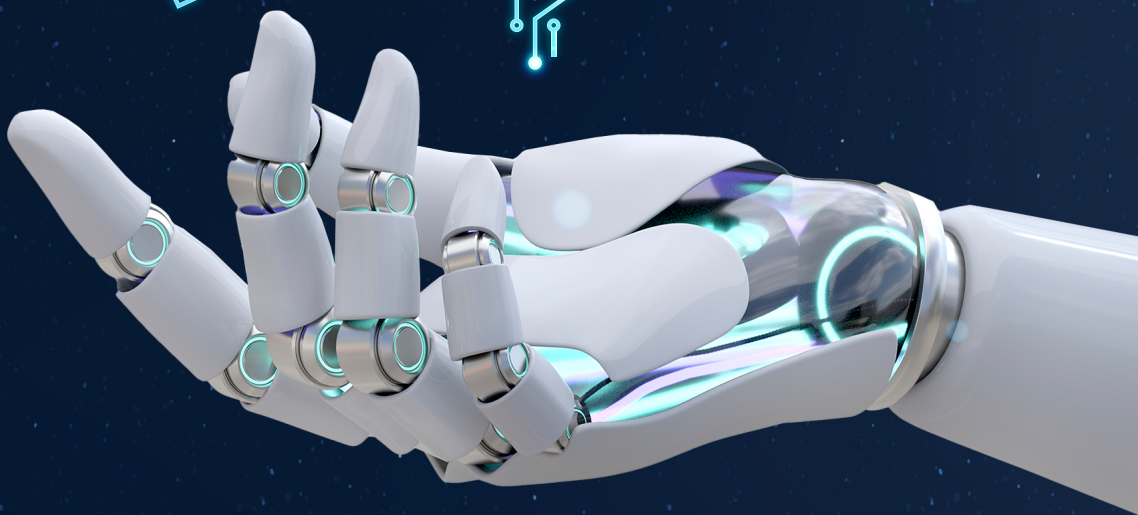


Inteligência Artificial

NO PROCESSO EDUCACIONAL:

DESAFIOS E POSSIBILIDADES



ORGANIZADORES:

SOFIA LARISSA PAIVA, ROGÉRIO JUSTINO, SARAH SUZANE BERTOLLI



INSTITUTO FEDERAL
Goiano



EDITORA
IF GOIANO



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás

EXPEDIENTE INSTITUCIONAL

Reitor do IF Goiano	Elias de Pádua Monteiro
Pró-reitora de Ensino	Geísa D'Ávila Ribeiro Boaventura
Pró-reitor de Extensão	Luciano Carlos Ribeiro da Silva
Pró-reitor de Administração	Gilson Dourado da Silva
Pró-reitora de Gestão de Pessoas	Ana Maria Rodrigues de Resende
Pró-reitor de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação	Alan Carlos da Costa

Conselho Editorial do IF Goiano PORTARIA Nº 1748/REI/IFGOIANO, DE 10 DE ABRIL DE 2026

Adriano Antonio Brito Darosci	Maria Luiza Batista Bretas
Bruno Gomes Pires Democh	Monia Franciele de Souza Dourado
Fátima Suely Ribeiro Cunha	Natany Ferreira Silva
Flávia Oliveira Abrão Pessoa	Ondina Maria da Silva Macedo
Júlio César Ferreira	Rhanya Rafaella Rodrigues
Kássia Cristina Rabelo	Romário Victor Pacheco Antero
Laise do Nascimento Cabral	Roseli Gonçalves da Rocha
Leonardo Carlos de Andrade	Thelma Maria de Moura Bergamo
Lídia Maria dos Santos Moraes	Thiago Fernandes Qualhato
Lorena de Almeida Cavalcante Brandão Nunes	Uiara Vaz Jordão
Marco Antônio Pereira da Silva	Wagner Abadio Freitas
Marcos Fernandes Sobrinho	Woska Pires da Costa

INSTITUIÇÕES APOIADORAS



EQUIPE EDITORIAL

Coordenadora da Editora IF Goiano	Sarah Suzane Bertolli
Assessora Técnica	Daiane de Oliveira Silva
Assessora Editorial	Ana Paula Oliveira Sousa
Revisão textual	Coelum Editorial
Projeto gráfico e diagramação	Coelum Editorial
Bibliotecário responsável	Daiane Oliveira Silva

Inteligência Artificial

NO PROCESSO EDUCACIONAL:

DESAFIOS E POSSIBILIDADES

ORGANIZADORES:

SOFIA LARISSA PAIVA, ROGÉRIO JUSTINO, SARAH SUZANE BERTOLLI



INSTITUTO FEDERAL
Goiano



EDITORA
IF GOIANO



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás

© 2026 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19.2.1998. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida sem autorização por escrito da Editora.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

P149

Inteligência artificial no processo educacional: desafios e possibilidades/ Sofia Larissa Paiva; Rogério Justino; Sarah Suzane Bertolli, organizadores. – 1. ed. Goiânia, GO: IF Goiano, 2026.

237 p., il.: color.

ISBN (e-book):978-85-65871-75-4

ISBN (Físico): 978-85-65871-74-7

1. Educação. 2. Inteligência artificial. 3. Tecnologias digitais. 4. Formação Docente. 5 Letramento digital. I. Paiva, Sofia Larissa. II. Justino, Rogério. III. Bertolli, Sarah Suzane. IV. Instituto Federal Goiano.

CDU: 37:004.8

Ficha elaborada por Daiane de Oliveira Silva– Bibliotecário/CRB 1 nº 2685



Endereço: Rua 88, nº 310, Setor SulCEP: 74085-010 – Goiânia – GO
E-mail: editora@ifgoiano.edu.br

APRESENTAÇÃO

A educação atravessa, neste século, uma das mais profundas transformações de sua história. O avanço acelerado das tecnologias digitais e, em especial, da Inteligência Artificial (IA), inaugura novas formas de produzir, acessar, organizar e compartilhar conhecimentos, desafiando concepções historicamente consolidadas sobre ensinar, aprender, pesquisar e avaliar. Em poucos anos, sistemas capazes de interpretar linguagem natural, gerar textos, imagens, códigos e resolver problemas complexos passaram a integrar o cotidiano de milhões de pessoas, alterando práticas profissionais, relações sociais e, inevitavelmente, os processos educativos.

Esse cenário convida educadores, pesquisadores, gestores e formuladores de políticas públicas a refletirem para além do entusiasmo tecnológico ou do temor diante do novo. A Inteligência Artificial não constitui apenas uma ferramenta adicional disponível ao professor ou ao estudante; ela representa uma mudança paradigmática que exige revisitar concepções pedagógicas, curriculares, éticas e epistemológicas. Questões relacionadas à autoria, à criatividade, à avaliação da aprendizagem, à produção do conhecimento, à privacidade dos dados, aos vieses algorítmicos e às desigualdades de acesso passam a ocupar posição central no debate educacional contemporâneo.

No contexto brasileiro, essa discussão ganha contornos ainda mais significativos diante da consolidação da Base Nacional Comum Curricular, da BNCC Computação, da Política Nacional de Educação Digital e das crescentes demandas por formação docente para uma cultura digital crítica e responsável. Se, por um lado, a Inteligência Artificial amplia possibilidades inéditas de personalização do ensino, apoio à aprendizagem e democratização do acesso à informação, por outro evidencia desafios históricos relacionados às desigualdades sociais, às diferenças de infraestrutura tecnológica entre as escolas e à necessidade de formação crítica para o uso consciente dessas ferramentas.

Mais do que aprender a utilizar plataformas baseadas em IA, torna-se indispensável compreender seus fundamentos, seus limites, seus impactos sociais e suas implicações éticas. Em uma sociedade profundamente mediada por algoritmos, educar significa também desenvolver competências para questionar, interpretar, validar informações, reconhecer vieses, produzir conhecimento com responsabilidade e exercer uma cidadania digital comprometida com valores democráticos, científicos e humanísticos. A educação continua sendo, acima de tudo, um processo de formação humana, e nenhuma inovação tecnológica substitui a capacidade de reflexão, diálogo, criatividade e sensibilidade que caracteriza o trabalho docente.

É nesse horizonte que se insere a presente coletânea. **Inteligência Artificial (IA) no Processo Educacional: desafios e possibilidades** reúne pesquisadores de diferentes instituições e áreas do conhecimento que, sob perspectivas complementares, analisam as múltiplas interfaces entre Inteligência Artificial e educação. Os textos aqui apresentados dialogam entre si ao abordar tanto os potenciais pedagógicos quanto os desafios éticos, epistemológicos e formativos decorrentes da incorporação dessas tecnologias aos diferentes níveis de ensino.

A obra inicia-se com o capítulo *Inteligência Artificial na Educação: uma análise de publicações em periódicos brasileiros* Qualis A, de Rita Rodrigues de Souza e Leizer Fernandes Moraes, que realiza um panorama da produção científica nacional, permitindo ao leitor compreender como a temática vem sendo investigada nos principais periódicos brasileiros e quais tendências emergem desse campo de pesquisa em expansão.

Na sequência, Elisângela Silva Dias e Maurício Rodrigues Lima, no capítulo *Inteligência Artificial na Educação: trajetória, desafios e mediação pedagógica*, apresentam uma discussão ampla acerca das relações entre IA e práticas educacionais, oferecendo bases conceituais para compreender os desafios e as possibilidades que acompanham a inserção dessas tecnologias no cenário escolar contemporâneo.

O capítulo *Do ‘Quem Digitou?’ ao ‘Quem Aprendeu?’: Inteligência Artificial, fascínio e formação crítica*, de Rogério Justino, desloca o foco das ferramentas para a aprendizagem, propondo uma reflexão instigante sobre o risco de reduzir a educação ao simples uso da tecnologia. O autor convida o leitor a repensar o papel da formação crítica diante do crescente fascínio provocado pelas soluções baseadas em Inteligência Artificial.

Em *E quando a resposta já vem pronta? Educação crítica e letramento digital responsável na era da Inteligência Artificial*, Woska Pires da Costa aprofunda o debate acerca do letramento digital, problematizando a relação entre respostas automatizadas, autonomia intelectual e formação cidadã. O texto destaca a importância de desenvolver sujeitos capazes de interpretar, avaliar e utilizar criticamente os conteúdos produzidos por sistemas inteligentes.

As implicações da IA para o ensino da Matemática são abordadas por Greiton Toledo de Azevedo e Marcus Vinicius Maltempi no capítulo *Pensar ou apertar o botão? Inteligência Artificial e aprendizagem matemática*. Os autores discutem como as tecnologias inteligentes podem tanto potencializar quanto limitar processos cognitivos,

ênfatizando a necessidade de preservar o raciocínio matemático, a resolução de problemas e o desenvolvimento do pensamento lógico.

No capítulo *Inteligência Artificial e pesquisa escolar na Educação Básica: desafios éticos e formativos em uma feira científica*, Robson Gonçalves do Carmo e Sarah Suzane Bertolli apresentam uma reflexão ancorada no contexto da Educação Básica, discutindo os impactos da IA sobre a pesquisa escolar, a autoria, a ética acadêmica e a formação investigativa dos estudantes. Ao abordar uma experiência vinculada a uma feira científica, os autores evidenciam como a Inteligência Artificial pode constituir simultaneamente oportunidade pedagógica e desafio formativo, exigindo mediação docente, critérios éticos e fortalecimento da autonomia intelectual.

Encerrando a coletânea, Sofia Larissa da Costa Paiva, em *Educação na era da Inteligência Artificial: o que precisa ser ensinado?*, amplia o horizonte da discussão ao problematizar quais conhecimentos, competências e valores tornam-se essenciais para a formação de estudantes em uma sociedade marcada pela presença crescente da Inteligência Artificial. O capítulo reafirma o compromisso da educação com a formação integral, ultrapassando a mera aprendizagem de ferramentas tecnológicas.

Ao reunir diferentes olhares sobre um tema de extraordinária atualidade, esta obra reafirma que a Inteligência Artificial não deve ser compreendida apenas como inovação tecnológica, mas como fenômeno social, cultural, ético e educacional que demanda investigação permanente e diálogo interdisciplinar. Os capítulos aqui apresentados demonstram que os desafios impostos pela IA não serão enfrentados exclusivamente pelo avanço das tecnologias, mas sobretudo pela capacidade da educação de formar sujeitos críticos, criativos, éticos e comprometidos com a construção coletiva do conhecimento.

Esperamos que este livro contribua para qualificar o debate acadêmico, subsidiar práticas pedagógicas, inspirar novas pesquisas e fortalecer uma compreensão humanizada da Inteligência Artificial

na educação. Que as reflexões reunidas nestas páginas estimulem professores, pesquisadores, estudantes e gestores a compreenderem que, diante de tecnologias cada vez mais sofisticadas, permanece atual uma convicção fundamental: o centro do processo educativo continua sendo o ser humano e sua permanente capacidade de aprender, pensar, criar e transformar a realidade.

Os organizadores

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

12 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO: UMA ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES EM PERIÓDICOS BRASILEIROS QUALIS A

Rita Rodrigues de Souza
Leizer Fernandes Moraes

CAPÍTULO 2

46 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO: TRAJETÓRIA, DESAFIOS E MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA

Elisângela Silva Dias
Maurício Rodrigues Lima

CAPÍTULO 3

73 DO "QUEM DIGITOU?" AO "QUEM APRENDEU?": INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, FASCÍNIO E FORMAÇÃO CRÍTICA

Rogério Justino

CAPÍTULO 4

**93 E QUANDO A RESPOSTA JÁ VEM PRONTA?
EDUCAÇÃO CRÍTICA E LETRAMENTO DIGITAL
RESPONSÁVEL NA ERA DA INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL**

Woska Pires da Costa

CAPÍTULO 5

**157 PENSAR OU APERTAR O BOTÃO?
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZAGEM
MATEMÁTICA**

Greiton Toledo de Azevedo
Marcus Vinicius Maltempi

CAPÍTULO 6

**199 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PESQUISA
ESCOLAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA:
DESAFIOS ÉTICOS E FORMATIVOS EM UMA
FEIRA CIENTÍFICA**

Robson Gonçalves do Carmo
Sarah Suzane Bertolli

CAPÍTULO 7

**220 EDUCAÇÃO NA ERA DA INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL: O QUE PRECISA SER ENSINADO?**

Sofia Larissa da Costa Paiva

CAPÍTULO 1

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO:

UMA ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES EM PERIÓDICOS BRASILEIROS QUALIS A

Rita Rodrigues de Souza¹
Leizer Fernandes Moraes²

-
- 1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí.
E-mail: rita.souza@ifg.edu.br.
 - 2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí.
E-mail: leizer.moraes@ifg.edu.br.

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) de abordagem mista, com o objetivo de analisar como periódicos brasileiros A1 e A2 têm abordado a presença da Inteligência Artificial (IA) na educação. Para isso, foram selecionadas publicações da área de Comunicação, Informação e Educação que tratam especificamente do uso da IA no contexto educacional. Os resultados revelam que o tema é crescente em estudos recentes, embora a maioria dos artigos selecionados não apresente aplicações diretas dessa tecnologia em sala de aula, a maior parte foca em compreender as percepções dos/as educadores/as e alunos/as sobre o uso da IA no ambiente escolar. Além disso, há uma análise significativa sobre o uso da IA generativa como apoio ao processo de ensino e aprendizagem, com ênfase no potencial dessas tecnologias para otimizar e personalizar o aprendizado. Apesar da expansão do tema, as pesquisas ainda privilegiam aspectos conceituais e implicações para o desenvolvimento educacional, sem consolidar uma aplicação prática consistente nas rotinas pedagógicas. Esses resultados indicam uma tendência crescente na busca por compreender o papel da IA na educação, mas também evidenciam a necessidade de mais estudos que explorem suas aplicações em contextos reais de sala de aula.

Palavras-chave: RSL; IA; educação; contextos; impactos.

INTRODUÇÃO

“Na verdade, do confronto entre IA e inteligência humana, origina-se um paradoxo: o que é difícil para o humano, a IA faz, o que é difícil para a IA, o humano faz.”

(Santaella, 2023, p. 18)

O uso de Inteligência Artificial (IA) no contexto educacional tem sido tema de debates entre profissionais da educação no chão da escola e de publicações técnico-científicas em periódicos. Essa temática, desde o surgimento do ChatGPT – IA generativa com aplicação na escrita de textos, descrição de imagens, tradução, resumo e outras atividades – no ano de 2023, está mais presente no âmbito escolar, seja como motivo de discórdia, seja como uma ferramenta didático-pedagógica promissora para o processo de ensino e aprendizagem. Ressalta-se, no entanto, que a IA já existia em períodos anteriores à década de 1950, passando por fases ora de ápice, ora de paralisação, porém sempre impactando as atividades ordinárias da vida em sociedade, simulando o intelecto de seres humanos na execução de tarefas e suscitando o temor da substituição do homem pela máquina (Santaella, 2023).

Desde seu nascimento em meados do século passado, a inteligência artificial é um campo de conhecimento que pertence ao feixe das ciências cognitivas, um conjunto de ciências distintas, mas que se unem no foco comum das pesquisas sobre as habilidades cognitivas capazes de elucidar os aspectos constitutivos da inteligência. Nos seus setenta anos de existência, a IA passou por momentos de euforia, seguidos por disforias que só se dissiparam há perto de duas décadas (Santaella, 2023, p. 8).

Pesquisas sobre a incorporação da IA na educação (Azambuja; Silva, 2024; Santaella, 2023) têm demonstrado desafios que essa tecnologia digital impõe à cultura escolar. Na área das ciências humanas, no caso da educação, a aplicação e discussão de IA, nesse âmbito, “[...] requer o entendimento de que as práticas sociais, suas relações com novos meios e mídias, é que moldam novas linguagens e novas relações” (Rodrigues; Rodrigues, 2023, p. 2). Esses desafios precisam ser enfrentados com estudo para, assim, lograr um uso ético e que potencialize as experiências de aprendizagem humana. Assim, este artigo se justifica por discutir os contextos de uso da IA na educação de modo geral e, em particular, na educação profissional e tecnológica (EPT), a partir de publicações em revistas Qualis A.

Rodrigues e Rodrigues (2023, p. 10) afirmam que “[...] somos seres qualitativos, com potencial crítico, intuição para novas tendências e senso comum, que é resultado de experiências socioculturais”. O estudo que eles realizaram aponta que a IA impacta nessas experiências, modificando-as de tal modo que a IA constitui “um campo que carece de regulamentações para usos em práticas sociais diversas” (Rodrigues; Rodrigues, 2023, p. 10). Essas autoras alertam que

[...] se não proporcionarmos ambientes críticos para o uso das tecnologias, perderemos a oportunidade de contribuir para avanços humanos na educação e na sociedade, assim, a reflexão sobre as potencialidades e os efeitos negativos devem ser contemplados com sobriedade (Rodrigues; Rodrigues, 2023, p. 6).

No Brasil, a Lei n.º 14.533/2023 alterou artigos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), dentre os quais o § 11 do Art. 26, que agora vigora com seguinte redação: “A educação digital, com foco no letramento digital e no ensino de computação, programação, robótica e outras competências digitais, será componente curricular do ensino fundamental e do ensino médio” (Brasil,

2023). Verifica-se, nesse parágrafo, uma preocupação com a formação em educação digital desde a base. Caso a lei se efetive, teremos cidadãos e cidadãs interagindo com as IAs presentes e as futuras atualizações delas de modo mais apropriado.

Também, em 7 de agosto de 2024, foi lançado o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA), com um investimento previsto de R\$ 23 bilhões para o período de 2024 a 2028, prometendo “[...] transformar o país em referência mundial em inovação e eficiência no uso da IA, especialmente no setor público” (Brasil, 2024). Esse PBIA menciona a educação, o trabalho, o meio ambiente, a sustentabilidade, a integridade da informação e a soberania nacional como prioridades. O PBIA defende, inclusive, uma IA para o bem de todos, de modo que a IA deva ser: centrada no ser humano e acessível a todos; orientada para a superação de desafios sociais, ambientais e econômicos; fundamentada no direito ao desenvolvimento e na soberania nacional; transparente e responsável; cooperativa globalmente em bases justas e mutuamente benéficas, rechaçando, assim, todo e qualquer mau uso da IA, uma vez que

[...] no contexto de linguagem, a IA pode, muitas vezes, indicar respostas tendenciosas, ao seguir padrões sem embasamento e referência científica, não atingindo o pensamento divergente. E é nesse entendimento que se convoca o cérebro humano e afirmamo-nos necessários, que tomamos como meta inacabada redescobrir e redirecionar o potencial humano para ações colaborativas de valorização cidadã, humanitária e tecnologicamente emancipadora (Rodrigues; Rodrigues, 2023, p. 10-11).

A redescoberta e o redirecionamento do potencial humano para a atuação em ações colaborativas, conforme Rodrigues e Rodrigues (2023), configuram uma demanda urgente de fomento de práticas

sociais dentro e fora da escola que coadunem em mudanças substantivas no *modus operandi* da sociedade contemporânea.

Sugestões de resposta para as oposições entre humano e máquinas podem ser encontradas no fato de que o humano pode experimentar muitos afetos, inclusive compaixão e piedade; máquinas não sentem nada. Elas funcionam dentro de limites estreitamente definidos, e quanto mais padronizados, mais esses limites se tornam rígidos. Os organismos, ao contrário, são mais abertos às potencialidades do acaso, das surpresas, das renovações e mesmo das mutações. A vida é experiência, o que significa improvisação, a vida é tentativa e busca em todos os respeitos (Santaella, 2023, p.12).

A partir dessa contextualização e problematização, este estudo objetiva compreender como as publicações em periódicos A1 e A2 têm abordado a presença da IA na educação, com vistas a responder à seguinte questão central de pesquisa: o que versam as pesquisas sobre a IA na educação publicadas em periódicos brasileiros Qualis Capes A1 e A2 da área de avaliação Educação, Comunicação e Informação? Para tanto, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com abordagem mista (Creswell; Clark, 2013). Essa abordagem permite combinar análises quantitativas e qualitativas dos dados que surgiram por meio de uma RSL (Campos; Caetano; Gomes, 2023). No contexto deste trabalho, deu-nos o respaldo necessário para encontrar respostas para a questão de pesquisa mediante uma combinação de dados que levou em consideração as duas abordagens.

