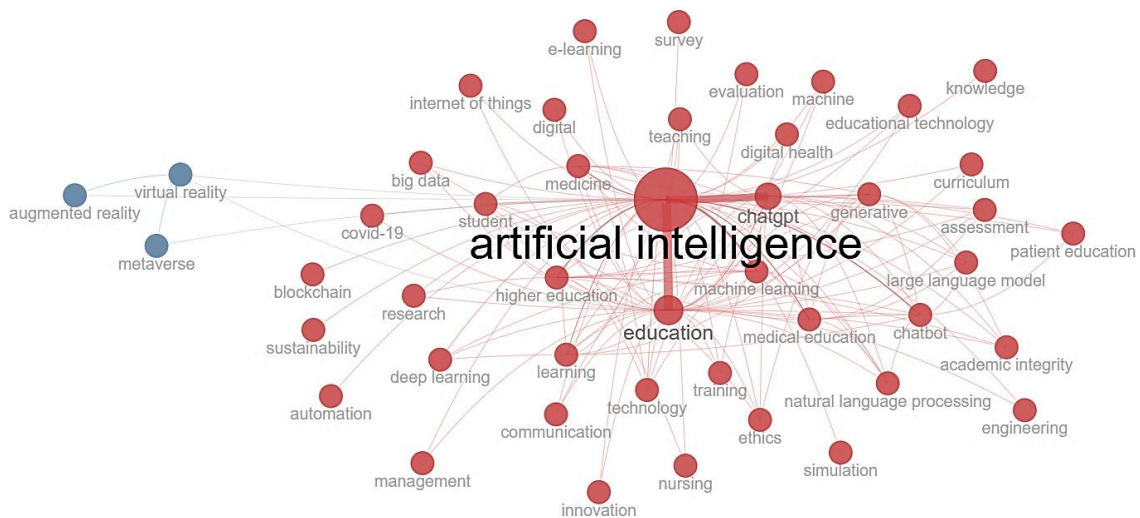
Para verificar as temáticas trabalhadas nos trabalhos analisados, uma métrica relevante foi verificar as conexões entre as palavras-chave mais utilizadas, dado que elas são escolhidas com cautela, pois buscam nortear com clareza o objeto de estudo. Na Figura 2, por meio de um mapa de aglomerações, foi aplicado um filtro com as cinquenta palavras-chave mais utilizadas, estabelecendo as conexões entre si com frequência de pelo menos cinco vezes a cada mil documentos. Foram aglomerados termos semelhantes, ou que significavam a mesma coisa, mas estavam escritos em plural ou com hífen.

O tamanho dos nós indica a frequência de ocorrência das palavras-chave: quanto maior o nó, mais vezes o termo foi citado nos trabalhos. As linhas que conectam os nós representam relações de coocorrência, ou seja, a presença simultânea dos termos nos mesmos estudos; quanto mais espessas essas linhas, mais forte é a correlação entre os termos associados. Além disso, as cores dos nós e das conexões representam agrupamentos temáticos, também chamados de *clusters*, formados a partir de padrões de coocorrência. Cada cor identifica um conjunto de termos que aparecem frequentemente associados entre si, sugerindo a existência de subtemas ou áreas conceituais relacionadas dentro do corpus analisado.

Destaca-se o papel central da IA em contextos educacionais e suas múltiplas ramificações temáticas. Termos como *artificial intelligence*, *education*, *chatGPT* e *machine learning* ocupam posições centrais, sugerindo sua relevância e conexão com subtemas como *ethics*, *curriculum* e *training*.

Figura 2

Cluster das palavras-chave mais usadas nos artigos com suas ligações e relações.



Fonte. Elaboração própria (2024).

A Figura 2 evidencia uma expressiva congruência temática entre os trabalhos analisados e os periódicos em que foram publicados, conforme indicado pelas conexões entre as palavras-chave mais recorrentes. As ligações apontam predominantemente para áreas como educação (básica e superior), medicina, engenharia, ML, DL, formação digital e aplicações da Inteligência Artificial, incluindo *chatbots* e internet das coisas. Observa-se, ainda, que a IA mais recorrente nos artigos, em escala global, é o ChatGPT, cuja operacionalidade está diretamente relacionada ao ML e ao DL, áreas interconectadas e representadas de forma integrada na imagem analisada. Estes campos constituem as bases técnicas fundamentais para o funcionamento dessa tecnologia.

É possível verificar que os nós destacados na cor vermelha refletem uma forte interconexão temática entre esses campos, o que corrobora as expectativas iniciais da análise. Em contraste, observa-se a formação de um novo agrupamento temático, representado pela cor azul, voltado à investigação das potencialidades da IA em contextos de realidade virtual, realidade aumentada e metaverso, indicando uma possível evolução temática nos próximos anos sobre o assunto.

Além dessas conexões mais esperadas, por meio do nó “COVID-19” e suas ligações, nota-se uma crescente preocupação com o uso das tecnologias educacionais no período pós-pandemia, destacando a intensificação do uso de ferramentas digitais em diversos contextos sociais. Entre os temas emergentes (com menos ligações com a IA), ganha relevância a relação entre ética e IA, dado que a utilização dessas tecnologias levanta questões

complexas. Estas incluem desde a perpetuação de preconceitos e disseminação de desinformação até seu emprego em modelos diagnósticos na área médica e em ferramentas de formação educacional.