FUNDAMENTAÇÃO

A IA na Educação: aplicação em contextos de ensino e aprendizagem

Para iniciar a discussão acerca da IA na educação, é necessário frisar que ela consiste em uma simulação, realizada por sistemas computacionais, de processos de inteligência humana, materializada por meio de diferentes linguagens. Essa ratificação é importante porque a inteligência humana dispõe de recursos linguísticos – como polissemia e ambiguidade – que não são absorvidos pela IA. Levy (2022, p. 23), comenta que “[...] as línguas naturais são ambíguas. Uma palavra pode ter vários significados, um significado pode ser expresso por diversas palavras, frases têm múltiplas interpretações possíveis, gramática é elástica etc.”. Essas características não são apropriadas pela IA. A referida simulação “[...] implica o desenvolvimento maquínico de habilidades tais como são, por exemplo, a aprendizagem, o conhecimento, a aquisição de informação e as regras para usá-la, o raciocínio utilizado para alcançar conclusões” (Santaella, 2023, p. 8), ou seja, aprendizado de máquinas.

O desconhecimento sobre o funcionamento e as aplicações da IA, tanto no campo da educação quanto na sociedade em geral, tem ocasionado desafios para o sistema educacional – desde o planejamento e a execução de aulas até a gestão escolar. Ela está presente em todos os contextos sociais. Desde o público infantil ao idoso tem contato (in)consciente com a IA.

As inovações tecnológicas têm sido fortemente impulsionadas sob a direção da lógica mercantil de valorização da acumulação capitalista. A contradição principal deriva da dificuldade de se garantir espaços de autonomia para a atuação de cidadãos, pesquisadores, profissionais da educação e estudantes de uma maneira geral, bem como dos próprios países nas definições de suas políticas tecnocientíficas e educacionais tendo em vista a proteção de sua soberania nacional (Machado, 2024, p. 18).

Azambuja e Silva (2024, p. 11) recordam que as universidades e os/as professores/as, bem antes do surgimento do ChatGPT, já travavam uma batalha acadêmica contra o plágio em virtude da facilidade de acesso às informações na web e a recursos informáticos. Além disso, também afirmam que “[...] não são raros os casos de plágios encontrados em trabalhos acadêmicos, tal a facilidade de encontrar textos, selecionar e simplesmente ‘colar’ no trabalho a ser entregue ao professor”. Essa prática acontece também no ensino fundamental e médio. É uma prática nula de envolvimento, esforço e criatividade intelectual, conforme asseguram Azambuja e Silva (2024), ressaltando que

[...] com ferramentas como o ChatGPT o problema permanece e se aprofunda, pois agora a ferramenta entrega textos que não estão prontos na Internet. A ferramenta oferece a sua própria versão sobre o assunto pesquisado com enorme poder de síntese, pois, em princípio, para formular suas respostas especula com trilhões de parâmetros pré-definidos conjuntamente com a vasta rede mundial de computadores. Aparentemente não faz distinção de língua e é possível gerar conteúdo a partir de fontes de várias línguas. O resultado, normalmente, são textos muito bem fundamentados e muito bem escritos que dão inveja a bons escritores e intelectuais (Azambuja; Silva, 2024, p. 11).

Machado (2024) defende que, em um contexto educacional mais específico da EPT, necessita-se, além de estimular a curiosidade

dos/as estudantes a respeito da IA, isso “[...] requer a educação do caráter e o preparo em fundamentos científicos, tecnológicos e culturais para que eles não sejam observadores passivos e indiferentes, saibam identificar imprecisões e falsificações” produzidas pela IA, também “[...] não padeçam de cegueira moral, da escravidão do espírito e da cumplicidade com plágios” (Machado, 2024, p. 19). Desse modo, a EPT, no Brasil, precisa debater o Plano Nacional Digital e o PBIA, buscando conhecer os “[...] princípios de integridade a serem adotados na gestão das suas instituições e, também, pelos seus Comitês de Ética, na formação de seus estudantes e nos seus projetos de pesquisa e extensão” (Machado, 2024, p. 6).

Cabe, assim, à educação de um modo geral e à EPT em particular provocar inquietações e debates, propiciar a formação de atitudes críticas, a consciência e a vontade de dirigir a produção e o uso dessa arma, a IA, em favor da solidariedade humana e na resolução das contradições sociais causadoras de todo tipo de violência e opressão. Inclusive para realizar a denúncia e o combate à hipocrisia dos que defendem o direito à liberdade abusiva de expressão com a finalidade de, na verdade, caluniar, inferiorizar e discriminar pessoas, produzir discursos de ódio e invocar regimes autoritários (Machado, 2024, p. 19).

Quanto ao que defende Machado (2024) sobre o uso pedagógico consciente da IA, Azambuja e Silva (2024, p. 7) asseveram que “[...] os sistemas de IA têm o potencial de democratizar o ensino, pois torna (sic) possível a disponibilização universal de cursos e conhecimentos, bem como de professores que antes estavam limitados” ao tempo-espaço escolar. E, “[...] nas sociedades mais avançadas economicamente, essa tecnologia permite contratar mais professores para atender às demandas mais personalizadas dos alunos, atuando como seus mentores ou instrutores pessoais” (Azambuja; Silva, 2024,

p. 7). Assim, isso é saber/escolher empregar os recursos da IA para o bem coletivo, usá-la com sabedoria, com ética.

Sabedoria compreendida como a capacidade humana de discernimento crítico e ético e de autoconhecimento considerando os propósitos e os valores da existência humana frente às condições de vida, aos costumes ou moralidade, à noção de bem e de mal, a contextos sociais e tempos históricos, os que seriam variáveis segundo as culturas e os de consenso geral independentemente delas. Ou seja, a ética entendida com o sentido de relação do ser humano consigo mesmo e com o mundo (Machado, 2024, p. 4).

A discussão realizada até aqui ilustra o potencial do uso da IA em contexto educacional, alertando sobre os riscos de práticas indesejadas. Contudo, “o *que pode a IA fazer?* Em certo sentido, tudo aquilo que é passível de ser transformado em conhecimento explícito pode ser utilizado pela IA para promover as mais diversas formas de processamento, inter-relação, análise e tomada de decisão” (Azambuja; Silva, 2024, p. 3). E, o que não pode a IA fazer? Sentir, improvisar, perceber e produzir as minúcias da linguagem humana natural.

É mister reforçar que a IA resulta “[...] de milhares de anos de desenvolvimento e aperfeiçoamento cultural e tecnocientífico humano. Ela é o resultado de milhares de forças produtivas, técnicas e intelectuais que a criaram e a desenvolvem a cada dia” (Azambuja; Silva, 2024, p. 3). Assim, para esses autores, com os quais concordamos, a dicotomia IA e inteligência humana (IH) é falsa, pois, em síntese, a IA é resultado da IH, impedindo-nos de pensar de modo criativo as infinitas “[...] possibilidades da articulação e interconexão que estas inteligências complexas nos permitem. Toda técnica, toda tecnologia constitui o mundo humano, sua cultura, sua economia, sua política e seu destino, seu passado e seu futuro” (Azambuja; Silva, 2024, p. 3).

Resta, com todo o desenvolvimento técnico-tecnológico da humanidade, o estabelecimento de equidade na divisão das riquezas materiais e imateriais entre os seres humanos. Também, o aniquilamento de qualquer forma de preconceito. Por mais que os recursos tecnológicos digitais avancem, os processos de ensino e aprendizagem em ambiente formal exigem a presença de educadores/as humanos/as com função redimensionada – e, seguramente, esses profissionais

[...] [desempenham] um papel vital no fomento do pensamento crítico, da criatividade, da compaixão e da colaboração entre os estudantes. Além disso, os professores atuarão como mediadores para esclarecer dúvidas, desafiar a complacência e oferecer conforto em momentos de frustração. Fundamentalmente, os educadores terão a oportunidade de desviar sua atenção das tarefas mais tediosas de transmissão de conhecimento para se concentrar no desenvolvimento da inteligência emocional, da criatividade, do caráter, dos valores e da resiliência dos alunos (Azambuja; Silva, 2024, p. 6-7).

Para o êxito da aplicação de IA no contexto educacional é vital, ainda, que os/as professores/as forneçam a “[...] direção e feedback aos professores virtuais, assegurando que as necessidades específicas de cada aluno sejam atendidas” (Azambuja; Silva, 2024, p. 6-7). A personalização do ensino por meio do uso de IA na nossa sociedade é um acontecimento possível, mas não praticado em virtude da falta de formação docente nessa perspectiva e, menos ainda, da ausência de políticas públicas nessa vertente educacional. Azambuja e Silva comentam que

[...] nesse cenário de transformação constante das tecnologias intelectuais e de atualização incomensurável dos saberes, os professores devem orientar seus alunos na utilização da IA para desenvolver principalmente suas competências de pensamento crítico e reflexivo a fim de orientá-los para uma compreensão e interpretação independente dos conteúdos

e saberes entregues pela IA. Eles devem auxiliar os alunos a questionarem os conteúdos gerados pelos sistemas de IA promovendo assim uma avaliação crítica da qualidade, confiabilidade e vieses. Os professores também devem fornecer orientação sobre como utilizar com eficácia e corretamente os sistemas de IA para investigar e recuperar informação e conhecimento mantendo sempre uma mentalidade crítica. Eles devem também incorporar os sistemas de IA nas suas salas de aula para a realização de trabalhos acadêmicos orientando os alunos a avaliarem e manipularem criticamente os conteúdos gerados pela IA e assim promover ter habilidades analíticas e de raciocínio (Azambuja; Silva, 2024, p. 12).

Nesse sentido, deve-se exercitar, sobretudo, a curiosidade, a solidariedade, o respeito e a ética. Azambuja e Silva (2024, p. 14, grifo dos autores) comentam que “[...] a grande questão ética e educacional da IA no fundo não se reduz àquilo que nós podemos fazer com a IA, mas também e principalmente *o que nós queremos e devemos fazer com a revolução da IA?*”. Ou seja, é a direção que, como civilização, os humanos querem dar a essa era da IA. “Como nós vamos educar professores e pesquisadores e como vamos formar as novas gerações de universitários nesse espírito de criatividade, proatividade, responsabilidade ética e moral no contexto da Era da Inteligência Artificial?” (Azambuja; Silva, 2024, p. 14). Acrescentam-se a essas interrogações: qual o posicionamento dos/as pesquisadores/as nesse contexto em que a IA se torna objeto de estudo? As respostas a esses questionamentos demandam mais pesquisas e experimentações pedagógicas – enfim, um enfrentamento sóbrio do que se tem feito e do que se pode e deve fazer pedagogicamente de agora em diante.

MÉTODO

Para o delineamento metodológico, esta investigação adota uma abordagem mista (Creswell; Clark, 2013), combinando análises quantitativas e qualitativas dos dados que surgiram por meio de uma RSL (Campos; Caetano; Gomes, 2023). Tomamos como essencial essa abordagem, uma vez que a RSL também proporciona o acesso a dados quantitativos sobre as publicações. No entanto, busca-se um direcionamento mais forte na abordagem qualitativa dos resultados obtidos na RSL, dada a natureza das questões de pesquisa que sustentam este estudo, a saber: 1) Quais tecnologias e técnicas de IA estão sendo empregadas no contexto da educação e para qual finalidade?; 2) Quais os principais resultados envolvendo a presença da IA no contexto escolar/acadêmico?; e 3) Quais são os impactos da IA na prática docente?

O levantamento de literatura foi realizado entre janeiro e fevereiro de 2025, com o objetivo de analisar como as publicações mais recentes – em periódicos A1 e A2 (versão on-line) das áreas de avaliação Comunicação e informação e Educação – têm abordado a presença da IA na educação. Para tanto, foi utilizada a Plataforma Sucupira e aplicados os filtros pelo evento de classificação periódicos do sistema Qualis Capes - Quadriênio 2017-2020. Na área denominada “Comunicação e informação”, foram localizados 276 registros de periódicos A1. Procedeu-se, portanto, à identificação daqueles cuja área mãe fosse educação, ou ensino, ou multidisciplinar. Desses registros, 14 periódicos foram selecionados, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Periódicos Qualis Capes A1 e área de avaliação “comunicação e informação”

Título do Periódico	Área Mãe
Educação & Sociedade	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ EDUCAÇÃO
Educação e Pesquisa	
Educação e Realidade	
Educação em Revista (UFMG - Online)	
Educação Temática Digital	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ EDUCAÇÃO/ MULTIDISCIPLINAR
Ensaio - Avaliação e Políticas Públicas em educação	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ EDUCAÇÃO
Holos	
Práxis Educativa	
Pró-Posições (Unicamp)	
Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos RBEP-INEP	
Revista Brasileira de Política E Administração Da Educação	
Revista Diálogo Educacional	
Revista Educação em Questão	
Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação	

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

Já na área de avaliação “Educação”, periódicos A1, foram localizados 509 registros. Após seleção, cinco atenderam aos critérios (Quadro 2). Ressaltamos que houve repetição de periódicos do primeiro filtro, ou seja, da área comunicação e informação.

Quadro 2 - Periódicos Qualis Capes A1 e área de avaliação "educação"

Título do Periódico	Área Mãe
Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas)	EDUCAÇÃO/EDUCAÇÃO
Ciência & Educação	
Educação (Porto Alegre)	
Pesquisa em Foco (UEMA)	EDUCAÇÃO/ENSINO
Revista Brasileira de Educação	EDUCAÇÃO/EDUCAÇÃO

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

Em relação ao levantamento de periódicos A2 na área de avaliação "Comunicação e informação", foram apresentados 289 registros. Desses, 23 atenderam ao critério de seleção (Quadro 3).

Quadro 3 - Periódicos Qualis Capes A2 - área de avaliação "comunicação e informação"

Título do Periódico	Área Mãe
Cadernos de Educação -UPEL(Online)	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO
Debates em Educação	
EaD em Foco - Revista de Educação a Distância	
Educação e Cultura Contemporânea (Online)	
Educação (Santa Maria. Online)	
Educação: Teoria e Prática	
Educação Unisinos (Online)	
Germinal: Marxismo e Educação em Debate	
Informação & Informação	

Interfaces da Educação	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ EDUCAÇÃO
Jornal de Políticas Educacionais	
Linhas Críticas (<i>Online</i>)	
Linhas (Florianópolis. <i>Online</i>)	
Revista Brasileira de Alfabetização	
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ ENSINO
Revista Cocar (<i>Online</i>)	COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO/ EDUCAÇÃO
Revista Educação Especial (<i>Online</i>)	
Revista Educação Pública da UFMT	
Revista em Aberto - Inep	
Revista Faeeba	
Revista Teias (UERJ. <i>Online</i>)	
Revista Thema	
Roteiro	

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

No que se refere aos periódicos A2 na área de avaliação “Educação”, foram apresentados 538 registros. A partir da seleção, 13 periódicos foram identificados em conformidade com o objeto em estudo (Quadro 4).

Quadro 4 - Periódicos Qualis Capes A2 e área de avaliação "educação"

Título do Periódico	Área Mãe
<i>Acta Scientiae</i> (ULBRA)	EDUCAÇÃO/ENSINO
<i>Acta Scientiarum. Education</i>	EDUCAÇÃO/EDUCAÇÃO
Caderno Pedagógico	EDUCAÇÃO/ENSINO
Cadernos de Educação -UFPEL	EDUCAÇÃO/EDUCAÇÃO
Conexões: Ciência e Tecnologia	EDUCAÇÃO/ENSINO
Educação em Perspectiva (<i>Online</i>)	EDUCAÇÃO/EDUCAÇÃO
Educação, Formação & Tecnologias	
Horizontes (EDUSF)	
Inter-Ação (UFG)	
RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação	EDUCAÇÃO/ENSINO
Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica	
Revista e-curriculum (PUCSP)	EDUCAÇÃO/EDUCAÇÃO
Revista Eletrônica de Educação (São Carlos)	

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

Selecionados os periódicos conforme critérios estabelecidos, procedeu-se à seleção dos artigos publicados nos respectivos periódicos. Quanto à primeira seleção, esta foi realizada mediante a aplicação dos descritores no sistema de busca dos periódicos, bem como pela aplicação dos filtros estabelecidos: i) artigos publicados nos últimos 3 anos; ii) artigos redigidos em língua portuguesa; e iii) artigos com acesso aberto. A primeira seleção resultou em um total de 56 artigos, sendo 22 (39,3%) deles publicados em periódicos Qualis Capes A1 e 34 (60,7%) publicados em periódicos Qualis Capes A2, conforme detalhado no Quadro 5.

A segunda etapa de seleção, que objetivou eleger os artigos que foram discutidos neste estudo (seleção final), teve como estratégia a leitura dos artigos na íntegra, ocasião em que foram analisados os seguintes aspectos: i) artigos que relatam investigações utilizando dados primários; e ii) artigos que tenham como tema a presença da inteligência artificial em contexto educacional. Seguindo esses critérios, foram selecionados 17 artigos para compor essa RSL. A síntese do procedimento de busca desses materiais está detalhada no Quadro 5.

Quadro 5 - Síntese de busca dos artigos nos periódicos selecionados

Classificação do periódico	Descritores	Primeira seleção (após aplicação dos descritores e critérios de seleção iniciais)	Seleção final (após leitura na íntegra)
A1 - Comunicação e Informação/ educação	<i>"inteligência artificial AND educação OR ensino OR aprendizagem"</i>	14 artigos	4 artigos
A1 - Comunicação e Informação/ multidisciplinar		4 artigos	1 artigo
A1 - Educação/ Educação		3 artigos	1 artigo
A1 - Educação/ Ensino		1 artigo	1 artigo
A2 - Comunicação e Informação/ Educação		11 artigos	4 artigos
A2 - Comunicação e informação/ Comunicação e informação		1 artigo	0 artigo
A2 - Educação/ Educação		21 artigos	5 artigos
A2 - Educação/ Ensino		1 artigo	1 artigo
Total		56 artigos	17 artigos

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

Superadas as fases de seleção dos periódicos, bem como dos artigos (*corpus* de estudo), procedeu-se, então, à fase de análise do

material selecionado. Nessa etapa, os artigos foram submetidos a uma análise de conteúdo com foco temático, baseada principalmente nas orientações de Bardin (2016), sintetizado por Campos (2004), iniciando pela etapa a) Pré-exploração do *corpus*, ocasião em que foram realizadas leituras iniciais do material, com o intuito de formar as primeiras impressões sobre os textos e entender suas ideias principais, sem ainda realizar uma organização sistemática. Posteriormente, identificaram-se os principais temas que surgiram da literatura analisada, denominada de b) Seleção das unidades de análise, levando-se em consideração as questões de pesquisa e o tema da RSL.

Optou-se por destacar do *corpus* de análise: metodologia aplicada, contexto de uso/aplicação da IA, resultados obtidos e impactos da IA na prática docente. Por fim, realizou-se a última fase c) Categorização e subcategorização, levando em consideração as dimensões do texto a serem analisadas, tendo como elemento guia as questões de investigação.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Desse modo, utilizando-se da análise de conteúdo (Bardin, 2016) realizada por meio da leitura na íntegra dos 17 artigos selecionados (Quadro 6), emergem os resultados dessa investigação.

Quadro 6 - Artigos selecionados para discussão

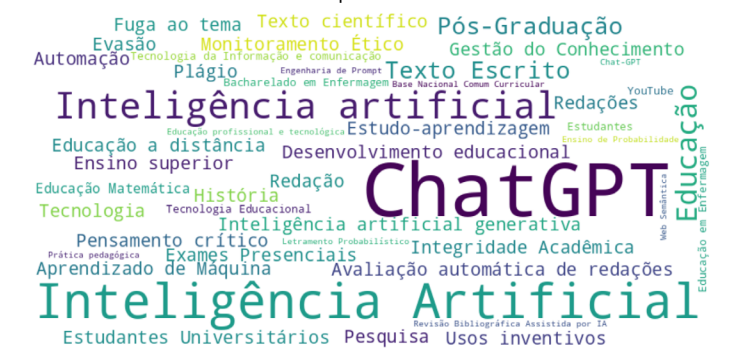
Nº	Título	Referência
01	Simbiose entre inteligência artificial e câmeras em avaliações educacionais	(Faria; Gomes; Abrahão Júnior, 2024)
02	Textos Gerados por Inteligência Artificial e suas Implicações no EaD	(Almeida, 2023)
03	Estudar e aprender com o ChatGPT	(Carvalho; Pimentel, 2023)
04	Aplicação de técnicas de inteligência artificial para classificação de fuga ao tema em redações	(Pinho; Gaspar; Sassi, 2024)
05	Identificação de deficiências em textos educacionais com a aplicação de processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina	(Pinho; Sassi; Gaspar, 2022)
06	Pode a inteligência artificial apoiar ações contra evasão escolar universitária?	(Bitencourt; Silva; Xavier, 2022)
07	História e Inteligência Artificial: uma análise sobre as percepções de discentes sobre a automação da pesquisa e do ensino em História.	(Silva, 2024)
08	Desafios e oportunidades para o uso do ChatGPT na pesquisa em educação matemática	(Barreira; Moura-Silva; Gonçalves, 2024)
09	A magia de escrever textos acadêmicos está ameaçada pela inteligência artificial?	(Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2023)
10	Tese de doutorado em educação escrita por inteligência artificial?	(Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2024)
11	O uso da inteligência artificial no processo formativo de acadêmicos de enfermagem	(Gonçalves; Araújo; Moreira; Soares; Sales; Silva; Freires; Cavalcante, 2024)
12	ChatGPT em apoio à aprendizagem: experiências de <i>YouTubers</i> brasileiros e na pós-graduação	(Ferreira; Ovigli; Santos, 2024)
13	A viabilidade do uso do ChatGPT como assistente de pesquisa	(Netto; Stefano; Pereira; Barreto; Lagarez Júnior; Castanõn, 2024)

14	Explorando a adoção da inteligência artificial no ensino: um estudo de caso no IFRJ	(Costa; Santos; Costa; Bouzada, 2024)
15	Inteligência artificial: contributos para a prática docente na educação profissional	(Costa; Ribeiro; Mossin, 2023)
16	Um estudo de caso sobre as explorações do ChatGPT no desenvolvimento do letramento probabilístico	(Giordano; Kistemann Junior; Souza, 2024)
17	ChatGPT, ChatGPT, me diga como educar meus alunos “com”, “para/ sobre” e “através de” você	(Lima; Sousa; Borges, 2024)

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

Para uma melhor compreensão dos temas envolvidos nos artigos selecionados, apresenta-se abaixo a nuvem de palavras gerada por meio das palavras-chave do artigo. Destacam-se as palavras ChatGPT e Inteligência Artificial, o que pode ser justificado pela recorrência de investigações utilizando o ChatGPT como objeto de estudo e, ainda, investigações que buscam uma compreensão geral sobre a Inteligência Artificial no campo da Educação sem determinar tecnologia específica.

Figura 1 - Nuvem de palavras relacionada às palavras-chave dos artigos que compõem a RSL



Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

A respeito de uma análise sobre os artigos (Quadro 6) numa perspectiva quantitativa – especialmente sobre questões recorrentes –, podem-se destacar alguns aspectos, como a predominância do ano de publicação, sendo que a maior parte deles foi publicada em 2024 (65%). Esses dados evidenciam uma tendência de alta nos últimos três anos, a saber: 2022 (12%), 2023 (24%) e 2024 (65%), revelando um aumento de publicações em periódicos A1 e A2 – das áreas de avaliação de Comunicação e Informação e Educação – que versam sobre a IA no contexto educacional. Isso posto, permite-nos considerar que a IA no contexto escolar/acadêmico vem se tornando objeto de pesquisa de grande interesse no campo da Educação.

Quanto às tecnologias e técnicas de IA mencionadas nos artigos selecionados, destaca-se, nesse sentido, o ChatGPT como objeto de estudo em 53% dos artigos. Em menor grau (6%), são objetos de estudo a IA Bard e a plataforma educacional Geekie One, que aplica IA em seus processos. Os dados também evidenciam um interesse em compreender a percepção de estudantes e professores acerca da IA de forma geral, sem mencionar ou investigar uma tecnologia específica (24%).

Com relação à estratégia investigativa, o Quadro 7 apresenta uma diversidade de métodos e procedimentos utilizados, sendo mais recorrente a aplicação de questionários e entrevistas para coletar impressões/percepções de estudantes e/ou professores quanto ao uso da IA na educação (41% dos artigos). Outra situação que emerge dessa RSL diz respeito à aplicação de questionário/entrevistas com o ChatGPT – tomando essa IA como sujeito de pesquisa (18% dos trabalhos analisados). Também é aplicado estudo de caso (18%) utilizando a IA, bem como Análise de Conteúdo utilizando IA/técnicas de IA (18%) e, em menor grau, Análise de Conteúdo sobre relatos de uso da IA na educação (5%).

Quadro 7 - Metodologias e/ou procedimentos empregados nas investigações

Metodologia/Procedimento de Pesquisa	Artigo(s)
Aplicação de questionário ou entrevista para estudantes ou docentes	(Faria; Gomes; Abrahão Júnior, 2024), (Almeida, 2023), (Silva, 2024), (Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2023), (Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2024), (Gonçalves; Araújo; Moreira; Soares; Sales; Silva; Freires; Cavalcante, 2024), (Costa; Santos; Costa; Bouzada, 2024), (Costa; Ribeiro; Mossin, 2023)
Questionário/Entrevista com IA	(Barreira; Moura-Silva; Gonçalves, 2024), (Netto; Stefano; Pereira; Barreto; Lagarez Júnior; Castanôn, 2024), (Lima; Sousa; Borges, 2024)
Estudo de Caso	(Carvalho; Pimentel, 2023), (Giordano; Kistemann Junior; Souza, 2024)
Análise de Conteúdo utilizando IA/ Aplicação de técnicas de IA para análise de conteúdo.	(Pinho; Gaspar; Sassi, 2024), (Pinho; Sassi; Gaspar, 2022), (Bitencourt; Silva; Xavier, 2022).
Análise de Conteúdo sobre uso da IA na educação (análise de vídeos do Youtube)	(Ferreira; Ovigli; Santos, 2024)

Fonte: Elaborado pelos/as autores/as.

Quanto aos procedimentos metodológicos, observa-se uma tendência de aplicação de questionários e entrevistas para coletar impressões e percepções de estudantes e professores sobre a IA em contexto educacional. Destaca-se também a análise de conteúdo sobre resultados gerados pela própria inteligência artificial ou, ainda, estudo de caso envolvendo o uso dessas tecnologias. As seções seguintes apresentam respostas às questões de pesquisa desta investigação, contribuindo para uma melhor compreensão sobre cada aspecto que essa RSL buscou evidenciar.

Quais tecnologias e técnicas de IA estão sendo empregadas no contexto da educação e para qual finalidade?

Verifica-se um uso recorrente do ChatGPT como objeto de pesquisa das investigações relatadas nos artigos selecionados. Observa-se a análise dessa IA como instrumento para elaboração de textos acadêmicos (Almeida, 2023; Ferreira; Ovigli; Santos, 2024) para uso pedagógico/recurso didático (Carvalho; Pimentel, 2023), bem como para formação de professores (Silva, 2024). E, ainda, sendo utilizado para desenvolvimento de letramento probabilístico (Giordano; Kistemann Junior; Souza, 2024). Essa RSL também evidencia investigações que buscam identificar as percepções de estudantes e/ou professores quanto ao uso do ChatGPT em contexto escolar/acadêmico (Bitencourt; Silva; Xavier, 2022; Silva, 2024), incluindo a percepção de Docentes da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) (Costa *et al.*, 2024).

Em relação ao ChatGPT, destacam-se o uso dessa plataforma como instrumento para educação matemática (Barreira; Moura-Silva; Gonçalves, 2024) e “entrevista com o ChatGPT” como agente educativo (Lima; Sousa; Borges, 2024). Além disso, há um estudo que versa sobre o seu uso como agente de pesquisa (Netto *et al.*, 2024). Tais usos do ChatGPT nos chama a atenção para uma possível tendência investigativa: o uso de IA como objeto de estudo e análise da interação dessas ferramentas com o ser humano.

Para além dessa IA Generativa, alguns artigos buscaram compreender a percepção de estudantes e docentes sobre outras IAs, como o Bard (Almeida, 2023) e a plataforma educacional Geekie One como instrumento pedagógico (Costa; Ribeiro; Mossin, 2023). Outros trabalhos abordam a IA de uma forma mais genérica – sem especificar um instrumento/plataforma específica, focados em compreender a

percepção de estudantes e/ou professores quanto ao uso de IA em contextos educacionais (Faria; Gomes; Abrahão Júnior, 2024).

Desse modo, percebe-se a aplicação de técnicas de IA – como Processamento de Linguagem Natural e Aprendizado de Máquinas – tanto na produção de textos (Pinho; Gaspar; Sassi, 2024; Pinho; Sassi; Gaspar, 2022) quanto como instrumento de gestão pedagógica para combater a evasão escolar (Bitencourt; Silva; Xavier, 2022). Nesse contexto, também se compreende o uso da IA como instrumento de escrita acadêmica (Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2023, 2024), incluindo esse uso para a formação em enfermagem (Gonçalves *et al.*, 2024).

Quais os principais resultados envolvendo a presença da IA no contexto escolar/acadêmico?

Dada a diversidade de técnicas, contextos e métodos utilizados nas investigações selecionadas, há também uma multiplicidade de resultados que podemos destacar para cada contexto de aplicação da IA dentre os estudos selecionados. Ao analisar o uso de IA em processos de aplicação de avaliação, Faria, Gomes e Abrahão Júnior (2024) destacam a transparência, consentimento informado e proteção à privacidade como aspectos fundamentais para garantir o uso responsável dessas tecnologias. Uma investigação aponta como resultados a resistência e o desconhecimento sobre o uso da IA por professores, bem como a necessidade de formação continuada para desmistificar a IA e ampliar seu uso pedagógico (Costa *et al.*, 2024). Nessa mesma linha, um trabalho conclui que há a necessidade de capacitação docente para uso da IA (Costa; Ribeiro; Mossin, 2023).

Quanto ao uso do ChatGPT para elaboração de textos científicos, Almeida (2023) destaca a sua aceitação pelos estudantes e

evidencia um alto grau de satisfação e interesse no uso dessas tecnologias. O ChatGPT como instrumento de apoio à pesquisa em educação matemática é visto por Giordano, Kistemann Junior e Souza (2024) como uma IA que demonstra potencial para a promoção do letramento probabilístico, com ressalvas em relação à sua aplicação nessa área. Outra conclusão a respeito do uso do ChatGPT indica que, embora sua aplicação traga contribuições valiosas para os processos de ensino e aprendizagem, há limitações inerentes ao seu uso, exigindo um olhar crítico e reflexivo nesse contexto (Lima; Sousa; Borges, 2024).

Carvalho e Pimentel (2023) concluem que o uso do ChatGPT pelos estudantes é feito de maneira interativa, colaborativa e reflexiva, defendendo que essa IA pode ser integrada de maneira ética ao processo de aprendizagem, promovendo a autoria híbrida e incentivando práticas acadêmicas mais responsáveis. Barreira, Moura-Silva e Gonçalves (2024) consideram o ChatGPT como uma ferramenta promissora para pesquisadores e educadores, mas asseveram que seu uso deve ser consciente e crítico, além de ser preciso haver uma supervisão humana e integração com abordagens tradicionais. Ferreira, Ovigli e Santos (2024) apontam o ChatGPT como uma tecnologia útil no apoio à pesquisa acadêmica, mas chamam a atenção para a necessária consulta a fontes confiáveis. Na mesma esteira, um artigo conclui que o ChatGPT pode ser um recurso ágil e acessível para a obtenção de referências bibliográficas sobre determinado campo de pesquisa (Netto *et al.*, 2024).

Pinho, Gaspar e Sassi (2024) concluem que a inteligência artificial se destaca pela otimização do trabalho docente, permitindo a redução do tempo e dos custos no processo de avaliação de textos educativos. Além disso, também evidenciam o uso da IA como potencial instrumento para análise de dados e tomada de decisões na educação. Uma investigação destaca o uso da IA para melhor compreender a evasão escolar, uma vez que pode prever padrões de

comportamento e fatores de risco que podem contribuir significativamente para a retenção estudantil (Bitencourt; Silva; Xavier, 2022). Quanto ao uso de IA para a formação de professores em história, a investigação de Silva (2024) aponta para alguns cuidados em relação à intersecção entre História e Inteligência Artificial, considerando que essa relação ainda apresenta desafios e indicando a necessidade de aprofundamento das investigações sobre como essas áreas podem dialogar. Silva (2024) também destaca que o uso da IA na pesquisa histórica requer metodologias adaptadas que permitam a análise crítica dos dados gerados.

Um dos estudos apresenta conclusões que sugerem mais envolvimento das instituições educacionais no processo de aplicação da IA em contexto acadêmico. Os autores destacam que a maioria dos estudantes de graduação e pós-graduação desconhecia a IA para a produção de textos acadêmicos e que a principal via de acesso a essa informação foram redes sociais e os sites de oferta de serviços, em detrimento dos espaços institucionais de ensino (Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2023). Os mesmos autores, em estudo mais recente, apontam para a necessidade de definições institucionais sobre o uso de algoritmos na escrita acadêmica, considerando isso como um debate emergente sobre a autoria e responsabilidade do conhecimento produzido com auxílio da IA (Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2024). Um dos artigos aborda o uso da IA na formação em Enfermagem e aponta como resultado de sua investigação que a presença do professor como mediador do conhecimento continua sendo essencial, destacando a necessidade de um uso estratégico da IA para potencializar a aprendizagem sem comprometer a formação profissional (Gonçalves *et al.*, 2024).

Impactos da IA na prática docente

De modo geral, percebe-se nos artigos analisados que a incorporação da IA na educação pode trazer implicações para a prática docente. Embora muitos dos estudos sobre IA na educação tenham foco organizacional ou análise da própria IA como instrumento de aprendizagem, sem mencionar de forma direta resultados acerca de sua aplicação em sala de aula, a realidade é que essas inovações também reverberam no cotidiano dos/as educadores/as e em sua prática pedagógica. Faria, Gomes e Abrahão Júnior (2024) observam que a implementação da IA em processos de avaliação pode proporcionar aos/às docentes um ambiente mais transparente, otimizado e eficiente.

Observa-se também que a IA generativa para a escrita de texto tem demandado reflexões e preocupações pedagógicas para o trabalho docente, especialmente em relação à autoria e à originalidade das produções acadêmicas (Almeida, 2023). A IA, sobretudo com o uso de ferramentas como o ChatGPT, levanta questões éticas sobre o papel do/a estudante no processo de construção do conhecimento e da pesquisa (Carvalho; Pimentel, 2023), mas pode auxiliar professores/as a tornarem conteúdos complexos mais acessíveis aos/às estudantes (Ferreira; Ovigli; Santos, 2024). Com o aumento do uso de IA pelos/as alunos/as na otimização da produção textual, impõe-se aos/às educadores/as a adoção de postura mais vigilante e adaptativa, bem como a reavaliação das práticas de avaliação e o desenvolvimento de habilidades de pesquisa (Pinho; Gaspar; Sassi, 2024; Pinho; Sassi; Gaspar, 2022).

O impacto da IA sobre a prática docente também se reflete na forma como os professores podem usar essas ferramentas para ampliar suas próprias práticas de ensino e pesquisa (Silva, 2024; Barreira; Moura-Silva; Gonçalves, 2024; Lopes; Forgas; Cerdà-Navarro, 2023; 2024). O uso do ChatGPT pode impactar ações de

pesquisa dos docentes, enriquecendo revisões bibliográficas e análise de dados (Netto *et al.*, 2024).

Costa *et al.* (2024) sugerem que a incorporação dessas tecnologias como instrumento pedagógico, exigindo das instituições educacionais um olhar sobre a formação dos seus docentes. Além disso, um dos artigos aponta impactos da IA para professores da EPT ao citar a otimização do trabalho docente por meio do uso da IA (Costa; Ribeiro; Mossin, 2023). Contudo, a IA também gera desafios, como a preocupação com o desemprego tecnológico impulsionado pelo trabalho humano, podendo ser realizado por algoritmos (Silva, 2024). Isso levanta questões importantes sobre o futuro do trabalho docente, especialmente em áreas nas quais a IA pode substituir atividades rotineiras, demandando um reposicionamento das práticas pedagógicas. Para Giordano, Kistemann Junior e Souza (2024), a prática docente é impactada pela IA e sugerem que a incorporação da IA deve ser realizada de forma híbrida: o uso de IA associada ao ensino formal. Além disso, um dos artigos diz respeito à preocupação dos professores em elaborar *prompts* de qualidade para aumentar a acurácia da IA utilizada no processo educativo, indicando mudanças no planejamento do uso de IA pelos docentes (Lima; Sousa; Borges, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das pesquisas sobre a IA na educação, publicadas nos periódicos Qualis Capes A1 e A2, cujas áreas de avaliação sejam Educação, Comunicação e Informação, constata-se que essa temática está em “ebulição” no momento. Ressalta-se, no entanto, a carência de estudos sobre a aplicação de IA no contexto de sala de aula.

Os resultados da pesquisa demonstram um crescente interesse acadêmico em investigar a IA Generativa – especialmente, no

momento, o ChatGPT – no campo da Educação como ferramenta para a elaboração de textos acadêmicos, para o uso pedagógico em sala de aula e para a gestão de processos educacionais. Contudo, há também tendências investigativas de pesquisa sobre a interação entre IA e humanos, incluindo outras plataformas de IA, como o Bard e Geckie One. Essas tendências evidenciam um caminho de aproximação a essas tecnologias digitais e corroboram a necessidade de atenção aos pontos de tensão desses usos, como discutem Santaella (2023) e Rodrigues e Rodrigues (2023), acerca da necessidade de um processo de ensino e aprendizagem crítico que valorize o humano.

Pelos relatos das pesquisas, percebe-se a diversidade de metodologias às quais a IA se adequa no contexto educacional, seja na pesquisa ou como recurso didático, mesmo com o número restrito de pesquisas aplicadas no *corpus* analisado. Sobre esse aspecto, Azambuja e Silva (2024) alertam para que as práticas pedagógicas sejam planejadas para potencializar o aprendizado de modo personalizado, crítico e com *prompts* apropriados que proporcionem respostas mais próximas ao almejado. Salienta-se, porém, que essas sejam sempre indagadas e verificadas para, então, serem usadas com segurança e transparência.

Os contextos de uso da IA na educação, pelo *corpus* analisado, encontram-se no âmbito mais genérico relacionado à gestão escolar, à pesquisa de percepção e ao ensino superior e técnico-tecnológico. Sinaliza-se aqui uma limitação do estudo realizado, pois os dados obtidos nos periódicos Qualis A1 e A2 apresentam a ausência de contextos específicos de aplicação de IA, seja na educação básica ou em diferentes áreas do conhecimento. Um aspecto que sobressalta nos dados é a necessidade de investimento em formação inicial e continuada de professores. Com já mencionado, há no Brasil pelo menos três legislações – LDB (Brasil, 1996), Política Nacional de Educação Digital (Brasil, 2023) e Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (Brasil, 2024) – que regimentam a educação digital desde o ensino básico, para tanto, é necessária uma formação condizente com essa

atuação. É em um momento de definição: o que fazer com a IA nas escolas, nas salas de aula e na formação docente? Essa definição precisa ser plena de sabedoria, em que prevaleça a ética para uma sociedade melhor (Machado, 2024).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. P. Textos gerados por inteligência artificial e suas implicações no EAD. **EaD em Foco**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. e2083, 2023. DOI: 10.18264/eadfv13i1.2083.

AZAMBUJA, C. C.; SILVA, G. F. Novos desafios para a educação na Era da Inteligência Artificial. **Filosofia Unisinos**, São Leopoldo, v. 25, n. 1, p. 1-16, 2024.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARREIRA, J. S.; MOURA-SILVA, M. G.; GONÇALVES, T. O. Desafios e oportunidades para o uso do ChatGPT na pesquisa em Educação Matemática. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, [s. l.], v. 19, n. esp. 2, p. e024084, 26 jul. 2024.

BITENCOURT, W. A.; SILVA, D. M.; XAVIER, G. D. C. Pode a inteligência artificial apoiar ações contra evasão escolar universitária? **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 116, p. 669-694, jul. 2022.

BRASIL. **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 15 fev. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 14.533, de 11 de janeiro de 2023**. Institui a Política Nacional de Educação Digital. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14533.htm. Acesso em: 15 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **IA para o bem de todos**: proposta de Plano Brasileiro de Inteligência Artificial 2024-2028. Brasília, DF: MCTI, 2024. Disponível em: <https://www.iaresponsavel.com.br/2024/07/30/brasil-lanca-pbia/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

CAMPOS, A. F. M.; CAETANO, L. M. D.; GOMES, V. M. L. R. Revisão sistemática de literatura em educação: características, estrutura e possibilidades às pesquisas qualitativas. **Linguagens, Educação e Sociedade**, [s. l.], v. 27, n. 54, p. 139-169, 2 jun. 2023.

CAMPOS, C. J. G. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, DF, v. 57, n. 5, p. 611-614, 2004.

CARVALHO, F.; PIMENTEL, M. Estudar e aprender com o ChatGPT. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, [s. l.], v. 20, 2023.

COSTA, M. A.; RIBEIRO, G. R.; MOSSIN, E. A. Inteligência artificial: contributos para a prática docente na educação profissional. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [s. l.], v. 17, p. e022018, 2023.

COSTA, R. S.; SANTOS, G. N.; COSTA, C. P. N.; BOUZADA, M. A. C. Explorando a adoção da inteligência artificial no ensino: um estudo de caso no IFRJ. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], v. 21, n. 13, p. e12638, 2024.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

FARIA, R. R.; GOMES, G. S.; ABRAHÃO JÚNIOR, O. Simbiose entre inteligência artificial e câmeras em avaliações educacionais. **Debates em Educação**, [s. l.], v. 16, n. 38, p. e16694, 2024.

FERREIRA, T. M.; OVIGLI, D. F. B.; SANTOS, W. J. C. dos. ChatGPT em apoio à aprendizagem: experiências de YouTubers brasileiros e na pós-graduação. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], v. 21, n. 9, p. e7905, 2024.

GIORDANO, C. C.; KISTEMANN JUNIOR, M. A.; SOUZA, F. dos S. Um estudo de caso sobre as explorações do ChatGPT no desenvolvimento do letramento probabilístico. **Horizontes**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. e023132, 2024.

GONÇALVES, J. S.; ARAÚJO, P. F.; MOREIRA, D. P.; SOARES, F. M.; SALES, D. S.; SILVA, A. Z.; FREIRES, A. V. A. F.; CAVALCANTE, M. G.

S. O uso da inteligência artificial no processo formativo de acadêmicos de enfermagem. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], v. 21, n. 7, p. e5593, 2024.

LÉVY, P. IEML: rumo a uma mudança de paradigma na Inteligência Artificial. **MATRIZES**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 11-34, 2022. DOI: 10.11606/issn.1982-8160.v16i1p11-34.

LIMA, M. R.; SOUSA, G. R.; BORGES, E. M. ChatGPT, ChatGPT, me diga como educar meus alunos “com”, “para/sobre” e “através de” você. **Revista Cocar**, [s. l.], v. 20, n. 38, 2024.

LOPES, C.; FORGAS, R. C.; CERDÀ-NAVARRO, A. A magia de escrever textos acadêmicos está ameaçada pela inteligência artificial? **Pesquisa em Foco**, [s. l.], v. 28, n. 2, 6 dez. 2023.

LOPES, C.; FORGAS, R. C.; CERDÀ-NAVARRO, A. Tese de doutorado em educação escrita por inteligência artificial? **Revista Brasileira de Educação**, [s. l.], v. 29, p. e290065, 29 jul. 2024.

MACHADO, L. R. S. Tecnoética, Inteligência Artificial e Educação Profissional e Tecnológica. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, [s. l.], v. 2, n. 24, p. e17712, 2024.

NETTO, M. O. P.; STEFANO, E.; PEREIRA, J. C.; BARRETO, J. C.; LAGAREZ JÚNIOR, M. L.; CASTANÔN, J. A. B. A viabilidade do uso do ChatGPT como assistente de pesquisa. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], v. 21, n. 13, p. e11474, 2024.