Com o objetivo de aprofundar a análise, foram selecionados os 20 trabalhos mais relevantes do corpus examinado, considerando tanto as citações locais (realizadas por outros estudos dentro do próprio corpus) quanto as globais (aquelas provenientes de outros contextos acadêmicos). Esses dados, sintetizados no Quadro 3, oferecem uma visão abrangente das dinâmicas de citação, permitindo identificar a centralidade e a influência de determinadas produções científicas no campo da IA aplicada à educação. Essa abordagem possibilita compreender os principais caminhos teóricos e metodológicos adotados pelos estudos mais citados, bem como os temas recorrentes, os desdobramentos investigativos, as limitações apontadas, os impactos relatados, as propostas de solução e as divergências conceituais presentes no debate. Além disso, ao observar quais trabalhos são citados com maior frequência, é possível inferir, ainda que indiretamente, as temáticas, as aplicações e os objetivos predominantes nas pesquisas mais atuais, uma vez que a escolha de determinadas referências revela os focos de interesse e as abordagens assumidas por quem as cita.

Quadro 3

Trabalhos mais citados localmente e globalmente na temática IA na educação.

Identificação do artigo (ID)	Citações locais	Citações globais	Identificação do artigo (ID)	Citações locais	Citações globais
1	137	438	11	38	100
2	98	247	12	37	88
3	93	255	13	35	87
4	64	189	14	34	126
5	54	155	15	33	71
6	52	117	16	30	86
7	44	125	17	30	63
8	42	112	18	27	93
9	41	99	19	25	52
10	40	80	20	22	50

Fonte. Elaboração própria a partir do Biblioshiny (2024).

Em suas pesquisas, Cotton et al. (2024, ID = 1) e Villarreal (2023, ID = 13) abordam os desafios enfrentados pelo ensino superior e pela produção acadêmica diante do uso desonesto de IA. A dificuldade em detectar plágios ou trabalhos gerados exclusivamente por IA, dado o crescente refinamento das ferramentas na humanização da escrita, é um dos principais pontos debatidos. No entanto, no âmbito da pesquisa científica, a incapacidade da

IA em referenciar adequadamente outros trabalhos facilita a identificação de incongruências. Estudos anteriores ao advento do ChatGPT já apontavam que muitos estudantes admitiam práticas fraudulentas, incluindo plágio em trabalhos de conclusão de curso e artigos científicos. O aumento das formações online, combinado com o uso disseminado de IA, intensificou esse problema, comprometendo tanto a produção científica quanto a formação acadêmica. Como estratégias de mitigação, os autores propõem abordagens que variam desde a conscientização ética até o uso de *softwares* específicos de detecção de plágio.

Farrokhnia et al. (2024, ID = 2) corroboram essas reflexões ao realizar uma análise aprofundada dos benefícios e das limitações da IA na educação. Entre as contribuições positivas do ChatGPT, destacam-se o aumento do acesso à informação, o aprendizado personalizado e a otimização de processos educacionais. Contudo, os autores apontam fragilidades, como a superficialidade na compreensão de conteúdos, dificuldades em avaliar a qualidade das respostas, riscos de viés e discriminação, além de ameaças à integridade acadêmica, como ampliação do plágio e declínio das habilidades cognitivas. Em contraponto, Huang et al. (2023, ID = 18) relatam resultados positivos ao implementar um modelo de IA para a geração de vídeos instrucionais em um curso de programação no ensino superior, utilizando a metodologia de sala de aula invertida. Os estudantes demonstraram maior desempenho e engajamento, sugerindo que, quando empregada de forma planejada, a IA pode contribuir significativamente para a aprendizagem.

Ainda no campo da aplicação prática, Coopert (2023, ID = 3) avaliou o uso do ChatGPT no contexto de ensino de Ciências para o 7º ano do ensino fundamental. Os resultados indicam que a ferramenta pode ser valiosa nos processos de ensino e aprendizagem, desde que utilizada de maneira crítica e adaptada à realidade específica do contexto educacional. Cope et al. (2021, ID = 6) e Yan (2023, ID = 14) reforçam a ideia de que a IA jamais substituirá o pensamento humano ou a criatividade docente, mas pode atuar como facilitadora de processos pedagógicos, incluindo o planejamento e a avaliação de aulas. Esses autores destacam a necessidade de debates éticos mais profundos sobre o uso dessas tecnologias no ambiente escolar, com delimitações claras para prevenir plágios e outros usos inadequados.

Rahman e Watanobe (2023, ID = 4), em sua investigação sobre o uso do ChatGPT por estudantes de programação, identificaram que, ao reconhecerem as limitações inerentes da ferramenta - como a geração de respostas imprecisas e a incapacidade de avaliar problemas de maneira adequada -, os discentes podem utilizá-la como um recurso estratégico

para desenvolver habilidades complexas de maneira simplificada e adaptada às suas necessidades individuais. Apesar dos desafios associados, os autores concluem que, quando gerenciados de forma eficaz, os riscos mencionados permitem que o ChatGPT funcione como um meio confiável e equitativo para acesso ao conhecimento educacional e de pesquisa. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Chatterjee e Bhattacharjee (2020, ID = 5), que validaram o modelo denominado *Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia* (UTAUT), aplicado a uma amostra de 329 participantes, como um *framework* eficaz para a adoção de IA no Ensino Superior.