PINHO, C. M. D. A.; GASPAR, M. A.; SASSI, R. J. Aplicação de técnicas de inteligência artificial para classificação de fuga ao tema em redações. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 40, p. e39773, 2024.

PINHO, C. M. D. A.; SASSI, R. J.; GASPAR, M. A. Identificação de deficiências em textos educacionais com a aplicação de processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 350-372, 2022.

RODRIGUES, O. S.; RODRIGUES, K. S. A inteligência artificial na educação: os desafios do ChatGPT. **Texto Livre**, Belo Horizonte, v. 16, 2023.

SANTAELLA, L. A expansão artificial da inteligência humana. **Revista da UFMG**, Belo Horizonte, v. 30, 2024. DOI: 10.35699/2965-6931.2023.48125.

SILVA, A. L. História e Inteligência Artificial: uma análise sobre as percepções de discentes sobre a automação da pesquisa e do ensino em História. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 24, n. 83, 9 dez. 2024.

CAPÍTULO 2

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO:

TRAJETÓRIA, DESAFIOS E MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA

Elisângela Silva Dias¹

Maurício Rodrigues Lima²

-
- ¹ Doutora em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Professora associada no Instituto de Informática da UFG. E-mail: elisangelasd@ufg.br
 - ² Mestre em Ciência da Computação pela UFG e especialista em Tutoria em Educação à Distância pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). E-mail: mauricio.rodrigues@ufg.br

RESUMO

Este capítulo analisa criticamente a incorporação das tecnologias digitais e da Inteligência Artificial (IA) à educação, articulando uma revisão histórico-bibliográfica e relatos de professores do CEPAE/UFG. O percurso demonstra que inovações como o cinema educativo, a linguagem LOGO, o projeto Um Laptop por Criança e os MOOCs foram acompanhadas por ciclos de entusiasmo, adoção e acomodação, sem produzir a substituição da mediação docente. Em seguida, o texto reconstrói a evolução da IA educacional, dos sistemas tutoriais inteligentes e ambientes web adaptativos às aplicações contemporâneas de aprendizagem personalizada, avaliação automatizada, realidade virtual, robótica e gestão de campi inteligentes. Embora essas tecnologias possam ampliar o acesso, organizar informações e apoiar o ensino, sua adoção também envolve desigualdade digital, privacidade, vieses, integridade acadêmica e possível intensificação do trabalho docente. Os contrastes entre a vigilância tecnológica em escolas chinesas e a restrição de telas em instituições de Palo Alto reforçam que as escolhas tecnológicas não são neutras. Conclui-se que a contribuição educacional da IA depende de infraestrutura adequada, alfabetização crítica, governança ética e decisões pedagógicas humanas. Assim, a IA deve permanecer como ferramenta complementar, subordinada à formação integral, à autonomia intelectual e à responsabilidade de professores e gestores.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Educação. Relatos de experiência. Mediação docente.

INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais assumiram presença crescente na educação desde as últimas décadas do século XX, mas sua trajetória histórica está longe de configurar uma transformação linear ou homogênea. Em vez de uma sucessão contínua de rupturas, o que se observa é um movimento de incorporação gradual, marcado por ondas recorrentes de entusiasmo, reorganização institucional e posterior acomodação pedagógica. No campo da Inteligência Artificial (IA) na Educação, esse processo também se evidencia: as primeiras tentativas de replicar, por meio de software, processos mentais envolvidos na aprendizagem remontam aos anos 1980, inicialmente em aplicações ligadas ao ensino da aritmética, sem que isso tenha produzido, à época, uma substituição efetiva das práticas docentes ou uma superação das limitações pedagógicas já existentes (Tavares; Meira; Amaral, 2020). Mesmo quando novas arquiteturas técnicas passaram a ampliar as possibilidades de adaptação, personalização e interoperabilidade em ambientes educacionais digitais, a promessa de transformação educacional continuou dependente de condições pedagógicas, institucionais e humanas mais amplas do que a própria tecnologia poderia oferecer (Aroyo; Dicheva, 2004).

Essa constatação torna-se ainda mais evidente quando se observa que a história recente da IA na educação não se resume à automação de práticas já consolidadas, mas inclui disputas sobre o próprio papel que essas tecnologias devem desempenhar. Parte significativa da inteligência artificial na Educação tem sido desenhada para refletir ou automatizar pressupostos pedagógicos já existentes e, em alguns casos, até para reduzir o professor a uma função meramente operacional. Todavia, os autores sustentam que o potencial mais promissor dessas tecnologias está menos em substituir o docente e mais em abrir possibilidades de ensino e aprendizagem difíceis de alcançar por outros meios, bem como em apoiar os professores para que possam

atuar de maneira mais efetiva (Holmes; Bialik; Fadel, 2023). Nessa direção, a principal inflexão conceitual não é a passagem do humano para a máquina, mas sim o reposicionamento da tecnologia como infraestrutura de apoio, mediação e ampliação das condições de ensinar e aprender.

A pandemia de Covid-19 intensificou esse processo ao acelerar a adoção de recursos digitais em escala inédita e ao deslocar, em muitos contextos, atividades escolares para plataformas, ambientes virtuais e dispositivos conectados. Esse movimento ampliou a centralidade das tecnologias digitais na oferta educacional contemporânea, mas, ao mesmo tempo, tornou mais visíveis as fragilidades estruturais dos sistemas de ensino, especialmente no que se refere à desigualdade de acesso, à sobrecarga do trabalho docente e à dependência de soluções tecnológicas nem sempre articuladas a finalidades pedagógicas bem definidas. Sendo assim, a pandemia funcionou menos como ponto de origem de uma nova educação digital e mais como catalisador de tendências já em curso, revelando tanto as potencialidades quanto os limites da digitalização educacional (Tavares; Meira; Amaral, 2020; Unesco, 2021).

Entretanto, a ampliação do uso de tecnologias digitais não eliminou as clivagens históricas que atravessam os sistemas educacionais. Permanecem relevantes as desigualdades relativas ao acesso à internet, ao custo da conectividade, à qualidade dos dispositivos e às condições materiais de uso continuado desses recursos, inclusive em contextos nos quais a conectividade formalmente existe, mas se apresenta de forma precária ou intermitente (ITU, 2021). Em países de baixa e média renda, embora se observe crescimento do uso de aprendizagem móvel, leitores eletrônicos e outros recursos digitais capazes de ampliar oportunidades educacionais, a expansão tecnológica continua condicionada a infraestruturas desiguais e ecossistemas institucionais marcados por restrições de financiamento, formação e suporte técnico (Wagner,

2018). Assim, o acesso ao dispositivo ou à plataforma não equivale, por si só, à democratização efetiva da aprendizagem.

Além disso, a própria evolução dos ambientes digitais educacionais mostra que o aumento do volume de informação e de recursos disponíveis não conduz automaticamente a experiências mais ricas de ensino e aprendizagem. À medida que crescem os recursos, serviços e componentes educacionais disponíveis na Web, torna-se cada vez mais difícil para estudantes, autores e professores obter uma visão clara do que é relevante para suas necessidades, objetivos e contextos de uso. Daí a importância de estruturas de interoperabilidade, organização semântica e apoio à autoria, capazes de transformar dispersão informacional em apoio pedagógico inteligível e utilizável (Aroyo; Dicheva, 2004). Esse argumento é particularmente importante para a educação contemporânea, pois mostra que o problema não reside apenas em disponibilizar tecnologia, mas em construir mediações pedagógicas, informacionais e institucionais que tornem seu uso efetivamente significativo.

No caso específico da IA, essa exigência de mediação é ainda mais evidente. Embora a literatura recente (Holmes; Bialik; Fadel, 2023) identifique avanços em áreas como tutores inteligentes, aprendizagem adaptativa, monitoramento de fóruns, avaliação contínua, assistentes de ensino e ferramentas de apoio à pesquisa em ciências da aprendizagem, um dos benefícios mais plausíveis dessas aplicações concentra-se, no curto e médio prazo, em processos de melhoria das atividades educacionais existentes, e não em uma substituição plena do trabalho pedagógico humano. Em sentido convergente, uma das tendências mais consolidadas no campo é precisamente o uso da IA como suporte ao processo de ensino-aprendizagem e ao trabalho de professores e estudantes sem negligenciar dimensões humanas como ética, responsabilidade, flexibilidade, pensamento crítico, criatividade e gestão do conhecimento (Tavares; Meira; Amaral, 2020).

Desse modo, a oferta educacional atual depende, de fato, de quantidades substanciais de tecnologia digital, sobretudo em países de alta renda, onde o uso massivo de dispositivos, telas, plataformas e formações on-line passou a integrar a vida escolar de maneira ordinária. Ainda assim, a presença tecnológica não deve ser confundida com transformação pedagógica automática. A experiência acumulada nas últimas décadas sugere que tecnologias digitais podem ampliar o acesso, apoiar a personalização, organizar fluxos de informação e oferecer suporte a decisões pedagógicas, mas não substituem, em sentido forte, a mediação docente, o discernimento curricular e a construção social do conhecimento. Por isso, mais do que celebrar uma suposta revolução técnica, importa compreender como essas tecnologias se inserem em trajetórias históricas mais longas, nas quais continuam operando, predominantemente, como ferramentas de apoio ao trabalho educativo.

Os últimos 40 anos demonstraram que mesmo as inovações em tecnologia educacional mais amplamente implementadas apresentaram resultados mistos e inconsistentes. Essas tecnologias fizeram parte de uma lenta evolução que resultou em uma flexibilização de alguns aspectos da educação, como os horários e locais de acesso, enquanto muitas outras estruturas e interesses fundamentais permaneceram inalterados (Unesco, 2021). Deve-se reconhecer, entretanto, que as tecnologias digitais têm sido parte integrante da transição para formas cada vez mais padronizadas de avaliação educacional, métrica e comparação internacional da prática docente. A padronização tem sido essencial para a criação de relações competitivas na educação entre alunos, professores e países (Facer, 2012).

O ciclo de expectativas e o fascínio pela solução tecnológica

O fenômeno que presenciamos hoje com a Inteligência Artificial (IA guarda semelhanças profundas com ciclos anteriores de euforia tecnológica. A tecnologia educacional cresceu rapidamente, tornando-se uma indústria multibilionária, apoiada por amplo financiamento de capital de risco e atraindo o envolvimento de uma extensa rede de empresas e interesses comerciais de fora do setor educacional tradicional (Williamson; Hogan, 2020). Pode-se argumentar que as esperanças iniciais dos inovadores em tecnologia educacional, frequentemente aliadas às aspirações por práticas educacionais mais centradas no aluno, personalizadas e democráticas, raramente se concretizaram em larga escala. Em vez disso, foram muitas vezes cooptadas para impulsionar um crescente estreitamento do currículo e da prática, bem como a crescente influência corporativa sobre a oferta de educação pública (Facer, 2018).

Esse fascínio pela “solução” tecnológica não é novo. Em 1922, Thomas Edison afirmou que o cinema estava destinado a revolucionar o sistema escolar e que, em poucos anos, suplantaria em grande parte, senão inteiramente, o uso de livros didáticos (Edison, 1922). A história mostrou que o cinema se tornou um recurso valioso, mas jamais substituiu a base da relação pedagógica. A tese sobre os resultados mistos das tecnologias educacionais proposta aqui é claramente ilustrada por exemplos históricos que muitos ainda consideram casos de sucesso.

Por exemplo, a aclamada linguagem de programação LOGO, de Seymour Papert, descrita por seu criador como destinada a revolucionar a escola (Papert, 1994). Ao longo da década de 1980, a LOGO foi promovido como uma ferramenta para reimaginar as formas como as crianças poderiam aprender por meio do pensamento e da resolução de problemas. No entanto, essa tecnologia mostrou-se inadequada aos currículos escolares, com questionamentos surgindo

sobre suas alegações de estimular a aprendizagem e promover a inclusão (Ames, 2018; Emihovich; Miller, 1988; Pea, 1987).

Vinte anos depois, a audaciosa iniciativa “Um Laptop por Criança (OLPC)”, do MIT, supervisionou a distribuição de milhões de notebooks para comunidades de baixa renda na América do Sul e na África. Isso envolveu o desenvolvimento de um laptop pequeno e robusto e um software educacional projetado para uso por crianças em países de renda média e baixa. Aclamada na época como uma iniciativa que abriria o mundo para crianças nos países mais pobres, o impacto final do programa foi limitado por uma série de fatores, desde a falta de sensibilidade aos contextos locais até a dificuldade de manutenção dos dispositivos. Significativamente, apesar das promessas iniciais de aprendizado criativo e ativo, esses dispositivos, muitas vezes, acabaram sendo usados para o consumo passivo de conteúdo e jogos on-line (Ames, 2019).

Esse ciclo de expectativa, esperança e decepção continuou com a ascensão dos cursos on-line abertos e massivos (MOOCs) no início da década de 2010, que prometiam acesso democratizado ao ensino superior de alta qualidade. Embora tenham atraído um grande número de participantes iniciais, as taxas de conclusão logo passaram a ser relatadas como próximas de 5%, sendo os benefícios mais evidentes para aqueles com alto nível de escolaridade prévia (Rohs; Ganz, 2015). A natureza de transmissão do ensino também contribuiu para que essa onda inicial perdesse destaque.

Seria injusto, no entanto, julgar essas inovações apenas como fracassadas. Embora possam não ter atingido as expectativas iniciais de revolução sistêmica, todas essas tecnologias estão associadas a desenvolvimentos subsequentes. A LOGO levou ao Scratch e aos princípios de aprendizagem construtivista que sustentam as tecnologias Maker e o Minecraft. A iniciativa OLPC acelerou a adoção de notebooks de baixo custo e estabeleceu a tecnologia educacional como prioridade política em muitos países. Da mesma forma, os MOOCs

popularizaram a ideia de aprendizagem on-line nos setores universitário e corporativo por meio de plataformas como Coursera e edX. A lição principal é que a mudança na educação é um processo iterativo, inconsistente e raramente previsível.

IA na Educação: desafios e relatos da prática no CEPAE/UFG

Ao analisarmos a inteligência artificial sob a mesma lente das tecnologias anteriores, observamos que o desafio atual não reside apenas na ferramenta em si, mas sim na sua integração humana e ética. Conforme relatos de professores do Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação (CEPAE/UFG) colhidos em workshops sobre IA e Educação, o cenário é de profunda heterogeneidade. Há um espectro que varia desde professores que ainda não utilizam a ferramenta e enfrentam sérias dificuldades em decifrar a autoria dos trabalhos escolares até aqueles que já integraram a IA em sua rotina para propósitos diversos, como a elaboração de planos de ensino, criação de figuras e organização de slides.

A IA generativa, em particular, trouxe à tona uma preocupação latente sobre a integridade acadêmica. Muitos docentes sentem-se desafiados pela capacidade dos modelos de linguagem em emular a escrita humana, o que gera uma tensão constante na avaliação do processo de aprendizagem. Por outro lado, ferramentas como o MagicSchool, Gamma e Curipod têm sido citadas como aliadas na personalização de materiais didáticos e na automação de tarefas administrativas. Essa dualidade reforça a ideia da IA como uma ferramenta de apoio: ela pode aumentar a eficiência do docente, mas também exige uma nova forma de alfabetização digital para lidar com as chamadas alucinações da IA e com a manutenção do pensamento crítico.

É crucial destacar que a tecnologia pode apoiar os profissionais da educação, permitindo que os professores alcancem mais em menos tempo. A promessa aqui é de eficácia e eficiência, liberando o docente de tarefas repetitivas para que se concentre no ensino de alto nível. Na realidade, há evidências empíricas crescentes de que as tecnologias digitais tendem a aumentar e agravar a carga de trabalho dos professores. A extensão da jornada de trabalho para o que antes era considerado tempo de lazer e a intensificação da quantidade de trabalho exigida são impactos negativos reais (Pollock; Hauseman, 2018; Selwyn *et al.*, 2017). Processos aparentemente automatizados exigem, na verdade, um trabalho considerável nos bastidores para garantir o funcionamento dos sistemas e a produção de dados (Grant, 2017; Selwyn, 2020).

Evolução histórica da Inteligência Artificial na Educação

A trajetória da Inteligência Artificial na Educação (IAED) não se inicia com os modelos de linguagem contemporâneos, mas remonta à década de 1970, com o desenvolvimento dos Sistemas Tutoriais Inteligentes (ITS). Diferente dos softwares educativos tradicionais, esses sistemas buscavam oferecer um nível de instrução personalizada, emulando o comportamento de um tutor humano por meio de algoritmos que se adaptavam ao ritmo e às dificuldades específicas de cada estudante. Esse movimento foi possibilitado, em grande medida, pela disseminação dos microcomputadores e, posteriormente, dos computadores pessoais, que ampliaram o acesso às tecnologias computacionais e permitiram sua incorporação progressiva nos ambientes educacionais (Flamm, 1988; Campbell-Kelly *et al.*, 2018). Nesse contexto, surgem também os primeiros sistemas de instrução assistida por

computador (*Computer-Aided Instruction* – CAI), que representam um estágio inicial da aplicação da computação no ensino, ainda que com baixo nível de adaptatividade (Cairns; Malloch, 2017).

No decorrer das décadas de 1990 e 2000, o campo expandiu-se para incluir a lógica simbólica, os sistemas baseados em conhecimento e posteriormente os grafos de conhecimento, permitindo a modelagem de domínios complexos e a navegação em espaços conceituais estruturados. Paralelamente, o avanço da internet e das tecnologias de rede promoveu uma transição significativa: a IA na educação deixou de estar restrita a sistemas locais e passou a integrar ambientes web, possibilitando o desenvolvimento de sistemas educacionais inteligentes, adaptativos e distribuídos (Colak, 2010; Devedžić, 2004; Sagioglu; Peredo, 2011). Esse período também marca a consolidação dos ITS como ferramentas capazes de integrar modelos do aluno, do domínio e do ensino, viabilizando níveis mais sofisticados de personalização e *feedback* automatizado (Rus *et al.*, 2013). Em 2026, observa-se uma nova inflexão evolutiva, na qual a IA se dissocia do paradigma estritamente computacional e passa a ser incorporada em sistemas embarcados, robótica educacional e ambientes inteligentes, ampliando significativamente suas formas de interação no contexto educacional (Chassignol *et al.*, 2018; Timms, 2016).

Assistimos ao crescimento exponencial da oferta de cursos de IA no Brasil e no mundo, o que reflete uma urgência de alfabetização digital e de desenvolvimento de competências relacionadas à IA. Esse movimento ocorre em paralelo à intensificação da produção científica na área, especialmente a partir da década de 2010, quando técnicas como aprendizado de máquina, mineração de dados e aprendizado profundo passaram a ser amplamente aplicadas para personalização do ensino e análise de dados educacionais. Contudo, a transição da IA de nichos de pesquisa para o uso massivo em sala de aula trouxe à tona o debate sobre a Inteligência Artificial Estreita (ANI) versus a Inteligência Artificial Geral (AGI). Enquanto a primeira, que é a que

possuímos atualmente, é capaz de realizar tarefas específicas, como gerar textos, recomendar conteúdos ou analisar grandes volumes de dados educacionais, a segunda permanece um horizonte teórico que buscaria replicar a cognição humana em sua totalidade.

Essa distinção é importante para que educadores compreendam que a IA, apesar de sua aparência “inteligente”, é resultado de décadas de evolução tecnológica que combinam avanços em computação, algoritmos e modelagem de dados, operando predominantemente com base em padrões estatísticos, inferência probabilística e aprendizado a partir de dados (Coppin, 2004; Whitby, 2008). Desse modo, mesmo nos sistemas mais avançados, como tutores inteligentes contemporâneos e plataformas adaptativas, não há compreensão semântica genuína ou intencionalidade, mas sim a aplicação de modelos matemáticos capazes de simular comportamentos inteligentes em contextos específicos. Essa compreensão crítica torna-se fundamental para o uso pedagógico responsável da IA, especialmente diante de sua crescente presença nos processos de ensino, aprendizagem e gestão educacional (Sharma; Kawachi; Bozkurt, 2019; Pokrivcakova, 2019; Unesco, 2019).

Com o avanço recente das tecnologias de inteligência artificial, observa-se uma ampliação significativa das formas de aplicação da IA no contexto educacional, especialmente no que diz respeito à personalização do ensino, à automação de processos pedagógicos e à transformação dos ambientes de aprendizagem. Diferentemente das fases anteriores, centradas em sistemas tutoriais e ambientes web adaptativos, a IA contemporânea incorpora um ecossistema mais amplo, integrando tecnologias como reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural e análise de dados educacionais em larga escala, o que permite uma atuação mais abrangente nos processos de ensino e aprendizagem (Chassignol *et al.*, 2018; Roll; Wylie, 2016).

Nesse cenário, destaca-se o desenvolvimento de sistemas de aprendizagem adaptativa, que representam uma evolução direta dos

ITS ao incorporar técnicas modernas de mineração de dados e análise de comportamento do estudante. Esses sistemas são capazes de coletar dados contínuos sobre o desempenho e as interações dos alunos, identificar padrões de aprendizagem e, a partir disso, definir trajetórias personalizadas. Tal abordagem viabiliza um modelo de ensino centrado no estudante, no qual conteúdos, atividades e avaliações são dinamicamente ajustados às necessidades individuais, promovendo mais engajamento e eficiência no processo de aprendizagem (Colchester *et al.*, 2017; Cui; Xue; Thai, 2019; Van Der Vorst; Jelcic, 2019).

Paralelamente, a IA tem promovido uma transformação substancial nos processos de avaliação educacional. Tradicionalmente dependentes de atividades manuais e intensivas em tempo, como correção de provas e análise de desempenho, esses processos passam a ser automatizados por meio de técnicas como visão computacional, sistemas de pontuação automática e algoritmos de previsão de desempenho. Esses sistemas não apenas aumentam a eficiência operacional, mas também contribuem para maior consistência e objetividade na avaliação, reduzindo erros humanos e possibilitando análises mais detalhadas do progresso dos estudantes (Chen *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2018).