Quanto às potencialidades do ChatGPT no contexto educacional, os trabalhos de Adiguzel et al. (2023, ID = 7) e Halaweh (2023, ID = 8) destacam que a utilização de *chatbots* e algoritmos capazes de simular interações humanas e gerar textos com características próximas às humanas é instrumental na construção de um ensino personalizado. A IA, segundo os autores, pode aprimorar os resultados de aprendizagem, aumentar a produtividade e fomentar o engajamento dos alunos ao abrir novas perspectivas para a educação individualizada, oferecendo *feedback* e assistência adaptados às necessidades específicas dos discentes. Contudo, ambos os estudos enfatizam a necessidade de esforços colaborativos entre educadores, pesquisadores e formuladores de políticas públicas, visando a garantia de um uso ético e responsável da IA na educação.

No estudo de Knox (2020, ID = 9), ao analisar as políticas públicas relacionadas ao uso de IA na educação na China, identificou-se que, embora exista uma estratégia governamental unificada para a implementação dessas tecnologias nas escolas, o setor privado apresenta condições mais propícias para desenvolver produtos e ferramentas voltados ao mercado educacional. Assim, a educação chinesa encontra-se em um cenário dual: enquanto os governos central e regional investem em instituições educacionais de engenharia para pesquisa e treinamento estratégico em IA, o setor corporativo expande sua influência com aplicações que potencializam um sistema já altamente padronizado e competitivo, impulsionado por interesses da iniciativa privada.

Investigando o segmento educacional conhecido como K-12 (educação básica, que compreende os primeiros 12 anos escolares) em Pequim, Chai et al. (2021, ID = 10) destacaram a discrepância na produção acadêmica voltada predominantemente ao Ensino Superior em detrimento do ensino básico. Os autores defendem a necessidade de promover uma alfabetização em IA nesse nível de ensino, a fim de maximizar o potencial dessa ferramenta na trajetória acadêmica dos estudantes. Entre os benefícios identificados estão a resolução de problemas do mundo real, a

promoção da autoformação e autoavaliação, e a preparação para um mercado de trabalho que já depende amplamente da IA. No entanto, ressaltam a importância de abordar aspectos éticos e sociais relacionados ao uso dessas tecnologias.

Perspectivas complementares foram apresentadas por Xia et al. (2022, ID = 12), que propuseram a inclusão de uma disciplina específica sobre IA no currículo do K-12, com o objetivo de fomentar o ensino inclusivo. De maneira similar, Chiu (2021, ID = 17), desenvolveu um modelo de currículo voltado à implementação desta disciplina, considerando os desafios, as necessidades e os interesses dos alunos. O estudo enfatiza que o sucesso da iniciativa depende de fatores como a adequação às realidades locais, a autenticidade do conteúdo, a representatividade gráfica, a flexibilidade pedagógica, e a atenção às necessidades individuais dos estudantes, sempre observando os impactos éticos e sociais associados ao uso da IA.

Lameras e Arnab (2022, ID = 19), em uma revisão sistemática sobre o uso de IA no contexto educacional, concluíram que essas tecnologias possuem elevado potencial para transformar os processos de ensino e aprendizagem. Todavia, identificaram como principal limitação a formação tecnológica insuficiente dos professores, comprometendo o uso adequado da IA. Essa lacuna está diretamente relacionada às questões éticas e à promoção da inclusão, aspectos corroborados por Vivar e Peñalvo (2023, ID = 20), cuja revisão de literatura focalizou a contribuição da IA para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4, que preconiza uma educação inclusiva e de qualidade para todos. Nesse contexto, Celik (2023, ID = 11), utilizando metodologia semelhante, propôs a adoção do modelo TPACK (Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo) como estratégia para diagnosticar e orientar a formação docente. O objetivo seria mensurar e desenvolver as competências necessárias para integrar a IA às práticas pedagógicas, fundamentadas em princípios éticos.

Schif (2020, ID = 15), ao investigar sistemas de tutoria inteligente e agentes educacionais antropomorfizados - capazes de simular professores e personalizar o aprendizado -, destacou tanto suas potencialidades quanto suas limitações. Os sistemas analisados demonstraram capacidade para promover engajamento socioemocional e adaptar os conteúdos às necessidades individuais dos alunos, mas também apresentaram riscos como vieses algorítmicos, padronização excessiva e dependência de tecnologias desenvolvidas por interesses corporativos. De forma complementar, Holmes e Tuomi (2022, ID = 16), afirmam que o sucesso da implementação da IA na educação está condicionado ao equilíbrio entre as capacidades tecnológicas oferecidas e as necessidades humanas do contexto educacional.

Apesar dos avanços, o uso da IA na educação ainda enfrenta desafios significativos. Destacam-se questões éticas, combate ao plágio e a necessidade de uso crítico e consciente dessas tecnologias. Embora haja estudos promissores, persistem limitações, especialmente quanto à formação de professores e estudantes para sua utilização eficaz. Nota-se uma lacuna na literatura sobre sua aplicação na educação básica, enquanto a maior parte das pesquisas concentra-se no ensino superior, com foco na formação profissional e na produção acadêmica.

Também se evidencia a preocupação com a integridade científica, o que exige políticas públicas que incentivem o uso responsável da IA, evitando abordagens proibitivas. A implementação prática e a capacitação docente continuam sendo entraves. Iniciativas como a inserção de conteúdos sobre IA nos anos iniciais da educação são relevantes, mas ainda carecem de modelos consolidados que orientem o uso pedagógico transformador dessas tecnologias.