Outro aspecto relevante refere-se à transformação dos ambientes de aprendizagem por meio de tecnologias imersivas, como realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR). Esses ambientes possibilitam a criação de salas de aula virtuais e laboratórios simulados, nos quais conceitos abstratos podem ser visualizados de forma concreta e interativa. Essa abordagem favorece a aprendizagem experiencial, permitindo que estudantes interajam com conteúdos de maneira mais intuitiva e sensorial, ainda que traga desafios relacionados à sobrecarga cognitiva e à necessidade de adaptação pedagógica (Makrinsky; Terkildsen; Mayer, 2019; Wang *et al.*, 2018).

Adicionalmente, a incorporação da IA na gestão educacional tem impulsionado o conceito de campus inteligente, no qual diferentes tecnologias são integradas para otimizar processos

administrativos, segurança e serviços acadêmicos. Sistemas baseados em reconhecimento facial, análise comportamental e processamento de dados permitem não apenas automatizar tarefas operacionais, mas também apoiar a tomada de decisão em nível institucional, promovendo maior eficiência e melhor alocação de recursos (Dong *et al.*, 2020; Villegas-Ch *et al.*, 2019).

No que se refere à interação pedagógica, destaca-se ainda o uso de robôs tutores inteligentes, que ampliam as possibilidades de mediação no processo educativo. Equipados com capacidades de reconhecimento de fala, análise emocional e interação multimodal, esses sistemas podem atuar como assistentes educacionais, oferecendo suporte individualizado aos estudantes e estimulando o engajamento por meio de interações mais dinâmicas. Essa evolução representa uma mudança significativa em relação aos modelos tradicionais de ensino, ao introduzir novas formas de interação humano-máquina no contexto educacional (Belpaeme *et al.*, 2018; Hsieh *et al.*, 2020).

Apesar dos avanços, a adoção da IA na educação também evidencia desafios importantes, especialmente no que diz respeito à equidade, ética e privacidade de dados. A dependência de infraestrutura tecnológica e a origem majoritária dos algoritmos em países desenvolvidos podem acentuar desigualdades educacionais, enquanto a coleta massiva de dados levanta preocupações relacionadas à segurança e ao uso responsável das informações dos estudantes. Além disso, a necessidade de desenvolvimento de competências digitais por parte dos docentes e a adaptação dos estudantes a modelos de aprendizagem mais autônomos configuram elementos centrais para a efetiva integração da IA nos sistemas educacionais contemporâneos (Bodo *et al.*, 2017; Southgate, 2020; Yu, 2020).

Contrastes globais: os casos da China e de Palo Alto

A implementação da IA na educação apresenta disparidades geográficas e filosóficas profundas, exemplificadas pelos contextos da China e do Vale do Silício. Na China, observa-se uma das adoções mais massivas e intrusivas de IA no ambiente escolar. O uso de dispositivos vestíveis para monitoramento biométrico e rastreamento da atenção de estudantes em tempo real é uma realidade em algumas instituições, levantando questões severas sobre privacidade, proteção de dados e o impacto psicológico de uma vigilância constante (Southgate, 2020). Embora os defensores argumentem que tais sistemas otimizam o desempenho acadêmico, o risco de reforçar vieses e estereótipos por meio de algoritmos que não distinguem o certo do errado é uma preocupação ética central.

Em oposição direta a esse modelo de hipertecnologização, encontramos um movimento significativo em Palo Alto, na Califórnia (Ames, 2019). Ironicamente, na região que abriga as maiores empresas de tecnologia do mundo, cresce o número de filhos de executivos de tecnologia matriculados em escolas que restringem severamente o uso de dispositivos digitais e telas. Essas instituições priorizam a interação humana, o aprendizado manual e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais sem a mediação algorítmica. Essa tendência sugere uma percepção de que, enquanto a tecnologia é uma ferramenta de produtividade, a base da formação cognitiva humana floresce na ausência da distração digital e na presença do pensamento crítico e da criatividade humana.

Esses contrastes reforçam que a tecnologia não é neutra. A distribuição desigual de disponibilidade, custo e velocidade da internet, somada à falta de regulamentação global, cria um cenário em que algumas regiões são laboratórios de experimentação tecnológica,

enquanto outras buscam preservar a essência da relação pedagógica tradicional como um ativo de elite.

Tecnologia e sobrecarga: a realidade do trabalho docente

Uma das promessas mais sedutoras da IA é a de que ela atuará como um guia complementar ou *co-designer*, permitindo que os professores se concentrem no ensino de alto nível ao serem liberados de tarefas burocráticas. Na prática, porém, as evidências apontam para um aumento na carga de trabalho (Pollock; Hauseman, 2018). As tecnologias digitais frequentemente resultam em jornadas mais longas e na expansão de funções administrativas e não docentes. O trabalho de “curadoria” da IA exige que o professor verifique a acurácia de cada palavra e frase gerada, uma vez que os modelos podem produzir informações incorretas ou enviesadas.

Além disso, a implementação de sistemas de gestão orientados por dados exige um esforço constante de alimentação e interpretação por parte do docente (Grant, 2017). No contexto brasileiro, conforme discutido nos *workshops* promovidos por professores do Instituto de Informática da UFG no CEPAE/UFG, a introdução de ferramentas como o ChatGPT exige que o professor desenvolva uma “perícia de verificação” para assumir a responsabilidade total por imprecisões que possam passar despercebidas. Portanto, a IA não é uma solução de “clique único”, mas uma camada adicional de complexidade que exige novas competências e maior vigilância ética (Unesco, 2021).

Conclusão: a IA como ferramenta de apoio, não de substituição

Ao final deste percurso histórico e reflexivo, reafirma-se a tese de que a IA, tal como o cinema, o LOGO e os MOOCs em suas respectivas épocas, deve ser compreendida como uma ferramenta de apoio, e não como a solução mágica para os problemas da educação. A mudança e o aprimoramento educacional são processos iterativos, situados e historicamente condicionados, que dependem fundamentalmente do fator humano, isto é, da mediação pedagógica, do juízo ético, da sensibilidade contextual e da capacidade de interpretar criticamente finalidades educacionais que não podem ser reduzidas à eficiência operacional ou ao processamento algorítmico de dados (Chassignol *et al.*, 2018; Roll; Wylie, 2016; Unesco, 2021).

Essa compreensão torna-se ainda mais necessária diante de evidências empíricas recentes que apontam para uma reconfiguração – e não eliminação – do papel humano em contextos mediados por IA. Estudos em larga escala sobre mercado de trabalho indicam que a introdução de tecnologias baseadas em IA está associada ao aumento da demanda por habilidades cognitivas avançadas, como pensamento analítico, capacidade de resolução de problemas complexos e competências socioemocionais, em vez de sua substituição direta por sistemas automatizados (Mäkelä; Stephany, 2025). Tal fenômeno sugere que a IA atua predominantemente como tecnologia complementar, deslocando o foco do trabalho humano para dimensões menos estruturáveis e menos suscetíveis à formalização algorítmica.

Sob essa ótica, a educação não deve preparar estudantes e professores para competir com a IA em tarefas mecanizáveis, mas para operar criticamente com ela. A contribuição pedagógica da IA, portanto, não reside em substituir o professor, mas sim em ampliar sua capacidade de atuação, sobretudo no que se refere à personalização do ensino, ao monitoramento de trajetórias de aprendizagem e à

análise de grandes volumes de dados educacionais (Colchester *et al.*, 2017; Cui; Xue; Thai, 2019). Nesse sentido, sistemas adaptativos e plataformas inteligentes podem oferecer suporte relevante ao processo educacional, desde que permaneçam subordinados a decisões pedagógicas humanas e contextualizadas.

Essa distinção entre apoio e substituição também é sustentada por abordagens organizacionais contemporâneas. A partir de uma perspectiva baseada em capacidades dinâmicas, Siaw e Ali (2024) argumentam que a IA tende a substituir a inteligência humana em tarefas analíticas estruturadas, contudo opera de forma complementar em contextos que exigem interpretação, julgamento e adaptação a ambientes incertos. Em particular, a capacidade humana de ler contextos, identificar nuances e tomar decisões éticas permanece central em cenários complexos, nos quais a inteligência artificial atua como ferramenta de suporte, e não como agente autônomo de decisão.

Transposta para o campo educacional, essa distinção revela-se fundamental. A IA pode contribuir significativamente para automatizar tarefas operacionais, como correção de avaliações e organização de conteúdos, bem como para identificar padrões de desempenho por meio de técnicas de mineração de dados educacionais (Chen *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2018). No entanto, o processo educativo envolve dimensões que extrapolam a lógica algorítmica, incluindo a construção de sentido, a mediação simbólica, a interação social e a formação ética. Esses elementos permanecem intrinsecamente humanos e constituem o núcleo da prática pedagógica.

Adicionalmente, a incorporação da IA em ambientes educacionais tem ampliado possibilidades de interação por meio de tecnologias como realidade virtual, robótica educacional e sistemas inteligentes de tutoria, os quais podem enriquecer a experiência de aprendizagem sem, contudo, substituir o papel do educador (Belpaeme *et al.*, 2018; Makransky; Mayer, 2019). Tais tecnologias operam como extensões das capacidades humanas, permitindo novas formas de engajamento

e experimentação, mas ainda dependem de orientação pedagógica para que seus potenciais sejam efetivamente realizados.

Para que a IA contribua para o bem comum, sua adoção deve ser acompanhada por estruturas éticas robustas. A literatura recente enfatiza que a integração entre humanos e sistemas de IA só produz resultados socialmente desejáveis quando mediada por princípios de transparência, responsabilidade e justiça (Bodo *et al.*, 2017; Southgate, 2020). Nesse contexto, a Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial da Unesco fornece diretrizes fundamentais para garantir que o uso dessas tecnologias respeite direitos fundamentais e promova equidade educacional (Unesco, 2021).

Ademais, a noção de campus inteligente e a crescente digitalização das instituições educacionais evidenciam que a IA não atua apenas no nível pedagógico, mas também na gestão e na organização educacional, influenciando processos decisórios e a alocação de recursos (Dong *et al.*, 2020; Villegas-Ch *et al.*, 2019). Esse cenário reforça a necessidade de que educadores e gestores desenvolvam competências críticas para compreender e avaliar o funcionamento desses sistemas.

Desse modo, o empoderamento de estudantes e professores por meio da alfabetização em IA, do pensamento computacional e da formação crítica não constitui um elemento acessório, mas uma condição essencial para que a tecnologia permaneça subordinada a finalidades educacionais legítimas. Em um contexto no qual a IA redefine demandas cognitivas e profissionais, torna-se fundamental desenvolver capacidades humanas complementares, como autonomia intelectual, pensamento crítico e responsabilidade ética (Mäkelä; Stephany, 2025; Yu, 2020).

Em síntese, a discussão contemporânea aponta menos para um horizonte de substituição da inteligência humana e mais para uma reconfiguração das competências que a tornam indispensável. A IA pode automatizar tarefas, ampliar escalas e apoiar diagnósticos, mas continua dependendo de orientação humana para que seus resultados

sejam pedagogicamente significativos e socialmente aceitáveis. Quando compreendida como ferramenta, ela potencializa a educação; quando interpretada como substituta do humano, compromete seus próprios fundamentos. A questão central, portanto, não é se a IA pode ensinar, mas sim sob quais condições ela pode contribuir para processos educativos que permaneçam profundamente humanos.

REFERÊNCIAS

AMES, M. G. Hackers, computers, and cooperation: a critical history of Logo and constructionist learning. **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, [s. l.], v. 2, n. CSCW, p. 1-19, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3274287>. Acesso em: 19 jun. 2026.

AMES, M. G. **The charisma machine**: the life, death, and legacy of one laptop per child. Cambridge: MIT Press, 2019. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=v4y5DwAAQBAJ>. Acesso em: 19 jun. 2026.

BELPAEME, T.; KENNEDY, J.; RAMACHANDRAN, A.; SCASSELLATI, B.; TANAKA, F. Social robots for education: a review. **Science Robotics**, [s. l.], v. 3, n. 21, p. eaat5954, 2018. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.aat5954>. Acesso em: 19 jun. 2026.

BODO, B.; HELBERGER, N.; IRION, K.; ZUIDERVEEN BORGESIU, F.; MÖLLER, J.; VAN DE VELDE, B.; DE VREESE, C. H. Tackling the algorithmic control crisis: the technical, legal, and ethical challenges of research into algorithmic agents. **Yale Journal of Law & Technology**, [S. l.], v. 19, p. 133-180, 2017. Disponível em: <https://digitalcommons.law.yale.edu/yjolt/vol19/iss1/5>. Acesso em: 19 jun. 2026.

BUBB, S.; JONES, M.-A. Learning from the COVID-19 home-schooling experience: listening to pupils, parents/carers and teachers. **Improving Schools**, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 209-222, 2020. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1365480220958797>. Acesso em: 19 jun. 2026.

CAIRNS, L.; MALLOCH, M. Computers in education: the impact on schools and classrooms. In: CAIRNS, L.; MALLOCH, M. (ed.). **Life in schools and classrooms: past, present and future**. Singapore: Springer Singapore, 2017. p. 603-617. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-10-3654-5_36. Acesso em: 19 jun. 2026.

CAMPBELL-KELLY, M.; ASPRAY, W.; ENSMINGER, N.; YOST, J. R. **Computer: a history of the information machine**. 3. ed. London: Routledge, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781003263272>. Acesso em: 19 jun. 2026.

CHASSIGNOL, M.; KHOROSHAVIN, A.; KLIMOVA, A.; BILYATDINOVA, A. Artificial intelligence trends in education: a narrative overview. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 136, p. 16-24, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918315382>. Acesso em: 19 jun. 2026.

CHEN, J. *et al.* Building e-rater® scoring models using machine learning methods. **ETS Research Report Series**, [s. l.], v. 2016, n. 1, p. 1-12, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ets2.12094>. Acesso em: 19 jun. 2026.

COLCHESTER, K. *et al.* A survey of artificial intelligence techniques employed for adaptive educational systems within e-learning platforms. **Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 47-64, 2017. Disponível em: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/jaiscr-2017-0004>. Acesso em: 19 jun. 2026.

COPPIN, B. **Artificial intelligence illuminated**. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 2004. Disponível em: <http://ir.harambeeuniversity.edu.et/bitstream/handle/123456789/1513/Artificial%20Intelligence%20Illuminated%20%28%20PDFDrive.com%20%29.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

CUI, W.; XUE, Z.; THAI, K.-P. Performance comparison of an AI-based adaptive learning system in China. In: CHINESE AUTOMATION CONGRESS (CAC), 2019, Xi'an. **Proceedings** [...]. Piscataway: IEEE, 2018. p. 3170-3175. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8623327>. Acesso em: 19 jun. 2026.

DEVEDŽIĆ, V. Web intelligence and artificial intelligence in education. **Journal of Educational Technology & Society**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 29-39, 2004. Disponível em: [suspicious link removed]. Acesso em: 19 jun. 2026.

DONG, Z. Y. *et al.* Smart campus: definition, framework, technologies, and services. **IET Smart Cities**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 43-54, 2020. Disponível em: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/iet-smc.2019.0072>. Acesso em: 19 jun. 2026.

EMIHOVICH, C.; MILLER, G. E. Effects of Logo and CAI on black first graders' achievement, reflectivity, and self-esteem. **The Elementary School Journal**, [s. l.], v. 88, n. 5, p. 473-487, 1988. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/461551>. Acesso em: 19 jun. 2026.

EYNON, R.; MALMBERG, L.-E. Lifelong learning and the Internet: who benefits most from learning online? **British Journal of Educational Technology**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 569-583, 2021. Disponível em: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/bjet.13041>. Acesso em: 19 jun. 2026.

FACER, K. Governing education through the future. *In*: GROSVENOR, I.; RASMUSSEN, L. R. (ed.). **Making education: material school design and educational governance**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 197-210. Disponível em: https://research-information.bris.ac.uk/ws/files/145138828/Grosvenor_Governing_Ed_through_anticipation_chapter.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

FACER, K. **Futures in education: towards an ethical practice**. Paris: Unesco, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375749>. Acesso em: 19 jun. 2026.

FACER, K.; SELWYN, N. **Digital technology and the futures of education: towards 'non-stupid' optimism**. Paris: Unesco, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377071>. Acesso em: 19 jun. 2026.

FLAMM, K. **Creating the computer: government, industry, and high technology**. Washington, D.C.: Brookings Institution, 1988. Disponível em: <https://archive.org/details/creatingcomputer0000flam>. Acesso em: 19 jun. 2026.

GRANT, L. **Don't use professional judgement, use the actual number:** the production and performance of educational data practices in an English secondary school. 2017. Tese (Doutorado em Educação) – University of Bristol, Bristol, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lyndsay-Grant/publication/325847843_Don%27t_use_professional_judgement_use_the_actual_number_The_production_and_performance_of_educational_data_practices_in_an_English_secondary_school/links/5b28df20aca27209f314bb9f/Dont-use-professional-judgement-use-the-actual-number-The-production-and-performance-of-educational-data-practices-in-an-English-secondary-school.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

GRANT, L. Reconfiguring education through data: how data practices reconfigure teacher professionalism and curriculum. In: **New perspectives in critical data studies:** the ambivalences of data power. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 217-241. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-96180-0_10.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

HSIEH, Y.-Z. *et al.* ARCS-assisted teaching robots based on anticipatory computing and emotional big data for improving sustainable learning efficiency and motivation. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 14, p. 5605, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5605>. Acesso em: 19 jun. 2026.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Digital inclusion of all.** [S. l.]: ITU, 2021. Disponível em: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/digital-inclusion-of-all.aspx>. Acesso em: 19 jun. 2026.

LI, L. *et al.* Artificial intelligence test: a case study of intelligent vehicles. **Artificial Intelligence Review**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 441-465, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-018-9631-5>. Acesso em: 19 jun. 2026.

MAKRANSKY, G.; TERKILDSEN, T. S.; MAYER, R. E. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. **Learning and Instruction**, [s. l.], v. 60, p. 225-236, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475217303274>. Acesso em: 19 jun. 2026.

MÄKELÄ, E.; STEPHANY, F. **Complement or substitute?** How AI increases the demand for human skills. [S. l.: s. n.], 2025. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-8893293/latest.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

PAPERT, S. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/67463171/a-maquina-das-criancas>. Acesso em: 19 jun. 2026.

PEA, R. D. The aims of software criticism: reply to Professor Papert. **Educational Researcher**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 4-8, 1987. Disponível em: https://telearn.hal.science/hal-00190548/file/A42_Pea_87a.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

PEREDO, R. *et al.* Intelligent web-based education system for adaptive learning. **Expert Systems with Applications**, [S. l.], v. 38, n. 12, p. 14690-14702, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411007962>. Acesso em: 19 jun. 2026.

POKRIVČÁKOVÁ, S. Preparing teachers for the application of AI-powered technologies in foreign language education. **Journal of Language and Cultural Education**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 135-153, 2019. Disponível em: <https://sciendocom/pdf/10.2478/jolace-2019-0025>. Acesso em: 19 jun. 2026.

POLLOCK, K.; HAUSEMAN, D. C. The use of e-mail and principals' work: a double-edged sword. **Leadership and Policy in Schools**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 382-393, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15700763.2017.1398338>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ROHS, M.; GANZ, M. MOOCs and the claim of education for all: a disillusion by empirical data. **International Review of Research in Open and Distributed Learning**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 1-19, 2015. Disponível em: <https://www.erudit.org/en/journals/irrodl/2015-v16-n6-irrodl05030/1066287ar.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ROLL, I.; WYLIE, R. Evolution and revolution in artificial intelligence in education. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 582-599, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40593-016-0110-3.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

RUS, V. *et al.* Recent advances in conversational intelligent tutoring systems. **AI Magazine**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 42-54, 2013. Disponível em: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/2485/2378>. Acesso em: 19 jun. 2026.

SABZALIEVA, E.; VALENTINI, A. **ChatGPT e inteligência artificial na educação superior**: guia de início rápido. Paris: Unesco, 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146>. Acesso em: 31 mar. 2026.

SELWYN, N. How creative use of technology may have helped save schooling during the pandemic. **The Conversation**, [s. l.], 25 out. 2020. Disponível em: <https://theconversation.com/how-creative-use-of-technology-may-have-helped-save-schooling-during-the-pandemic-146488>. Acesso em: 19 jun. 2026.

SHARMA, R. C.; KAWACHI, P.; BOZKURT, A. The landscape of artificial intelligence in open, online and distance education: promises and concerns. **Asian Journal of Distance Education**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 1-2, 2019. Disponível em: <http://asianjde.com/ojs/index.php/AsianJDE/article/download/432/292>. Acesso em: 19 jun. 2026.

SIAW, C. A.; ALI, W. Substitution and complementarity between human and artificial intelligence: a dynamic capabilities view. **Journal of Managerial Psychology**, [s. l.], v. 40, n. 5, p. 539-554, 2025. Disponível em: <https://www.emerald.com/jmp/article-pdf/40/5/539/9960774/jmp-06-2024-0398en.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

SOUTHGATE, E. **Artificial intelligence, ethics, equity and higher education**. [S. l.]: National Centre for Student Equity in Higher Education, 2020. Disponível em: https://www.ncsehe.edu.au/app/uploads/2020/07/Southgate_AI-Equity-Higher-Education_FINAL.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

TEWATHIA, N.; KAMATH, A.; ILAVARASAN, P. V. Social inequalities, fundamental inequities, and recurring of the digital divide: insights from India. **Technology in Society**, [s. l.], v. 61, p. 101251, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X19304567>. Acesso em: 19 jun. 2026.

TIMMS, M. J. Letting artificial intelligence in education out of the box: educational cobots and smart classrooms. **International Journal of**

Artificial Intelligence in Education, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 701-712, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40593-016-0095-y.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **How can artificial intelligence enhance education?** [S. l.]: Unesco, 2019. Disponível em: <https://en.unesco.org/news/how-can-artificial-intelligence-enhance-education>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Global education monitoring report summary 2020: inclusion and education: all means all**. Paris: Unesco, 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373721>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Recomendação sobre a ética da inteligência artificial**. Paris: Unesco, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>. Acesso em: 19 jun. 2026.

VAN DER VORST, T.; JELICIC, N. Artificial Intelligence in Education: Can AI bring the full potential of personalized learning to education? *In*: EUROPEAN REGIONAL ITS CONFERENCE, 30., 2019, Helsinki. **Proceedings** [...]. Helsinki: [S. n.], 2019. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/205222/1/van-der-Vorst-Jelicic.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

VILLEGAS-CH, W. *et al.* Application of a big data framework for data monitoring on a smart campus. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, n. 20, p. 5552, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5552>. Acesso em: 19 jun. 2026.

WAGNER, D. A. Technology for education in low-income countries: Supporting the UN sustainable development goals. *In*: **ICT-supported innovations in small countries and developing regions: Perspectives and recommendations for international education**. [S. l.: s. n.], 2018. p. 51-74. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Wagner-39/publication/312021203_TECHNOLOGY_FOR_EDUCATION_IN_LOW-INCOME_COUNTRIES_Assisting_the_UN_Sustainable_Development_Goals/links/5869300808ae6b871b961e4/TECHNOLOGY-FOR-EDUCATION-IN-LOW-INCOME-

COUNTRIES-Assisting-the-UN-Sustainable-Development-Goals.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

WANG, P. *et al.* A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. 1204, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/6/1204>. Acesso em: 19 jun. 2026.

WELNER, K. **NEPC Review**: Public-private virtual-school partnerships and federal flexibility for schools during COVID-19. Colorado: National Education Policy Center, 2020. Disponível em: <https://nepc.colorado.edu/thinktank/coronavirus>. Acesso em: 19 jun. 2026.

WHITBY, B. **Artificial intelligence**. New York: The Rosen Publishing Group, 2008. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=p-t-BR&lr=&id=oBK6mi7xBLIC&oi=fnd&pg=PP1>. Acesso em: 19 jun. 2026.

WILLIAMSON, B.; HOGAN, A. **Commercialisation and privatisation in/of education in the context of Covid-19**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://eprints.qut.edu.au/216577/1/76301358.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

YU, P. K. The algorithmic divide and equality in the age of artificial intelligence. **Florida Law Review**, [s. l.], v. 72, p. 331-372, 2020. Disponível em: <https://scholarship.law.ufl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1593&context=flr>. Acesso em: 19 jun. 2026.

CAPÍTULO 3

DO “QUEM DIGITOU?” AO “QUEM APRENDEU?”:

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, FASCÍNIO E FORMAÇÃO CRÍTICA

Rogério Justino¹

1 Docente do IF Goiano. Diretor de Ensino Técnico da Pró-Reitoria de Ensino do IF Goiano. Graduado em História, Pedagogia, Artes Visuais e Informática. mestre em Educação pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e doutor em Educação pela Universidade de Brasília (UnB), tendo realizado parte de sua formação doutoral na Beijing Normal University, na China. E-mail: rogerio.justino@ifgoiano.edu.br.

RESUMO

Este trabalho analisa os impactos das inteligências artificiais generativas no contexto educacional, problematizando os efeitos de seu crescente uso sobre os processos de ensino, aprendizagem e produção do conhecimento. Parte da constatação de que ferramentas como ChatGPT, Gemini e outras têm transformado a relação entre estudantes, docentes e informação, despertando simultaneamente fascínio e preocupações quanto à autoria, à ética e à formação intelectual. Inicialmente, discute os elementos responsáveis pela sedução exercida por essas tecnologias, destacando a aparência de humanidade, a fluidez textual, a produção de imagens e a capacidade de gerar respostas rápidas e convincentes, fatores que favorecem a atribuição de credibilidade a conteúdos produzidos por modelos probabilísticos sujeitos a vieses culturais, sociais e epistemológicos. Em seguida, argumenta que o principal desafio educacional não consiste em proibir o uso da inteligência artificial, mas em desenvolver competências críticas que permitam interpretar, verificar e problematizar as informações geradas por esses sistemas. Defende que a escola deve assumir papel ativo na mediação pedagógica, transformando limitações, erros e vieses da IA em oportunidades de aprendizagem, preservando a centralidade da interpretação humana, da autoria e da reflexão ética. Como estratégias pedagógicas, propõe a pesquisa como princípio formativo, a valorização do processo de aprendizagem em detrimento da mera obtenção de respostas prontas e a incorporação da ética digital como dimensão constitutiva da formação escolar. Conclui-se que a inteligência artificial pode ampliar possibilidades educativas quando utilizada de forma crítica e intencional, sem substituir o protagonismo do estudante nem a mediação docente. Assim, desloca-se o foco do debate sobre quem produziu determinado texto para a questão fundamental de quem efetivamente aprendeu durante o

processo educativo, reafirmando a formação crítica como finalidade central da educação contemporânea.

Palavras-chave: inteligência artificial generativa; educação; formação crítica; ética digital; mediação pedagógica; aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Este capítulo nasce da transposição de uma palestra para o papel. A oralidade tem o poder da espontaneidade: fala-se com pausas, improvisos, piadas de ocasião e respostas ao público que interage em tempo real. No texto escrito, porém, buscamos outro ritmo. Aqui, a narrativa é mais linear, as metáforas são mantidas como recursos didáticos e o humor permanece pontual, sem perder de vista a seriedade da reflexão proposta.

Nos últimos anos, ministrei dezenas de palestras sobre Inteligência Artificial (IA) em diferentes espaços: salas de aula, auditórios universitários, encontros com docentes da rede federal, conversas com empresários e formações voltadas a estudantes do ensino médio, graduação e pós-graduação. Em todas essas ocasiões, percebi uma combinação de fascínio e temor. Fascínio porque as novas ferramentas impressionam pela rapidez com que produzem textos, imagens e respostas aparentemente sofisticadas. Temor porque, ao mesmo tempo, paira a sensação de que algo essencial da vida acadêmica e da prática docente pode estar sendo ameaçado.

A cada encontro, ficou mais claro para mim que discutir IA não é apenas falar de algoritmos ou tecnologias. É falar de educação, de concepções pedagógicas, de ética e, sobretudo, de humanidade. As máquinas de hoje não são apenas calculadoras silenciosas; elas conversam, escrevem, criam imagens, contam histórias – seduzem pela

fluidez com que se apresentam e, justamente por isso, exigem de nós, educadores, um olhar atento e crítico.

A inteligência artificial já não habita o domínio das promessas futuras: ela se tornou o ambiente em que produzimos, comunicamos e imaginamos. Entre suas múltiplas vertentes, as chamadas inteligências artificiais generativas inauguram um paradigma inédito. Diferente dos sistemas tradicionais, voltados à análise e classificação de dados, essas tecnologias são capazes de criar novos conteúdos – textos, imagens, sons e códigos – a partir de exemplos prévios e comandos humanos, por meio de linguagem natural. Nesse processo, a fronteira entre autoria e automatização se dissolve, e o ato de escrever, que outrora era expressão exclusiva da mente humana, passa a ser compartilhado com modelos algorítmicos que aprendem, simulam e inventam.

O crescimento das inteligências artificiais generativas não apenas redefine os limites tecnológicos, mas reconfigura a própria experiência humana de produzir sentido. Como observam Santos e Vieira (2023) no artigo “IAs generativas e seus dilemas ético-pedagógicos”, essas ferramentas transformam práticas de leitura, autoria e interpretação, instaurando zonas de ambiguidade entre o humano e o automatizado. A promessa de produtividade e criatividade ilimitadas vem acompanhada de questões epistemológicas profundas: se a máquina cria, o que significa, então, compreender, imaginar ou escrever? Esse questionamento atravessa não apenas as humanidades, mas a própria ética da inovação – um campo cada vez mais desafiado pelos efeitos culturais da automatização do pensamento.

A virada pública desse fenômeno ocorreu em 30 de novembro de 2022, quando a empresa norte-americana OpenAI lançou o ChatGPT como uma prévia experimental aberta ao público. Em poucas semanas, o sistema se tornou a aplicação digital de crescimento mais rápido da história, ultrapassando os cem milhões de usuários e inaugurando o que a revista *MIT Technology Review* chamou de “o ano da IA generativa”. Desde então, modelos como o Gemini,

o Claude e o Copilot passaram a compor o cotidiano acadêmico e profissional, redefinindo o horizonte cognitivo e comunicacional do século XXI. O impacto do ChatGPT não está apenas em suas funcionalidades, mas no modo como institucionalizou a experiência de conversar com uma máquina, transformando o diálogo em uma nova forma de interface com o conhecimento.

Diante desse novo cenário, compreender o papel das inteligências artificiais generativas não é apenas uma questão técnica, mas também pedagógica, ética e cultural. Mais do que medir ganhos de produtividade, trata-se de interrogar o sentido dessa convivência entre humanos e algoritmos: o que muda em nós quando o pensamento, a escrita e a conversa passam a ser mediados por sistemas capazes de responder, narrar e argumentar? É a partir dessas inquietações que se estrutura este capítulo, que não pretende oferecer respostas definitivas nem um roteiro prescritivo, mas sim partilhar reflexões construídas no diálogo com colegas e estudantes organizadas aqui em três eixos: O fascínio das inteligências artificiais; Implicações para a educação; Sugestões de estratégias possíveis.

A escolha por estruturar o texto em torno de provocações, e não de conclusões fechadas, tem um motivo simples: a inteligência artificial é um campo em movimento. O que hoje parece uma certeza, amanhã pode se transformar em dúvida; o que hoje nos assusta, amanhã pode ser ferramenta corriqueira. É nesse movimento que precisamos aprender a atuar.

Assim, este capítulo convida o leitor e a leitora a caminhar entre encantos e cuidados. Encantos, porque a IA pode ampliar possibilidades pedagógicas, favorecer a criatividade e apoiar processos de ensino-aprendizagem. Cuidados, porque seu uso acrítico pode reforçar preconceitos, induzir ao erro e fragilizar a autoria dos estudantes. Entre uma ponta e outra, está a tarefa que nos cabe: formar sujeitos capazes de pensar criticamente, mesmo em diálogo com máquinas sedutoras.

O FASCÍNIO DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS

Poucas expressões recentes despertaram tanto interesse quanto “Inteligência Artificial”. A força do termo não reside apenas no avanço técnico que ele sugere, mas, sobretudo, na carga simbólica que carrega. Chamar de “inteligente” aquilo que é fruto de cálculos estatísticos e algoritmos de probabilidade é, em grande medida, uma jogada de marketing. No entanto, essa escolha lexical foi decisiva para que o público em geral se aproximasse da tecnologia como se estivesse diante de algo quase humano.

A história recente da tecnologia nos mostra como nomes moldam percepções. Assim como o rótulo “gourmet” multiplicou seu alcance em cardápios e propagandas – de hambúrgueres a sacos de cimento –, o adjetivo “inteligente” se disseminou em eletrodomésticos, aplicativos e serviços. Televisores, cafeteiras e até aspiradores de pó se apresentam como “inteligentes”, quando na prática não passam de dispositivos programados para executar tarefas previamente definidas. Esse uso indiscriminado reforça a ideia de que estamos diante de algo sofisticado, dotado de autonomia e, em certo sentido, próximo de nós.

Esse processo de humanização da máquina não é novo. Há muito tempo atribuímos nomes a carros, bicicletas e até computadores pessoais, criando vínculos afetivos com objetos inanimados. Com a IA generativa, esse movimento se intensifica: além de receber nomes, ela conversa, responde com cordialidade e, muitas vezes, imita o estilo de fala do usuário. A naturalidade da interação cria a sensação de estar dialogando com alguém, e não com uma linha de código.

Esse é o primeiro elemento do fascínio: a ilusão de humanidade. Parafraseando Birch (2025), a verdadeira ameaça não é a consciência das máquinas, mas a tendência humana de projetar emoção e intencionalidade onde há apenas cálculo algorítmico. Desse modo, quando um sistema responde com um simples “bom dia” ou redige

um parágrafo com clareza, não estamos diante de um sujeito consciente, mas sim de uma máquina que opera sobre probabilidades linguísticas. Ainda assim, a forma como se apresenta cria a sensação de diálogo autêntico, como se fosse um parceiro capaz de construir narrativas, corrigir textos, sugerir argumentos e até mesmo produzir piadas. É nesse ponto que a inteligência artificial não apenas presta um serviço, mas seduz, justamente por sustentar a ilusão de humanidade que projetamos sobre ela.

Essa sedução não se manifesta apenas na aparência de humanidade, mas também na capacidade da linguagem artificial de produzir efeitos de sentido familiares e emocionalmente confortáveis. Conforme observa Tatiana Roque (2025), o grande risco da inteligência artificial está em confundirmos a fluidez estatística de suas respostas com indícios de pensamento humano, projetando autenticidade onde há apenas repetição e cálculo de probabilidades. É justamente nesse campo de ilusão linguística que a máquina conquista sua força: quanto mais natural e acessível o texto, mais o leitor tende a enxergar nele um gesto humano, uma intenção comunicativa. Essa falsa empatia, sustentada pela forma e pelo ritmo da linguagem, abre caminho para o segundo elemento do fascínio: a fluidez textual que reforça ainda mais a impressão de uma inteligência que se exprime.

O segundo elemento desse fascínio está na fluidez do texto. Pesquisadores da área de linguagem sabem o quanto é complexo construir frases bem estruturadas, respeitar normas gramaticais e manter a coerência ao longo de um discurso extenso. As inteligências artificiais generativas foram treinadas em conjuntos massivos de dados textuais, assimilando padrões linguísticos que as tornam capazes de elaborar composições com clareza, ritmo e coerência. Essa familiaridade estilística com o discurso humano provoca a sensação de que há pensamento no processo, quando, na realidade, trata-se da reprodução de regularidades estatísticas.

Pierre Lévy (1993) observa que todo novo regime técnico da linguagem redefine o próprio ato de pensar, na medida em que desloca os meios pelos quais a inteligência se expressa. Assim, o texto fluido produzido por uma IA não apenas imita a escrita humana, mas evidencia uma transformação simbólica: o cálculo automatizado se traveste de expressão criativa. Para o leitor comum, o resultado parece demonstração de inteligência; para o estudante, um atalho sedutor; e, para o professor, um desafio epistemológico que exige repensar o que significa escrever e compreender na era da simulação digital.

Esse fascínio ganha força também porque estamos acostumados a associar boa escrita à autoridade. Ao longo da história, a clareza textual foi vista como um signo de racionalidade e instrução. Um texto coeso, com vocabulário preciso e estrutura argumentativa sólida, confere evidência simbólica de competência intelectual. Por isso, quando um sistema de inteligência artificial produz respostas bem formadas, ele não apenas organiza ideias – ele reproduz um gesto cultural de erudição, acionando em nós o mesmo reflexo de confiança reservado à palavra do especialista humano.

Entretanto, essa aparência de autoridade não implica compromisso com a verdade nem responsabilidade epistêmica. Como observa Floridi (2013), a era da informação inaugura um paradoxo ético: quanto mais dados e discursos são gerados, maior se torna o risco de dissociação entre forma e veracidade, reduzindo o conhecimento a um produto de superfície. Assim, enquanto a IA calcula probabilidades para oferecer respostas plausíveis, falta-lhe a dimensão moral da informação – a preocupação com o que é verdadeiro e significativo. Nessa lacuna, reside um perigo contemporâneo: a estética da clareza substituindo o valor do texto.

O fascínio não se limita às palavras. Na geração de imagens, por exemplo, observamos como os algoritmos não apenas produzem retratos e cenários verossímeis, mas também incorporam vieses culturais. Em uma experiência pessoal, ao solicitar representações visuais

de mim mesmo para usar em sala de aula, recebi versões padronizadas: corpo esguio, olhos azuis, cabelos loiros². A insistência desses atributos, mesmo quando o comando explicitava o oposto, revela um viés embutido nos dados de treinamento. A IA não apenas criou as imagens; criou imagens filtradas por olhares que podem ser eurocêtricos, racistas, homofóbicos e orientados pelos padrões estéticos mais difundidos na rede.

Figura 1 – O Viés na geração de imagens



Fonte: Elaborada pelo autor com uso da plataforma Midjourney. Disponível em: <https://www.midjourney.com>. Acesso em: mar. 2023.

Esse fenômeno ilustra o princípio de que os sistemas generativos não raciocinam, mas calculam probabilidades com base em material previamente existente. Como analisa Crawford (2021), todo modelo de inteligência artificial é, antes de tudo, um espelho estatístico do mundo, reproduzindo as estruturas de poder e desigualdade das bases de dados em que foi formado. Assim, acreditar sem reflexão crítica nas respostas produzidas pela IA – sejam textos ou imagens – é ignorar que sua aparente imparcialidade mascara processos históricos, sociais, econômicos e políticos. A neutralidade que percebemos na superfície das

2 O prompt utilizado não seguiu critérios rigorosos, pois o objetivo era justamente observar o retorno com a aplicação mínima de filtros.

respostas é, portanto, uma ilusão derivada da escala e da sofisticação técnica, não oriunda da pretensa objetividade cognitiva.

A produção textual da inteligência artificial participa desse regime de construções hegemônicas. Não se trata apenas de organizar palavras de forma coerente, mas de replicar narrativas dominantes presentes nos dados com os quais foi treinada. Os padrões de linguagem, as hierarquias de sentido e até as escolhas lexicais são reflexos de contextos sociais históricos e socialmente marcados. Como explica Benjamin (2019), os algoritmos não apenas refletem o mundo existente – eles o reforçam, traduzindo sua lógica de exclusão em discurso aparentemente racional e objetivo. Essa dimensão simbólica da automação é o que transforma o texto em um instrumento ideológico sofisticado, capaz de persuadir justamente por parecer neutro.

A capacidade de fornecer respostas imediatas e convincentes, ao contrário de mecanismos de busca, que listam links para o usuário analisar, as inteligências artificiais generativas formulam respostas completas, já organizadas em parágrafos. Essa diferença é sutil, porém decisiva: não recebemos apenas informações brutas, mas uma narrativa pronta. Isso cria a sensação de autoridade, como se estivéssemos diante de um especialista. Ainda que a resposta esteja errada, o modo de apresentação transmite segurança e induz à crença.

No contexto educacional, o impacto é imediato. Estudantes acostumados a confiar em mecanismos de busca podem não perceber a diferença entre um texto referenciado e um texto criado a partir de padrões estatísticos. Para eles, se a resposta “faz sentido”, já é suficiente. Se está bem escrita, é mais convincente ainda. Desse modo, a fluidez linguística e a prontidão da resposta transformam a IA em uma espécie de “oráculo de Delfos da contemporaneidade”, capaz de fornecer explicações para qualquer dúvida, do dever de casa ao dilema existencial.

Esse fascínio é reforçado pela própria lógica das plataformas digitais. As ferramentas são projetadas para prender a atenção: oferecem respostas rápidas, ajustam-se ao estilo de linguagem do usuário

e, em alguns casos, até pedem desculpas por erros. Cada detalhe da interação é desenhado para criar proximidade e engajamento. É o mesmo princípio usado por redes sociais, que nos fazem deslizar infinitamente em busca da próxima atualização. Como discutem Daniel Z. Lieberman e Michael E. Long (2023) em *Geração Dopamina*, não é a satisfação que nos prende, mas sim a promessa da próxima recompensa – e é essa expectativa que ativa nosso circuito de motivação. Nir Eyal (2019), em *Hooked*, mostra como produtos digitais exploram esse ciclo de gatilho, ação e recompensa variável para criar hábito e dependência.

Já Nicholas Carr (2011), em *The Shallows*, alerta para o efeito colateral desse desenho: um cérebro moldado para recompensas rápidas, porém cada vez menos preparado para a concentração profunda. No caso da IA, a recompensa é cognitiva: a satisfação imediata de ter uma dúvida respondida, com a certeza implícita de que sempre haverá uma nova resposta esperando adiante.

Por isso, o fascínio não deve ser subestimado. Ignorar seu poder de atração é fechar os olhos para a experiência real dos estudantes, que inevitavelmente se encontram seduzidos pelas facilidades da tecnologia. Ao mesmo tempo, reconhecer essa sedução é o primeiro passo para construir estratégias pedagógicas que a problematizem. Não se trata de negar a IA ou de demonizá-la, mas de ensinar como funciona, quais são seus limites e por que nem sempre o que ela diz corresponde à verdade.

As IAs fascinam porque falam como nós, escrevem melhor que muitos de nós e apresentam imagens que correspondem – ou parecem corresponder – às nossas expectativas culturais. É máquina de cálculo, mas se apresenta como interlocutora. É estatística, mas se disfarça de razão. Esse duplo movimento, de encantamento e de disfarce, coloca-nos diante do desafio central deste capítulo: entender como a educação pode lidar com uma tecnologia tão atraente quanto enganosa.

IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO

Não basta proibir nem reproduzir mecanicamente o discurso do não “copiem” ou “não usem IA”. O desafio é ensinar a dialogar criticamente com sistemas que produzem respostas verossímeis, mas nem sempre verdadeiras. Isso significa mostrar que coerência não é sinônimo de conhecimento e que nenhum algoritmo substitui o processo interpretativo humano.

A prática pedagógica pode converter o erro da máquina em oportunidade de análise. Atividades que explorem contradições, falhas ou vieses presentes nas respostas automatizadas ajudam o aluno a compreender que a inteligência artificial opera por padrões e probabilidades, e não por entendimento. Nesses contextos, a escola deixa de competir com a velocidade da máquina e recupera o que ela não pode oferecer: interpretação, historicidade e ética.

O receio de muitos professores diante das inteligências artificiais generativas ecoa medos anteriores – os mesmos que acompanharam a chegada das calculadoras, dos computadores pessoais, do lápis tabuada, do Google e da Wikipédia. Cada uma dessas inovações, inicialmente tratada como ameaça ao pensamento crítico, revelou-se um ponto de inflexão para o aprimoramento das práticas educacionais. Freire (1996) já alertava que a tecnologia, em si, não desumaniza, o que define seu papel é o modo como a escola a incorpora em seu projeto político-pedagógico.

Para o autor, os instrumentos técnicos e culturais são extensões do ato de conhecer, devendo ser usados como mediações da curiosidade e da prática criadora, nunca como substitutos do processo educativo. Essa perspectiva foi reafirmada por Duque et al. (2023) no artigo “Educação Em Um Mundo Digital: Explorando A Filosofia De Paulo Freire Na Era Da Informação”, ao analisarem a presença das tecnologias digitais sob o prisma da pedagogia freiriana, afirmando que a tecnologia deve ser compreendida como um espaço de diálogo,

conscientização e emancipação, e não como um risco à humanização da aprendizagem.