Como já apontado por Celik (2023), o modelo TPACK revela-se um importante aliado na consolidação das competências e dos conhecimentos necessários para que os docentes integrem a IA ao contexto escolar, considerando os diversos aspectos previamente discutidos. Embora o autor aborde o modelo sob uma perspectiva avaliativa e não formativa, é possível perceber seu impacto positivo na comunidade científica.

Com o objetivo de superar essas limitações e aprimorar as condições de trabalho docente, este estudo propõe a articulação entre a IA e o modelo teórico TPACK na formação de professores, a fim de promover o desenvolvimento da capacidade de compreender, utilizar, avaliar e interagir com sistemas baseados em IA de forma ética, crítica e responsável.

Distanciando-se de uma abordagem meramente avaliativa, adota-se aqui um enfoque formativo, voltado à construção de uma base metodológica e teórica que possibilite identificar os conhecimentos essenciais para o uso consciente, ético e inclusivo da IA na prática pedagógica, especialmente na educação básica.

3. TPACK como modelo de instrução para o uso da IA na educação

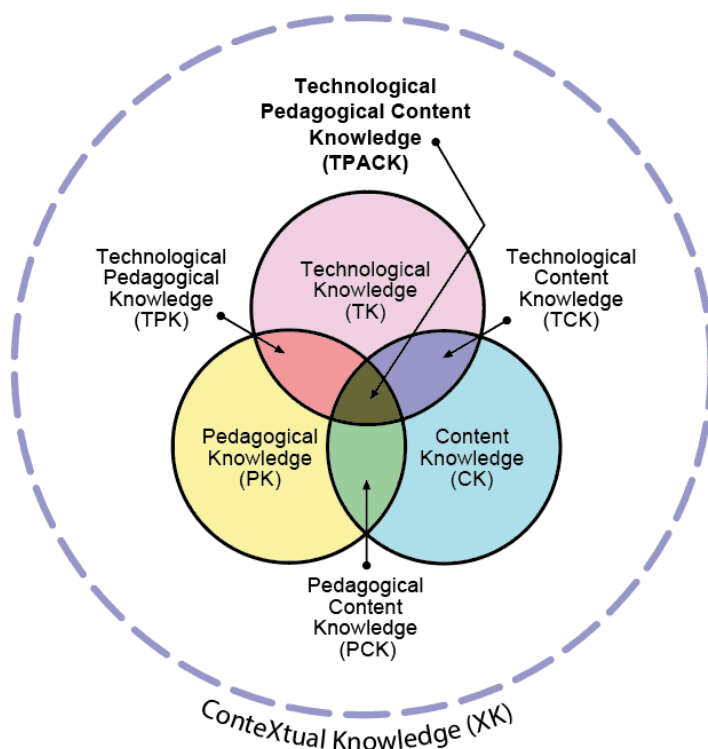
A incorporação das TDIC exerce influência estratégica nos processos educativos, especialmente diante das transformações e dos desafios que marcam o cenário educacional contemporâneo, intensificados pela pandemia de COVID-19. Nesse viés, é necessário que a escola se engaje ativamente nesse movimento de inovação, incluindo o uso de IA, independentemente das restrições ou permissões institucionais. A formação e a capacitação docente emergem como aspectos fundamentais

para a maximização do potencial pedagógico dessas ferramentas, conforme discutido por Bedin e Del Pino (2018).

Sob essa perspectiva, a integração de tecnologias no ensino e na aprendizagem exige do docente um conjunto complexo de conhecimentos, que são sistematizados no modelo conceitual TPACK. Proposto por Mishra e Koehler (2006), o modelo destaca os conhecimentos essenciais para que os professores desenvolvam práticas pedagógicas que articulem conteúdo disciplinar, estratégias metodológicas e ferramentas tecnológicas de maneira intencional e alinhada às necessidades de aprendizagem dos estudantes. O TPACK estrutura-se em três domínios centrais de conhecimento (Figura 3), e sua estrutura proporciona uma base teórica robusta para o docente compreender as interações necessárias ao uso eficiente de tecnologias em sala de aula.

Figura 3

Modelo teórico TPACK.



Fonte. <https://punyamishra.com/tpack/> (Acesso em novembro de 2024).

Propõe-se, portanto, a utilização do modelo TPACK para atender às necessidades de formação docente, deslocando o seu uso predominantemente avaliativo para um enfoque formativo. Esse viés visa intencionalmente a promoção de habilidades e conhecimentos fundamentais para a utilização de IA de maneira ética, contextualizada e transformadora,

respeitando as especificidades socioculturais e pedagógicas do ambiente escolar. Essa proposição é consistente com estudos recentes (Alghatrifi & Khalid, 2019; Azizi et al., 2020; Alzahrani & Alzahrani, 2025). Para tanto, destaca-se a importância da intencionalidade no planejamento e na execução das aulas, que devem integrar de forma coesa os conceitos disciplinares, abordagens metodológicas e ferramentas tecnológicas.