Assim como o receio inicial diante da calculadora cedeu lugar às possibilidades nas aulas de Matemática, o medo da IA tende a se traduzir em novas competências docentes e discentes. José Moran (2024) argumenta que a inteligência artificial afeta o ecossistema educacional de forma plural: pode reforçar tanto as práticas autoritárias e conteudistas quanto as abordagens colaborativas e humanistas. Segundo ele, a diferença reside em como as escolas e os professores escolhem integrá-la – como aliada ou como ameaça. A IA, quando usada de modo equilibrado, pode amplificar a personalização do ensino e a aprendizagem criativa, promovendo uma educação mais integral e contextualizada.

Seymour Papert oferece uma chave histórica para compreender a integração das tecnologias à educação: a lógica construcionista. Desde os anos 1980, o matemático e educador afirmava que o computador não deveria ser apenas uma ferramenta de resposta, e sim um meio para que os alunos criassem, testassem hipóteses e errassem de maneira produtiva. Em *A máquina das crianças*, Papert (2008) defende que o potencial transformador da tecnologia se concretiza quando ela provoca o aluno a pensar sobre seu próprio pensar – uma proposição que antecipa o que hoje se espera da IA como ferramenta de reflexão, e não de reprodução.

Por sua vez, Pierre Lévy (1999) argumenta que a cibercultura inaugura uma nova relação com o saber, na qual o conhecimento deixa de ser linear e acumulativo e passa a ser colaborativo, emergente e fluido. O educador, nesse contexto, assume o papel de sujeito que fomenta a inteligência coletiva, responsável por favorecer encontros entre saberes humanos e tecnológicos em constante renovação. Quando se observa o impacto atual das IAs generativas, essa reflexão permanece válida: não é a ferramenta que ameaça o pensamento

crítico, mas a ausência de um projeto educativo que promova diálogo, autonomia e reflexão sobre o próprio processo de conhecer.

Quando o conhecimento emerge da interação entre pessoas e tecnologias, o espaço educativo se transforma em um ambiente de coautoria e experimentação contínua. Nesse cenário, a inteligência artificial pode tornar-se não apenas uma ferramenta de produção, mas um instrumento de mediação do aprender, favorecendo a construção coletiva do saber e o exercício crítico sobre seus próprios limites. O desafio contemporâneo, portanto, é traduzir essa visão de inteligência coletiva em práticas pedagógicas concretas, que fortaleçam a autoria dos estudantes e promovam a reflexão ética sobre o uso das tecnologias.

SUGESTÕES DE ESTRATÉGIAS POSSÍVEIS

Pesquisa como princípio formativo

A pesquisa como princípio formativo constitui um dos eixos centrais para a construção da educação em tempos de inteligências artificiais generativas. Pedro Demo (2006) defende que a pesquisa não deve ser entendida apenas como uma técnica ou metodologia, mas sim como uma atitude ética e epistemológica diante da realidade – um ato de conhecer que transforma tanto quem aprende quanto o próprio conhecimento. Para o autor, pesquisar é aprender a aprender, exercitar a autonomia intelectual, cultivar a curiosidade crítica e

desenvolver a capacidade de confrontar saberes prontos, superando a postura passiva de mero reprodutor de conteúdos.

Nesse sentido, a pesquisa assume um papel formativo porque ensina a construir argumentos, questionar evidências e elaborar sínteses próprias – dimensões indispensáveis em um tempo no qual a informação está amplamente disponível, mas a compreensão crítica permanece escassa. Assim, mais que um método acadêmico, a prática investigativa torna-se uma pedagogia do pensamento, na qual o estudante reconstrói constantemente o conhecimento e se reconhece como autor no processo educativo.

Além disso, a pesquisa como princípio formativo confere “imunidade” às atividades escolares diante das inteligências artificiais, ao colocar a investigação no centro da aprendizagem. A pesquisa não se restringe a ambientes virtuais ou a ferramentas digitais, pois também corresponde ao contato direto do estudante com o mundo real – um espaço onde a IA não pode atuar por si só. O estudante é chamado a agir sobre problemas concretos, a observar, a experimentar e a refletir criticamente sobre suas vivências e descobertas. E, por meio dessa ação reflexiva, ele pode recorrer às inteligências artificiais como instrumentos de apoio à investigação, usando-as para complementar, testar hipóteses, expandir conhecimentos e construir suas próprias ferramentas.

Dessa forma, as IAs deixam de ser fontes passivas e substitutivas e passam a ser integradas como parte de um processo dialético, no qual o aprendizado ocorre pela interação entre sujeito, mundo e máquina. Isso fortalece a autonomia e a autoria do estudante, pois o controle do conhecimento permanece em suas mãos, e a máquina assume sua função de ferramenta que amplia, mas não substitui, a capacidade investigativa humana.

Valorização do processo

A valorização do processo de aprendizagem precisa ser ensinada na escola. É papel do docente mostrar que o caminhar acadêmico é tão valioso quanto os resultados. Como lembra Charlot (2000), aprender implica sempre uma relação com o saber que transforma o sujeito – e essa relação precisa ser construída, cultivada e orientada pelo professor.

Quando a educação se limita a medir resultados imediatos, como notas de provas ou classificações em exames, perde-se de vista o caráter formativo do processo. Para Charlot (2000), o saber não é apenas um acúmulo de informações, mas um modo de se relacionar com o mundo, consigo mesmo e com os outros. Ensinar, portanto, é também ensinar a relação com o saber, a paciência do estudo, o valor da reescrita, da leitura cuidadosa e da produção de texto que, como uma academia para os músculos, fortalece o pensamento.

Nesse cenário, a busca por respostas rápidas oferecidas pelas inteligências artificiais perde o sentido quando o processo é valorizado. Sistemas educacionais que privilegiam apenas o produto final são facilmente burlados pela tecnologia; já aqueles que acompanham e dão importância ao percurso formativo não podem ser substituídos por máquinas. Afinal, se o que está em jogo é a transformação do sujeito no processo de aprender, a IA pode até ser uma parceira, mas nunca será a protagonista.

Formação crítica e ética digital

A integração da IA aos processos educativos demanda mais do que domínio técnico das ferramentas: exige uma formação crítica e ética. Como lembra Paulo Freire (1987), toda educação é um ato

político, e não se limita à transmissão de conteúdos prontos, mas implica ensinar a ler o mundo e a interpretar as relações sociais que o constituem. Aplicado ao contexto atual, isso significa compreender que a IA não é neutra: ela resulta de escolhas humanas, está sujeita a vieses e produz efeitos que ultrapassam a dimensão escolar.

Nessa perspectiva, cabe à escola assumir a tarefa de formar sujeitos capazes de refletir sobre os limites e as implicações sociais, culturais e ambientais do uso das tecnologias digitais. A ética digital deve ser incorporada como eixo formativo, abordando temas como autoria, privacidade de dados, vieses algorítmicos, manipulação da informação e impactos sociais da automação. Mais do que aprender a usar a IA para gerar textos ou resolver problemas, o estudante precisa desenvolver a consciência de que cada interação tecnológica carrega valores e consequências.

Assim, a escola se fortalece como espaço de resistência à lógica imediatista e instrumental, promovendo uma educação que não se reduz ao consumo de respostas prontas, mas que forma cidadãos capazes de decidir, de modo autônomo e responsável, como e por que utilizar essas ferramentas. Ao situar a IA como objeto de reflexão crítica e não apenas como recurso utilitário, o processo educativo amplia sua função social e reafirma a docência como espaço insubstituível de humanização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essas estratégias não eliminam o risco do uso acrítico da inteligência artificial, mas deslocam o foco da simples questão do “quem digitou?” para o “quem aprendeu?”. É importante reconhecer que muitos estudantes não utilizam a IA com intenções fraudulentas ou de

má-fé; eles são atraídos pela fluidez textual, pelo apelo da eficiência e pela promessa de respostas instantâneas que esses sistemas oferecem.

Nesse sentido, é válido refletir se a utilização da IA não é antes um sintoma do que uma causa dos desafios educacionais enfrentados. Em ambientes escolares nos quais predomina a pressa e a sobrecarga cognitiva, e onde o foco está majoritariamente nas respostas certas e na obtenção de notas, a sedução tecnológica torna-se quase irresistível. Portanto, quando a instituição educativa exige apenas respostas prontas e notas nas provas, a IA pode ser um meio conveniente para cumprir essas exigências.

Ignorar essa sedução tecnológica tem se revelado inútil, e demonizá-la torna-se um gesto ingênuo. O caminho pedagógico passa por reconhecer que essa sedução existe e, a partir dela, construir abordagens educativas que dialoguem com essa realidade. Nesse cenário, as ações docentes vão sendo colocadas em *check*, e o professor caminha para fugir da função de vigilante ou fiscal e apresentar-se como mediador sensível, educador que ajuda os estudantes a compreenderem que a IA pode apoiar, potencializar e enriquecer o pensar, mas jamais substituí-lo.

A mediação docente consiste em cultivar a reflexão crítica que permita ao estudante perceber os limites do conhecimento gerado pela máquina e a importância do seu próprio esforço interpretativo.

Em última instância, a educação na era da inteligência artificial precisa reafirmar sua centralidade na formação de sujeitos capazes de refletir, questionar e interpretar de maneira ativa e crítica, mesmo diante de máquinas que simulam realizar esses processos em seu lugar. A aprendizagem genuína ocorre quando o estudante se reconhece como protagonista do conhecimento, apropriando-se das tecnologias como instrumentos de apoio e parceiros reflexivos, mas sem abdicar de sua autonomia intelectual, ética e criativa.

REFERÊNCIAS

BENJAMIN, R. **Race after technology**: abolitionist tools for the new Jim Code. Cambridge: Polity Press, 2019.

BIRCH, J. Teu chatbot não te ama: a perigosa ilusão da inteligência artificial. Entrevista concedida a Maayan Arad. **Instituto Humanitas Unisinos – IHU Online**, São Leopoldo, 18 ago. 2025. Disponível em: <https://ihu.unisinos.br/categorias/655990-voce-chatbot-nao-te-ama-a-perigosa-ilusao-da-inteligencia-artificial-entrevista-com-jonathan-birch>. Acesso em: 25 out. 2025.

CARR, N. **A geração superficial**: o que a internet está fazendo com os nossos cérebros. Rio de Janeiro: Agir, 2011.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber**: elementos para uma teoria. Tradução de Bruno Magne. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

CRAWFORD, K. **Atlas of AI**: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence. New Haven: Yale University Press, 2021.

DEMO, P. **Pesquisa**: princípio científico e educativo. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

DUQUE, R. C. S. *et al.* Educação em um mundo digital: explorando a filosofia de Paulo Freire na era da informação. **IOSR Journal of Business and Management**, [s. l.], v. 25, n. 9, ser. 2, p. 45-60, set. 2023. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol25-issue9/Ser-2/G2509024560.pdf>. Acesso em: 25 out. 2025.

EYAL, N. **Hooked**: como construir produtos e serviços formadores de hábito. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

FLORIDI, L. **The ethics of information**. Oxford: Oxford University Press, 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LIEBERMAN, D. Z.; LONG, M. E. **Dopamina: a molécula do desejo**. Rio de Janeiro: Sextante, 2023.

MORAN, J. **O uso equilibrado da inteligência artificial na educação**. São Paulo: USP, 2024. Disponível em: https://moran.eca.usp.br/wp-content/uploads/2024/06/uso_IA_edu.pdf. Acesso em: 23 jun. 2026.

OPENAI. **Introducing ChatGPT**. São Francisco: OpenAI, 2022. Disponível em: <https://openai.com/index/chatgpt/>. Acesso em: 25 out. 2025.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

ROQUE, T. Tatiana Roque analisa os limites da inteligência artificial. **Academia Brasileira de Letras – Notícias**, Rio de Janeiro, 14 set. 2025. Disponível em: <https://www.academia.org.br/noticias/tatiana-roque-analisa-os-limites-da-inteligencia-artificial>. Acesso em: 25 out. 2025.

SANTOS, M.; VIEIRA, R. IAs generativas e seus dilemas ético-pedagógicos. **Revista GERMINAL**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 88-104, 2023.

CAPÍTULO 4

E QUANDO A RESPOSTA JÁ VEM PRONTA?

EDUCAÇÃO CRÍTICA E LETRAMENTO DIGITAL RESPONSÁVEL NA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Woska Pires da Costa¹

¹ Mestre em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal Goiano (IF Goiano). Doutorando em Ciências Médicas na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP). Possui graduação em Matemática e em Sistemas para Internet, além de especializações em Formação Pedagógica para a Educação Profissional, Científica e Tecnológica e em Tecnologia de Redes de Computadores. É servidor técnico-administrativo do IF Goiano, onde também atua como pesquisador multidisciplinar. E-mail: [voska.costa@ifgoiano.edu.br](mailto:woska.costa@ifgoiano.edu.br).

RESUMO

A Inteligência Artificial (IA) generativa tem promovido transformações significativas nos processos educacionais, exigindo uma análise crítica de sua integração e de seus efeitos sobre a produção do conhecimento. Este estudo analisa as implicações epistemológicas, pedagógicas e éticas da IA generativa na educação, com ênfase no letramento digital reflexivo e na engenharia de *prompts* como competência emergente. Este estudo, de natureza conceitual e crítica, aborda a personalização da aprendizagem, os níveis de integração dessa tecnologia emergente ao conhecimento pedagógico e disciplinar, bem como os desafios relacionados à confiabilidade, aos vieses algorítmicos, à privacidade de dados e à governança institucional. Argumenta-se que a centralidade do julgamento humano, da autonomia intelectual e da responsabilidade formativa é condição para uma integração educacional crítica desses sistemas, com implicações diretas para práticas pedagógicas, avaliação e governança institucional. Conclui-se, portanto, que a tecnologia não substitui o pensamento humano, mas reconfigura os modos de mediação, validação e construção do conhecimento em contextos educacionais.

Palavras-chave: inteligência artificial generativa; ética educacional; letramento em inteligência artificial; pensamento crítico; engenharia de *prompts*; integração pedagógica.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a educação tem sido profundamente atravessada por transformações sociotécnicas decorrentes da digitalização do conhecimento, da expansão das tecnologias de informação e comunicação e da consolidação de ecossistemas digitais de aprendizagem. Esse processo não se restringe à introdução de novas ferramentas tecnológicas, mas envolve reconfigurações estruturais nas formas de acesso, produção, circulação e validação do conhecimento, afetando currículos, práticas pedagógicas e os papéis tradicionalmente atribuídos a docentes e discentes (Bates *et al.*, 2020; Bozkurt *et al.*, 2021; Chen; Chen; Lin, 2020). Nesse contexto, consolidou-se a chamada Era da Informação, na qual a competência central passou a ser a capacidade de localizar, selecionar, avaliar e organizar informações em ambientes digitais complexos, exigindo níveis crescentes de letramento digital, informacional e, mais recentemente, de letramento em IA, especialmente no ensino superior e na pós-graduação (Huang; Cox; Cox, 2023; Yang *et al.*, 2025).

A partir de 2022, contudo, observa-se uma inflexão qualitativa nesse processo, com a disseminação acelerada de sistemas de Inteligência Artificial (IA) generativa² (Kasneci *et al.*, 2023; O’Dea, 2024) – particularmente os Large Language Models (LLMs)³, como ChatGPT, Gemini, Claude, Copilot, Perplexity, DeepSeek, Grok e

2 Categoria de sistemas de IA, também conhecida por GenAI, capazes de criar conteúdo a partir de padrões aprendidos com base em grandes volumes de dados, com o propósito de produzir respostas em vez de apenas recuperar informações existentes, baseada em uma interação de alto nível, na qual o modelo interpreta o contexto, adapta a saída e auxilia na construção do conteúdo com o usuário.

3 São modelos computacionais de aprendizado profundo que operam por meio da previsão probabilística de sequências de palavras, treinados com grandes volumes de dados textuais para aprender padrões linguísticos, semânticos e pragmáticos da linguagem natural, possibilitando a geração, a compreensão e a transformação de textos em diferentes contextos comunicativos.

outras. Diferentemente de tecnologias educacionais anteriores, esses sistemas não se limitam ao suporte instrumental ou à recuperação de informações previamente existentes, mas passam a gerar textos, argumentos, códigos e soluções complexas por meio de interações em linguagem natural, assumindo um papel ativo na mediação da produção cognitiva e discursiva (Dwivedi *et al.*, 2021; Kasneci *et al.*, 2023). Esse deslocamento tem sido caracterizado na literatura como uma inflexão de grande magnitude – por vezes descrita como ruptura paradigmática –, uma vez que altera profundamente as relações entre informação, conhecimento, autoria e aprendizagem em contextos educacionais (Essien *et al.*, 2024; O’Dea, 2024).

Essa transição da Era da Informação para a Era da Inteligência Artificial redefine os fundamentos epistemológicos⁴ da educação contemporânea. Assim, nesse novo cenário, a IA generativa passa a atuar como mediadora da atividade intelectual, tensionando concepções clássicas de autoria, compreensão e responsabilidade cognitiva. Ao contrário de ferramentas digitais que ampliam capacidades humanas previamente existentes, os LLMs intervêm diretamente na formulação de enunciados, na organização de argumentos e na aparência de coerência epistêmica dos textos produzidos, o que pode deslocar parte do esforço cognitivo das pessoas para o sistema algorítmico, especialmente em usos não mediados e orientados à substituição de etapas centrais do trabalho intelectual (Bearman; Ryan; Ajjaw, 2023; Cope; Kalantzis; Sears, 2021). Esse cenário reforça a necessidade de desenvolver competências humanas relacionadas à interpretação, validação e julgamento crítico dos conteúdos produzidos, especialmente diante da ausência de intencionalidade

4 Epistemologia é o ramo da filosofia que investiga a natureza, a origem, os limites e a validade do conhecimento, analisando como ele é produzido, justificado e legitimado, bem como os critérios que distinguem crenças, opiniões e saberes científicos.

e compreensão semântica⁵ dos sistemas de IA (Bender *et al.*, 2021; Thorp, 2023).

Essa característica introduz desafios epistemológicos inéditos para a educação, uma vez que a fluência linguística e a coerência superficial dos *outputs* gerados pela IA podem induzir estudantes e professores à aceitação acrítica de conteúdos epistemicamente frágeis ou factualmente incorretos (Ji *et al.*, 2023). A literatura tem descrito esse fenômeno como *hallucination*⁶, referindo-se à geração de informações falsas ou distorcidas apresentadas com elevada plausibilidade discursiva (Ji *et al.*, 2023; Lee *et al.*, 2025; Sun; Lin; Wu, 2025). No contexto educacional, o risco não reside apenas no erro factual em si, mas na dissociação entre plausibilidade textual e validade do conhecimento, o que exige o fortalecimento de práticas pedagógicas orientadas ao julgamento crítico e à validação humana das informações (Kasneci *et al.*, 2023).

No campo educacional, esse cenário apresenta várias oportunidades, mas também há riscos envolvidos (Kasneci *et al.*, 2023). Por um lado, estudos indicam que a IA generativa pode favorecer a personalização da aprendizagem⁷ (Peng; Li, 2025), o feedback formativo⁸ (Martínez-Comesaña *et al.*, 2023; Yaseen *et al.*, 2025), a tutoria

5 Compreensão semântica é a capacidade de atribuir significado aos enunciados com base na interpretação de conceitos, relações e intenções, indo além do reconhecimento de padrões formais ou estatísticos e envolvendo a compreensão do conteúdo e de suas implicações no mundo real.

6 Expressão que se refere à geração de respostas aparentemente plausíveis, porém factualmente incorretas ou sem relação com os dados utilizados no treinamento, ou seja, conteúdo “não fiel, sem conexão com os dados de origem”.

7 Adaptação intencional de conteúdos, atividades, ritmos e estratégias pedagógicas às características, necessidades e níveis de desempenho de cada estudante, com o objetivo de promover maior engajamento e efetividade do aprendizado.

8 Orientação contínua baseada em evidências de desempenho, destinada a apoiar o desenvolvimento progressivo de competências, em vez de apenas julgar resultados.

adaptativa⁹ e o apoio ao planejamento docente, ampliando estratégias pedagógicas e potencializando processos de ensino-aprendizagem (Bahroun *et al.*, 2023; Chiu, 2024^a, 2024b ; Farrelly e Baker, 2023; McDiarmid e Yin, 2025). Por outro lado, evidências empíricas¹⁰ indicam que o uso acrítico e não mediado da IA pode reduzir oportunidades de desenvolvimento do pensamento crítico, da escrita autoral e da compreensão conceitual profunda, especialmente quando a tecnologia substitui – em vez de ampliar – o esforço intelectual do estudante (Essien *et al.*, 2024; McDiarmid; Yin, 2025; O’Dea, 2024).

Diante disso, a literatura converge ao afirmar que os benefícios educacionais da IA não são automáticos nem inerentes à tecnologia, mas dependem fortemente de sua integração pedagógica crítica, intencional e contextualizada. Modelos teóricos de integração tecnológica, como o PICRAT¹¹ e o TPACK¹², têm sido mobilizados para reforçar que o valor educacional da IA decorre menos de sua sofisticação técnica e mais de sua articulação com objetivos de aprendizagem, metodologias e contextos pedagógicos específicos, e não somente como fim em si mesma (Brantley-Dias; Ertmer, 2013; Mishra *et al.*, 2025; Mishra; Koehler, 2006). Nessa perspectiva, a IA deve atuar

-
- 9 Modalidade de apoio pedagógico mediada por sistemas de IA que ajustam explicações, exemplos e intervenções com base no perfil, nas respostas e nas dificuldades do estudante, visando promover uma aprendizagem personalizada.
 - 10 Informação derivada de dados observáveis e analisados sistematicamente por meio de métodos científicos, utilizada para sustentar conclusões sobre fenômenos educacionais ou efeitos de intervenções pedagógicas.
 - 11 Modelo que auxilia docentes a analisar o papel da tecnologia no ensino, derivado da junção entre *Passive-Interactive-Creative* (grau de engajamento do estudante) e *Replace-Amplify-Transform* (impacto da tecnologia na prática pedagógica) (Kimmons *et al.*, 2022).
 - 12 Sigla para *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo), modelo que descreve a integração eficaz da tecnologia ao ensino por meio do equilíbrio entre os domínios pedagógico, tecnológico e de conteúdo.

como meio de desenvolvimento criativo, cocriação¹³ e transformação das práticas pedagógicas, preservando a centralidade do humano no processo educativo. Esses dois modelos teóricos serão melhor apresentados nas Seções 4 e 7 respectivamente.