O **Conhecimento do Conteúdo** representa o domínio profundo dos conceitos da disciplina lecionada (Bedin & Cleophas, 2022). Quanto maior o domínio conceitual, maior será a capacidade do docente em contextualizar e aplicar os conteúdos para atender às demandas educacionais. No caso do uso da IA, o professor pode utilizá-la para gerar explicações detalhadas sobre um conteúdo, adaptadas ao nível de conhecimento dos estudantes, sendo crucial ter discernimento ao consultar a ferramenta, dada a possibilidade de perpetuação de erros conceituais em função de bases de dados heterogêneas e nem sempre rigorosas.

Um exemplo elucidativo é a explicação equivocada fornecida pelo ChatGPT sobre a física do voo de aviões, que incorretamente simplificou o fenômeno ao Princípio de Bernoulli. Embora amplamente utilizado no ensino de física, esse princípio não se aplica completamente à dinâmica do voo, mas à dinâmica de fluidos em tubulações. Este caso evidencia a necessidade de o docente ter cuidado com as respostas geradas pela IA.

O **Conhecimento Pedagógico** refere-se ao domínio aprofundado das diversas teorias, técnicas, habilidades e metodologias de ensino que podem ser mobilizadas para planejar, aplicar e avaliar conceitos no processo educativo (Siqueira et al., 2023). Esse campo abrange desde a gestão da sala de aula até a definição e implementação de objetivos educacionais alinhados às necessidades dos estudantes. Nesse âmbito, a IA pode oferecer subsídios valiosos, pois o professor pode utilizá-la para simular situações de sala de aula e treinar estratégias de gestão de conflitos ou metodologias ativas, como aprendizagem baseada em problemas, quando os comandos de entrada (inputs) são elaborados com clareza e detalhamento. O desafio principal do docente reside em selecionar, dentre as alternativas, aquelas que melhor atendam às especificidades do contexto escolar e às singularidades dos estudantes.

O **Conhecimento Tecnológico** envolve a compreensão e o domínio de ferramentas, sistemas e dispositivos tecnológicos que podem ser integrados ao processo educativo (Hasyim & Arafah, 2023). Considerando o caráter dinâmico e em constante evolução da tecnologia, a IA apresenta contribuições, especialmente ao sugerir ferramentas, *softwares* e mecanismos tecnológicos ao docente, bem como ao proporcionar explicações detalhadas sobre seu uso. Essa funcionalidade permite ao

professor realizar um processo de autoformação adaptativa, no qual dúvidas específicas podem ser esclarecidas e aprofundadas, simulando uma interação dialógica. Dessa forma, o docente pode expandir a sua competência tecnológica de maneira autônoma.

O **Conhecimento Pedagógico do Conteúdo** refere-se à competência docente de articular o ensino de um conteúdo específico com a compreensão dos saberes prévios dos estudantes, utilizando metodologias de ensino adequadas ao contexto educacional e ao tema abordado (Arafah et al., 2024), adaptando materiais didáticos, estratégias e recursos pedagógicos. Com a utilização da IA, é possível identificar metodologias de ensino que podem ser empregues a partir das informações/conteúdos fornecidas pelo professor no comando inicial (input). No entanto, as sugestões metodológicas fornecidas pela IA frequentemente apresentam caráter genérico, não considerando as nuances e as especificidades dos contextos educacionais. Nesse sentido, a *expertise* docente é indispensável para selecionar, personalizar e adaptar as metodologias propostas, garantindo a pertinência pedagógica e a resolução das problemáticas educativas apresentadas.

O **Conhecimento Tecnológico do Conteúdo** envolve a compreensão das interações entre tecnologia e conteúdo, incluindo potencialidades e limitações inerentes à sua integração no processo educativo. Esse conhecimento é crucial para identificar e selecionar ferramentas tecnológicas que complementem e transformem a compreensão sobre o conteúdo de maneira significativa (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). No uso da IA, é essencial que os professores possuam uma base teórica sólida para empregá-la de forma promissora, pois não se trata apenas de utilizar respostas fornecidas pela IA de maneira superficial, mas de se capacitar para elaborar comandos eficientes (*prompts*) e interpretar criticamente as respostas geradas. A personalização das interações com a IA deve ser direcionada às necessidades e às especificidades do contexto, fortalecendo a relação entre conteúdo e tecnologia, dado que o professor pode usá-la para filtrar *software* e aplicativos específicos para compreender um determinado conteúdo.

O **Conhecimento Tecnológico Pedagógico** engloba a capacidade de compreender como as tecnologias influenciam os processos de ensino e aprendizagem, permitindo a seleção criteriosa de recursos tecnológicos alinhados aos objetivos pedagógicos (Arafah & Hasyim, 2023). Esse domínio inclui a integração das TDIC e o impacto crescente da IA, que têm contribuído para a reformulação de práticas educacionais, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas e reflexivas (Cibotto & Oliveira, 2017; Niess, 2011). Essa integração no ambiente escolar requer que a

aplicação esteja vinculada a objetivos pedagógicos claramente definidos, evitando a utilização como mera substituição de recursos já existentes. Na utilização da IA, é imperativo que os objetivos de aprendizagem sejam delineados de maneira precisa, assegurando que a incorporação no processo educativo promova um impacto transformador tanto para o professor quanto para o estudante, pois o professor pode usá-la para criar um ambiente tecnológico como estratégia de ensino.

O **Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo** representa a síntese dos três domínios de conhecimento; logo, quando integrados de forma harmoniosa e planejada, o TPACK potencializa a prática educacional, promovendo estratégias pedagógicas que exploram tecnologias de maneira adaptada às necessidades dos estudantes e às especificidades dos conteúdos ensinados (Young et al., 2012). Todavia, o planejamento de práticas educacionais que combinem esses elementos de maneira integrada ainda constitui um desafio significativo. Com frequência, os docentes realizam escolhas isoladas de conteúdo, tecnologia e metodologia, estabelecendo posteriormente conexões que podem ser inadequadas, limitando o potencial pedagógico.

Ao incorporar a IA, torna-se indispensável que os objetivos pedagógicos estejam claramente definidos e integrados em todas as etapas do planejamento, desde a construção de conceitos e o desenvolvimento metodológico até a avaliação e o fortalecimento do conhecimento pelos estudantes. Quando o professor tem uma metodologia problematizadora e a um conteúdo bem estruturado, a IA pode atuar como uma ferramenta catalisadora, conectando os conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo, fortalecendo as práticas escolares e consolidando os princípios teóricos do TPACK.

Ademais, ao considerar a IA como recurso formativo, há diversas potencialidades, desde a personalização do ensino até a facilitação de tarefas mecânicas, como organização e análise de dados, além de sua atuação como mediadora na construção de conhecimento. Entretanto, é imprescindível que o seu uso seja mediado e validado pelo professor a partir de competências digitais, que, com uma postura reflexiva e proativa, deve verificar previamente a adequação e a precisão das respostas geradas em relação aos objetivos de aprendizagem (Forero-Corba & Bennasar, 2024).

Portanto, o uso da IA baseado no modelo TPACK permite que o professor integre tecnologia, pedagogia e conteúdo de maneira harmoniosa, garantindo uma prática educativa ética, pedagógica e eficaz. Essa abordagem assegura que a IA não seja empregue como uma simples substituição de processos humanos, mas como uma ferramenta mediadora

do ensino e da aprendizagem, capaz de enriquecer o repertório didático e científico do docente e ampliar as possibilidades de construção do conhecimento pelos alunos. Por meio do TPACK, o professor é capaz de planejar estratégias educativas que alinhem os objetivos pedagógicos ao uso de ferramentas tecnológicas, respeitando os princípios éticos da educação, como a intencionalidade formativa e o estímulo ao pensamento crítico.

Além disso, ao dominar a intersecção entre os conhecimentos pedagógico, tecnológico e de conteúdo, o professor utiliza a IA para promover um ensino personalizado, mediado por reflexões e interações significativas, assegurando que tanto ele quanto os estudantes se desenvolvam em um ambiente de aprendizagem enriquecedor, inovador e fundamentado em princípios éticos e educacionais sólidos. Logo, para garantir a eficácia do uso da IA no ensino, as atividades planejadas com o suporte tecnológico devem ser testadas e ajustadas previamente pelo professor, a partir dos possíveis caminhos de interação e os resultados gerados. Esse planejamento criterioso contribui para a construção de um cenário pedagógico favorável, que respeita os princípios éticos, os objetivos educacionais e as demandas específicas dos estudantes, promovendo a integração tecnológica na educação.

4. Conclusão

A análise cienciométrica realizada evidenciou os desafios inerentes ao uso da IA no contexto educacional em escala global. Esses desafios não se relacionam diretamente à existência ou às potencialidades dessas tecnologias, mas, sobretudo, às práticas antiéticas que emergem quando indivíduos as utilizam com o objetivo de obter vantagens acadêmicas ou reduzir o esforço cognitivo necessário para tarefas complexas.

Os impactos adversos do uso inadequado da IA decorrem, primordialmente, de sua aplicação como substituto do pensamento crítico e humano. As respostas geradas por esses sistemas não são verdadeiramente inéditas, dado que a IA carece de criatividade e de uma compreensão profunda das complexidades socioculturais de cada época; em vez disso, ela reproduz padrões previamente armazenados em seus bancos de dados. Essa limitação pode intensificar práticas como o plágio e a padronização do conhecimento, negligenciando as interações humanas e os contextos específicos que são cruciais para a construção de saberes. Nesse cenário, emergem preocupações relevantes relacionadas à integridade científica, incluindo um potencial "crise da ciência", que se vê

desafiada a enfrentar produções acadêmicas marcadas pelo uso indiscriminado e irresponsável dessas ferramentas.

A comunidade científica, em articulação com políticas públicas, desempenha um papel essencial no delineamento de parâmetros éticos e limites para a utilização da IA, especialmente no âmbito educacional. Nesse contexto, os estudantes estão sendo preparados para um mundo caracterizado por transformações tecnológicas aceleradas; logo, investigações acadêmicas que explorem esses desdobramentos tornam-se indispensáveis, sobretudo no Ensino Básico, nível educacional que ainda carece de estudos sistemáticos e aprofundados sobre o tema.

Entre os aspectos positivos identificados nas pesquisas analisadas, destaca-se o potencial da IA para democratizar o acesso à informação e à ciência. Essas ferramentas também podem oferecer mediação personalizada, ajustando-se às necessidades e às particularidades dos usuários, o que cria uma ponte facilitadora no processo de busca e construção do conhecimento. Contudo, o êxito dessa integração depende diretamente de um planejamento rigoroso e de investigações prévias que assegurem sua adequação a contextos específicos. Quando utilizadas de forma criteriosa e integradas a estratégias metodológicas bem delineadas, a IA possui o potencial de transformar positivamente os processos de ensino e aprendizagem.

Este estudo reforça a urgência de promover o uso adequado da IA, embasado no TPACK, visto essa integração permitir ao docente identificar as limitações das ferramentas tecnológicas e propor alternativas que garantam a intencionalidade pedagógica em sua aplicação no contexto educacional. É imperativo que nenhuma tecnologia seja empregue sem um propósito formativo claramente definido, seja por parte do professor, seja por parte do estudante. Nesse sentido, a IA não deve ser vista como substituta do docente, mas como ferramenta que amplia as possibilidades pedagógicas, ao mesmo tempo que exige mediação qualificada, especialmente diante de erros potenciais nas respostas geradas.

Ademais, torna-se fundamental fomentar uma alfabetização em IA, dado que as potencialidades dependem diretamente da qualificação e do domínio crítico por parte dos usuários. Quando empregada para substituir o raciocínio e as habilidades humanas, a IA perde sua funcionalidade pedagógica e pode contribuir para a deterioração do desenvolvimento do conhecimento. Em situações de dúvida quanto à adequação de seu uso, sugere-se uma reflexão profunda acerca do propósito de sua aplicação: questionar se o objetivo é ampliar habilidades e conhecimentos ou, alternativamente, buscar uma solução que eluda o esforço necessário para realizar ou aprender algo.

5. Referências

- Adigüzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K. (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), ep429.
- Alghatrifi, I., & Khalid, H. (2019). A systematic review of UTAUT and UTAUT2 as a baseline framework of information system research in adopting new technology: a case study of IPV6 adoption. *6th International Conference on Research and Innovation in Information Systems*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRIIS48246.2019.9073292>
- Almeida, P., A., C., A., Dos Santos, J. M., & de Almeida, M. V. (2021). Computational Thinking in Elementary School in the Age of Artificial Intelligence: Where is the Teacher? *Revista de Ensino de Ciencias y Matemática*, 23(6), 270-299. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6869>
- Alonso, R. R., Carvajal, K. A., & Acevedo, N. R. (2025). Rol de la Inteligencia Artificial en la personalización de la educación a distancia: una revisión sistemática. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 28(1). <https://doi.org/10.5944/ried.28.1.41538>
- Alzahrani, A., & Alzahrani, A. (2025). Understanding ChatGPT adoption in universities: the impact of faculty TPACK and UTAUT2. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 28(1). <https://doi.org/10.5944/ried.28.1.41498>
- Arafah, B., & Hasyim, M. U. H. A. M. M. A. D. (2023). Digital Literacy on Current Issues in Social Media: Social Media as a Source of Information. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 101(10), 3943-3951.
- Arafah, B., Hasyim, M., Khaerana, A. S. A., Soraya, A. I., Ramadhani, R., Ismail, A., & Takwa, T. (2024). Literacy of the Digital Culture: Reading, Producing and Publishing Text of Netizen on Social Media. In *7th International Conference on Language, Literature, Culture, and Education (ICOLLITE 2023)* (pp. 59-69). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-376-4_9
- Azizi, S. M., Roozbahani, N., & Khatony, A. (2020). Factors affecting the acceptance of blended learning in medical education: application of UTAUT2 model. *BMC Medical Education*, 20, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02302-2>
- Bedin, E., & Cleophas, M. D. G. (2022). Estudo investigativo do domínio dos professores sobre a tríade do conteúdo científico, pedagógico e tecnológico: uma análise das aulas de Química durante a pandemia. *Ciência & Educação*, 28, e22038. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220038>

- Bedin, E., & Del Pino, J. C. (2018). Aprendizagem colaborativa nas redes sociais e a qualificação dos processos de ensino e aprendizagem. *Revista Interações*, 14(47), 65-84.
- Bedin, E., & Cleophas, M. D. G. (2024). Um retrato sobre o conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo de professores de química durante a pandemia a partir do olhar discente. *ETD: Educação Temática Digital*, (26), 64. <https://doi.org/10.20396/etd.v26i00.8670173>
- Brantley-Dias, L., & Ertmer, P. A. (2013). Goldilocks and TPACK: Is the construct 'just right?'. *Journal of Research on Technology in education*, 46(2), 103-128.
- Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, 107468.
- Chai, C. S., Lin, P. Y., Jong, M. S. Y., Dai, Y., Chiu, T. K., & Qin, J. (2021). Perceptions of and behavioral intentions towards learning artificial intelligence in primary school students. *Educational Technology & Society*, 24(3), 89-101.
- Chatterjee, S., & Bhattacharjee, K. K. (2020). Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling. *Education and Information Technologies*, 25, 3443-3463.
- Chiu, T. K. (2021). A holistic approach to the design of artificial intelligence (AI) education for K-12 schools. *TechTrends*, 65(5), 796-807.
- Cibotto, R. A. G., & Oliveira, R. M. M. A. (2017). TPACK-Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. *Imagens da Educação*, 7(2), 11-23.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444-452.
- Cope, B., Kalantzis, M., & Sears-Smith, D. (2021). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational philosophy and theory*, 53(12), 1229-1245.
- Cotton, D. R., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in education and teaching international*, 61(2), 228-239.
- Damaceno, S. S., & Vasconcelos, R. O. (2018). Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE*, 5(1), 11-11.
- Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2024). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(3), 460-474.

- Fernandes, T. C. (2023). O Uso de Chatbots no Contexto da Aprendizagem Baseada em Problemas na formação inicial de professores. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 21(2), 188-197.
- Forero-Corba, W., & Bennasar, F. N. (2024). Técnicas y aplicaciones del Machine Learning e Inteligencia Artificial en educación: una revisión sistemática. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 27(1). <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37491>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9-39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Gilson, A., Safranek, C. W., Huang, T., Socrates, V., Chi, L., Taylor, R. A., & Chartash, D. (2023). How does ChatGPT perform on the United States Medical Licensing Examination (USMLE)? The implications of large language models for medical education and knowledge assessment. *JMIR medical education*, 9(1), e45312.
- Goldstein, I., & Papert, S. (1977). Artificial intelligence, language, and the study of knowledge. *Cognitive science*, 1(1), 84-123.
- Grassini, S. (2023). Shaping the future of education: exploring the potential and consequences of AI and ChatGPT in educational settings. *Education Sciences*, 13(7), 692.
- Halaweh, M. (2023). ChatGPT in education: Strategies for responsible implementation. *Contemporary educational technology*, 15(2).
- Hasyim, M., & Arafah, B. (2023). Semiotic multimodality communication in the age of new media. *Studies in Media and Communication*, 11(1), 96-103. <https://doi.org/10.11114/smc.v11i1.5865>
- Heidrich, R. A., Almeida, C. M. M., & Bedin, E. (2022). Observações e práticas pedagógicas de Química baseadas nas tecnologias digitais no Ensino Médio. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC*, 12(1), 167-185.
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542-570.
- Huang, A. Y., Lu, O. H., & Yang, S. J. (2023). Effects of artificial Intelligence-Enabled personalized recommendations on learners' learning engagement, motivation, and outcomes in a flipped classroom. *Computers & Education*, 194, 104684.
- Ivanova, M., Grosseck, G., & Holotescu, C. (2024). Unveiling insights: A bibliometric analysis of artificial intelligence in teaching. *Informatics*, 11(1), p. 10.
- Kenski, V. M. (2007). *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. Papirus editora.

- Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 298-311.
- Lameras, P., & Arnab, S. (2021). Power to the teachers: an exploratory review on artificial intelligence in education. *Information*, 13(1), 14.
- Lévy, P. (2010). *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Editora 34.
- Leite, B. S. (2023). Inteligência artificial e ensino de química: uma análise propedêutica do chatgpt na definição de conceitos químicos. *Química Nova*, 46, 915-923.
- Leite, B. S. (2024). Análise da inteligência artificial ChatGPT na proposição de planos de aulas para o ensino da química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 23(3).
- McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Morosini, M. C. (2015). Estado de conhecimento: sua contribuição à ruptura de pré-conceitos. *Revista de Educação da UFSM, Santa Maria: Centro de Educação*, 40.
- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of educational computing research*, 44(3), 299-317.
- Oliveira, D. S., & Arruda, E. P. (2022). Artificial intelligence in distance education: A systematic literature review of Brazilian studies. *Problems of Education in the 21st Century*, 80(5), 679-692.
- Tavares, L. A., Meira, M. C., & do Amaral, S. F. (2020). Inteligência artificial na educação: Survey. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 48699-48714.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York.
- Pavlik, J. V. (2023). Collaborating with ChatGPT: Considering the implications of generative artificial intelligence for journalism and media education. *Journalism & mass communication educator*, 78(1), 84-93.
- Rahman, M. M., & Watanobe, Y. (2023). ChatGPT for education and research: Opportunities, threats, and strategies. *Applied Sciences*, 13(9), 5783.
- Silva, A. S., Siqueira, L. E., & Bedin, E. (2021). Base conceitual do conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo de professores de ciências exatas. *Revista de Investigação Tecnológica em Educação em Ciências e Matemática*, 1, 136-151.
- Siqueira, L. E., Bedin, E., & Silva, A. S. (2023). Panorama do TPACK nas Pesquisas em Ensino de Física. *Humanidades & Inovação*, 10(17), 328-345.
- Soares, M., Maciel, F. I. P. (2000). *Alfabetização*. Brasília.

- Unesco (Ed.). (2024). AI competency framework for teachers. Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>. Acesso em 08 jun. 2025.
- Unesco (Ed.). (2025). AI competency framework for students. Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105>. Acesso em 08 jun. 2025.
- Vicari, R. M. (2021). Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. *Estudos Avançados*, 35, 73-84.
- Vinkler, P. (2006). Composite scientometric indicators for evaluating publication of research institutes. *Scientometric*, 68(3), 629-642. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-006-0123-z>
- Vivar, J. M. F., & Peñalvo, F. J. G. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la Inteligencia Artificial en el marco de la Educación de Calidad (ODS4). *Comunicar: Revista científica de comunicacion y educacion*, (74), 37-47.
- Xia, Q., Chiu, T. K., Lee, M., Sanusi, I. T., Dai, Y., & Chai, C. S. (2022). A self-determination theory (SDT) design approach for inclusive and diverse artificial intelligence (AI) education. *Computers & Education*, 189, 104582.
- Yan, D. (2023). Impact of ChatGPT on learners in a L2 writing practicum: An exploratory investigation. *Education and Information Technologies*, 28(11), 13943-13967.
- Young, J. R., Young, J. L., & Shaker, Z. (2012). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) literature using confidence intervals. *TechTrends*, 56, 25-33.