Paralelamente, surge a necessidade de redefinir o conceito de letramento digital na Era da Inteligência Artificial. Se anteriormente esse letramento estava associado ao domínio de ferramentas e à avaliação de fontes informacionais, atualmente envolve a capacidade de dialogar criticamente com sistemas algorítmicos, compreender seus limites epistemológicos, reconhecer vieses e avaliar a confiabilidade, a adequação contextual e as implicações éticas de suas respostas (Cain, 2024; Federiakin *et al.*, 2024; Lee; Palmer, 2025). A engenharia de *prompts*¹⁴ configura-se como uma competência emergente do século XXI e um componente central do letramento em IA (AI literacy), ao mobilizar habilidades cognitivas e metacognitivas¹⁵ de ordem superior, como formulação de problemas, explicitação de critérios, monitoramento autorregulatório do raciocínio e avaliação crítica da validade, confiabilidade e adequação contextual dos *outputs*¹⁶ gerados pela IA (Federiakin *et al.*, 2024; Malfatti, 2025). A discussão desse construto será aprofundada na Seção 5.

-
- 13 Processo colaborativo de produção de conhecimento no qual estudantes, docentes e sistemas de IA interagem de forma intencional e mediada, contribuindo conjuntamente para a construção, a problematização e o aprimoramento de ideias, mantendo o julgamento crítico, a autoria intelectual e a responsabilidade ética sob controle humano.
 - 14 Prática de projetar e refinar instruções (*prompts*) para modelos de IA generativa, visando otimizar a precisão, a relevância e a utilidade das respostas geradas.
 - 15 Capacidade do indivíduo de monitorar, regular e avaliar conscientemente seus próprios processos de pensamento e aprendizagem, incluindo o planejamento de estratégias, a verificação da compreensão, a identificação de erros e a tomada de decisões para ajustar o raciocínio em interação com sistemas de IA.
 - 16 Termo em inglês para se referir aos resultados ou produtos gerados pelo sistema de IA, como textos, imagens, resumos ou análises, que devem ser avaliados criticamente quanto à qualidade, à precisão e à diversidade de perspectivas.

Apesar do crescimento exponencial da produção científica sobre IA e educação, persistem lacunas importantes na sistematização crítica integrada de seus impactos pedagógicos, epistemológicos e éticos. Muitas abordagens oscilam entre o entusiasmo tecnocêntrico e a rejeição normativa, sem articular de forma consistente fundamentos teóricos, modelos pedagógicos e princípios normativos, especialmente no que diz respeito à autoria, à integridade acadêmica e à formação de competências críticas (Cotton; Cotton; Shipway, 2024; Memarian; Doleck, 2024; Mishra *et al.*, 2025).

Diante desse cenário, este estudo de natureza conceitual-crítica tem como objetivo analisar os impactos da IA generativa na educação, discutindo suas implicações epistemológicas, pedagógicas e éticas, com ênfase no letramento digital reflexivo e na engenharia de *prompts* como competência emergente no contexto da interação humano-IA (Kasneci *et al.*, 2023; Chiu, 2024 a, 2025b). Parte-se do pressuposto de que a IA não substitui o pensamento humano, mas reconfigura as formas pelas quais o conhecimento é produzido, mediado e validado. Assim, espera-se contribuir para o aprofundamento do debate educacional contemporâneo, oferecendo subsídios teóricos que orientem práticas pedagógicas, políticas institucionais e processos formativos comprometidos com a centralidade do humano, a autoria intelectual e a responsabilidade social no uso da IA.

IA e Educação: panorama conceitual e epistemológico

A incorporação da IA nos contextos educacionais tem sido frequentemente descrita sob uma perspectiva instrumental, centrada em ganhos de eficiência, automação de tarefas e otimização dos processos de ensino e aprendizagem. Entretanto, essa abordagem

revela-se conceitualmente limitada, na medida em que obscurece o caráter sociotécnico da IA e seus impactos mais profundos sobre a natureza do conhecimento, da mediação pedagógica e das práticas epistêmicas no campo educacional (Cukurova; Luckin; Kent, 2020; Kalluri, 2020). Nesse sentido, a educação passa a lidar com novas formas de mediação cognitiva que tensionam pressupostos clássicos sobre autoria, compreensão e verdade.

A transição do foco pedagógico da Era da Informação para a Era da Inteligência Artificial (Mishra *et al.*, 2025), particularmente no que se refere à IA generativa, configura-se como uma inflexão paradigmática de grande magnitude nos processos educacionais tanto no ensino superior quanto na educação básica (O’Dea, 2024). O paradigma anterior se estruturava predominantemente em torno de competências relacionadas à busca e ao acesso à informação. Com o paradigma emergente, a centralidade se desloca para processos de cocriação humano-máquina e, de forma ainda mais crítica, para a validação, avaliação e contextualização dos conteúdos gerados (Mishra *et al.*, 2025). Trata-se de uma inflexão conceitual substantiva (Tabela 1).

Tabela 1 - Transformações nas práticas (Era da Informação vs. Era da Inteligência Artificial)

Dimensão	Era da Informação	Era da Inteligência Artificial
Papel do estudante	Consumidor e organizador de informações	Cocria, curador e validador de conhecimento mediado por IA
Papel do professor	Mediador do acesso à informação	Designer de experiências de aprendizagem e orientador epistêmico
Prática central	Buscar, selecionar e sintetizar informações	Cocriação humano-máquina e validação crítica dos <i>outputs</i>
Natureza do conhecimento	Conteúdo predominantemente estático	Conteúdo dinâmico, adaptativo e probabilístico

Critérios de qualidade	Autoridade da fonte e relevância temática	Coerência interna, validade conceitual, rastreabilidade e adequação contextual
Avaliação da informação	Avaliação de fontes e referências	Avaliação de processos, resultados e limitações algorítmicas
Competências cognitivas	Alfabetização informacional e pesquisa acadêmica	AI literacy, domínio da engenharia de <i>prompts</i> e pensamento crítico avançado
Dimensão metacognitiva	Planejamento e monitoramento da busca	Monitoramento do diálogo com a IA e autorregulação epistêmica
Autoria	Predominantemente individual	Autoria distribuída e negociada
Riscos educacionais	Plágio e superficialidade informacional	Dependência algorítmica, alucinações e opacidade dos modelos

Fonte: Elaborado pelo autor.

O paradigma da Era da Informação baseava-se em localizar, filtrar e organizar dados. Com o crescimento exponencial do conteúdo digital – que se tornou insuficiente e gerou sobrecarga informacional –, o foco da educação desloca-se do conteúdo para o pensamento, transferindo a condição de recepção passiva para a autoria ativa. Nessa perspectiva, a IA só poderá promover transformações educacionais relevantes se estiver associada à autonomia dos estudantes, ao letramento digital e a novas formas de participação no processo de aprendizagem (Zhao; Zhong, 2025).

Os LLMs, como principal expressão da IA generativa, operam com base em modelos probabilísticos de larga escala que produzem respostas linguisticamente coerentes, podendo apresentar elevada fluidez linguística, mas baixa densidade epistemológica e sem garantia de veracidade nem de aderência aos critérios normativos (Bearman; Ryan; Ajjawi 2023; Bender *et al.*, 2021; Chiu, 2024a ;

Essien *et al.*, 2024; Malfatti, 2025). Conforme argumentam Bender *et al.* (2021), tais sistemas operam sem intencionalidade, consciência ou compreensão do significado do que produzem, ainda que sejam capazes de gerar textos linguisticamente coerentes e persuasivos. Essa característica dá origem a um paradoxo relevante: enunciados elaborados sem entendimento conceitual podem ser reconhecidos como conhecimento válido, desde que sejam mediados por processos humanos de análise, interpretação e validação.

Do ponto de vista filosófico, essa condição desafia concepções tradicionais de conhecimento, fundamentadas na relação entre o sujeito pensante, com suas próprias experiências e capacidade de julgamento, e a racionalidade. A mediação algorítmica introduz uma camada opaca (frequentemente descrita como *black-box*¹⁷) entre o sujeito e o saber, na qual os critérios de produção e organização das respostas permanecem inacessíveis à maioria dos usuários (Franzoni, 2023; Hassija *et al.*, 2024). Essa opacidade compromete a transparência dos processos de produção do conhecimento e exige que a educação reforce práticas de explicitação de critérios, justificção racional e reflexão metacognitiva.

No campo educacional, a presença dessa “camada algorítmica” entre o sujeito e o conhecimento introduz desafios epistemológicos substantivos, uma vez que desloca critérios tradicionais de validação – como autoria identificável, intencionalidade cognitiva e responsabilidade intelectual – para sistemas automatizados que não possuem compreensão semântica nem compromisso normativo com a verdade (Bender *et al.*, 2021). Como consequência, emerge o risco de uma “ilusão de compreensão” (Chiu, 2024b), quando o conteúdo que

17 Metáfora utilizada para descrever sistemas de IA cujos processos internos de decisão e geração de respostas não são plenamente transparentes ou interpretáveis pelos usuários (caixa-preta), tornando opacos os critérios, os pesos e as inferências que conectam as entradas aos resultados produzidos.

aparenta ter rigor, na realidade, é frágil em profundidade conceitual, sem fundamentação ou até mesmo não representa a verdade. Esse fenômeno tem sido associado ao empobrecimento do engajamento cognitivo e à redução do esforço intelectual ativo, sobretudo quando os sistemas de IA passam a substituir processos de elaboração, análise e síntese que tradicionalmente constituem o núcleo da aprendizagem acadêmica (Çela; Fonkam; Potluri, 2024; Gerlich, 2025). Nesses casos, observa-se um deslocamento do foco da aprendizagem do processo para o produto, com potenciais impactos negativos no desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual.

Sob a perspectiva pedagógica, a IA também tensiona modelos consolidados de ensino ao introduzir novas formas de personalização e adaptação do conteúdo. Embora frequentemente apresentadas como soluções individualizadas e inclusivas, tais abordagens podem reforçar trajetórias de aprendizagem excessivamente previsíveis, baseadas em perfis algorítmicos construídos a partir de dados históricos, o que limita a exposição dos estudantes à diversidade cognitiva e ao desafio intelectual (Zhao; Zhong, 2025). Além disso, estudos empíricos indicam que o uso intensivo da IA não mediado pode reduzir o engajamento cognitivo e enfraquecer o desenvolvimento do pensamento crítico, sobretudo quando a tecnologia passa a substituir o esforço interpretativo do estudante (Essien *et al.*, 2024; McDiarmid; Yin, 2025). Tal dinâmica representa um deslocamento do aprender como processo reflexivo para o aprender como consumo de respostas, podendo degenerar a cognição humana, exigindo, assim, novos referenciais críticos para a avaliação da informação produzida em ambientes mediados por IA (Kasneci *et al.*, 2023).

Outro ponto central diz respeito à confiabilidade do conhecimento mediado por IA. O fenômeno das alucinações da IA explicita limites relevantes desses sistemas, que podem gerar afirmações falsas, referências inexistentes ou distorções conceituais apresentadas com elevada fluência discursiva (Ji *et al.*, 2023; Lee *et al.*, 2025; Sun; Lin;

Wu, 2025). Em termos filosóficos, tal fenômeno evidencia a dissociação entre veracidade e plausibilidade, reforçando a necessidade de critérios humanos de validação, corroborando a ideia de que a IA não produz conhecimento, mas sim proposições que demandam julgamento epistêmico externo.

A não-neutralidade da IA introduz implicações ético-epistemológicas relevantes. Os sistemas refletem vieses (ver Seção 5) históricos, culturais e linguísticos presentes nos dados de treinamento, o que pode reforçar as assimetrias de poder, silenciar conhecimentos marginalizados e promover a homogeneização do saber (Bender *et al.*, 2021; Fundi *et al.*, 2024). Pesquisadores têm evidenciado que sistemas de IA podem reproduzir vieses estruturais de gênero, cultura e poder (Fulgu; Capraro, 2024; Kaufman; Jarbo; Gonzalez, 2024; Lippens, 2024). Para contextos educacionais menos favorecidos, isso exige uma postura crítica que reconheça a IA como artefato limitado, social e historicamente situado, permeado por racionalidades e interesses hegemônicos, e não como uma fonte universal e objetiva de conhecimento.

Diante desses desafios, o papel central do ser humano na educação deixa de ser apenas pedagógico e passa a abranger também a produção e a validação do conhecimento. Conforme argumentam Mishra *et al.* (2025) e Memarian e Doleck (2024), a docência passa a exercer uma função hermenêutica¹⁸ ampliada, orientando a interpretação, a contextualização e o julgamento crítico do conhecimento mediado por IA. A aprendizagem, nesse cenário, deve ser compreendida como prática reflexiva, na qual o estudante permanece autor do sentido, e não mero destinatário de respostas automatizadas.

18 Conjunto de práticas voltadas à interpretação de textos, discursos ou informações, enfatizando a compreensão de significado, contexto e intenção, especialmente na mediação do conhecimento.

Um exemplo concreto desse enfoque é a atividade de validação reflexiva, na qual o estudante é instigado a questionar criticamente as afirmações geradas pelo sistema de IA, perguntando a si mesmo: “A IA disse que X. Será que é bem assim mesmo?”. Esse movimento pedagógico desloca o uso da tecnologia de uma lógica de consumo acrítico para uma lógica investigativa e argumentativa. O estudante – ou mesmo o docente – confirmará ou refutará as afirmações com base na literatura científica, o que implica não apenas evitar a reprodução mecânica de conteúdos (Ctrl+C/Ctrl+V)¹⁹, mas também desenvolver competências analíticas, interpretativas e críticas, essenciais à sua formação acadêmico-científica.

Em síntese, pensar a IA na educação implica reconhecer que o conhecimento não se reduz à produção textual nem à coerência formal dos *outputs* algorítmicos, mas envolve critérios de validade, contextualização, intencionalidade e responsabilidade epistêmica. A integração educacional da IA demanda, portanto, a reflexão crítica que compreenda esses sistemas como mediadores sociotécnicos limitados e probabilísticos, e não como instâncias autônomas de produção do saber. Nesse horizonte, práticas pedagógicas devem preservar o pensamento humano como instância última de decisão, interpretação e atribuição de sentido, assegurando que a IA atue como suporte ao desenvolvimento cognitivo, e não como substituto do esforço intelectual, da autoria e do julgamento crítico que fundamentam a formação acadêmica e científica.

19 Comando amplamente conhecido entre usuários de computadores que consiste em copiar e colar texto literalmente, sem reflexão nem análise. No contexto educacional e no uso de IA, indica a prática de reproduzir respostas prontas, sem engajamento crítico, em contraste com a elaboração ativa e a validação das informações pelo estudante.

Personalização da aprendizagem mediada por IA

A personalização da aprendizagem mediada por IA tem sido apresentada como uma das principais promessas dessas tecnologias no campo educacional, ao permitir a adaptação de conteúdos, ritmos e trajetórias formativas às características individuais dos estudantes (Bahroun *et al.*, 2023; Cotton; Cotton; Shipway, 2024). Nesse enquadramento teórico, amplamente discutido na literatura contemporânea, a personalização não se restringe à adaptação superficial de conteúdos, mas envolve a articulação entre conhecimentos prévios, interesses, contextos socioculturais e objetivos formativos, de modo a favorecer percursos de aprendizagem significativos e reflexivos (Bahroun *et al.*, 2023). Essa personalização refere-se à adaptação dinâmica de conteúdos, ritmos, percursos e formas de feedback às características, necessidades e trajetórias individuais dos estudantes, considerando tanto seus conhecimentos prévios quanto seus interesses, contextos e objetivos formativos.

No contexto da IA generativa, esse ideal adquire novas configurações, uma vez que sistemas algorítmicos passam a oferecer feedback imediato, adaptação de conteúdos, recomendações personalizadas e percursos formativos ajustáveis em tempo real. Essas funcionalidades ampliam, em termos operacionais, a capacidade de resposta dos ambientes educacionais, mas não eliminam a necessidade de intencionalidade pedagógica na definição de objetivos, critérios e usos didáticos dessas tecnologias (Chiu, 2024b). Para educadores, o desafio reside na compreensão pedagógica de como – e sob quais condições – a personalização mediada por IA poderá contribuir para aprendizagens, ressaltando que a adaptação tecnológica, isoladamente não constitui garantia de aprendizagem significativa nem de desenvolvimento cognitivo aprofundado (Bahroun *et al.*, 2023; Chiu, 2024b).

A literatura recente indica que a personalização promovida pela IA pode assumir diferentes níveis de complexidade pedagógica. Revisões sistemáticas identificam desde usos voltados à substituição de tarefas operacionais, como correção automática e geração de atividades, até abordagens mais sofisticadas, que envolvem tutoria adaptativa, feedback formativo e apoio à autorregulação e à metacognição dos estudantes (Bahroun *et al.*, 2023; McDiarmid; Yin, 2025). Entretanto, esses estudos convergem ao indicar que os efeitos educacionais positivos observados tendem a depender menos da tecnologia em si e mais da forma como ela é integrada às práticas pedagógicas e aos modelos de ensino-aprendizagem adotados, especialmente em nível institucional e curricular (McDiarmid; Yin, 2025).

Nesse sentido, a personalização algorítmica não deve ser confundida com a individualização mecânica do ensino. Quando baseada exclusivamente em padrões de desempenho ou respostas anteriores, a IA tende a reforçar trajetórias previsíveis, podendo limitar a exposição do estudante à complexidade conceitual e à diversidade de perspectivas (Zhao; Zhong, 2025). Esses dois pesquisadores alertam, em uma perspectiva crítica e ecológica da educação, que sistemas adaptativos orientados apenas pela eficiência ou pela otimização podem reduzir a aprendizagem a percursos instrumentais, esvaziando seu potencial formativo e crítico. Portanto, a personalização pedagógica não se configura como um processo automático ou neutro, e sim como uma construção intencional que demanda critérios didáticos explícitos, sensibilidade ao contexto sociocultural e compromisso com a formação integral do sujeito.

Pesquisas empíricas sugerem que o uso pedagógico da IA para a personalização da aprendizagem é mais eficaz quando articulado às práticas de feedback formativo, reflexão orientada e participação ativa do estudante. Chiu (2024b) destaca que sistemas de IA podem ampliar o alcance e a frequência do feedback, especialmente em contextos de grande escala, desde que essa interação seja interpretada e mediada

pedagogicamente, sem substituir a função do professor. De modo semelhante, Farrelly e Baker (2023) argumentam que a personalização só se traduz em aprendizagem significativa quando o estudante compreende os critérios de avaliação, participa ativamente do processo e mantém controle sobre suas decisões cognitivas, evitando uma relação passiva ou de dependência em relação à tecnologia.

Do ponto de vista didático, a IA pode apoiar educadores na identificação de dificuldades recorrentes, na diversificação de estratégias pedagógicas e na adaptação de atividades a diferentes níveis de complexidade. Entretanto, o risco pedagógico emerge quando a tecnologia antecipa respostas, reduz o espaço para exploração conceitual ou oferece soluções prontas antes que o estudante tenha formulado hipóteses próprias, comprometendo processos de pensamento de ordem superior (Essien *et al.*, 2024; McDiarmid; Yin, 2025). No contexto do ensino superior, particularmente no âmbito da pós-graduação, Essien *et al.* (2024) analisaram o impacto de geradores de texto e observaram que os ganhos tendem a concentrar-se em níveis mais baixos da taxonomia cognitiva, enquanto as habilidades de análise, avaliação e criação requerem mediação pedagógica explícita e intencional.

Outro aspecto relevante refere-se à dimensão ética e epistemológica da personalização mediada por IA. Sistemas adaptativos operam com base em dados, inferências e classificações que nem sempre são transparentes para seus usuários, o que pode gerar assimetrias de poder e obscurecer os critérios que orientam as recomendações pedagógicas (Huang; Cox; Cox, 2023; Mienye; Swart, 2025). Esses estudos, ainda que partam de contextos institucionais e técnico-éticos distintos, convergem ao indicar que a falta de transparência dos critérios algorítmicos e de letramento em IA pode comprometer a autonomia intelectual dos estudantes e dificultar a avaliação crítica das sugestões algorítmicas.

Assim, a personalização da aprendizagem mediada por IA deve ser compreendida como um processo pedagógico relacional, no qual

a tecnologia atua como suporte e amplificador das práticas educativas, mas não como instância decisória autônoma. A literatura sobre *human-in-the-loop*²⁰ em educação, ao discutir a necessidade de supervisão e intervenção humanas em sistemas inteligentes, enfatiza que a presença ativa do professor é central para assegurar a qualidade pedagógica, a equidade e a responsabilidade ética no uso dessas tecnologias (Fajardo-Ramos *et al.*, 2025; Gómez-Carmona *et al.*, 2024; Memarian; Doleck, 2024). A centralidade do professor como mediador crítico permanece indispensável, tanto para orientar o uso da IA quanto para garantir que a personalização esteja alinhada a objetivos formativos, valores educacionais e princípios éticos compartilhados (Memarian; Doleck, 2024; Mishra *et al.*, 2025).

Em síntese, a personalização da aprendizagem mediada por IA amplia as possibilidades de adaptação pedagógica, mas seu valor educacional depende das escolhas didáticas que orientam sua implementação. Cabe aos educadores definir se essas tecnologias serão empregadas para promover reflexão, autonomia intelectual – a exemplo da Taxonomia de Bloom *et al.* (1956)²¹ e a sua versão revisada por Anderson *et al.* (2001) – e aprofundamento conceitual, ou se serão utilizadas apenas para reduzir o esforço cognitivo, com potenciais impactos negativos sobre a formação crítica dos estudantes (Anderson *et al.*, 2001; Gonsalves, 2024; Lubbe; Marais; Kruger, 2025). Dessa

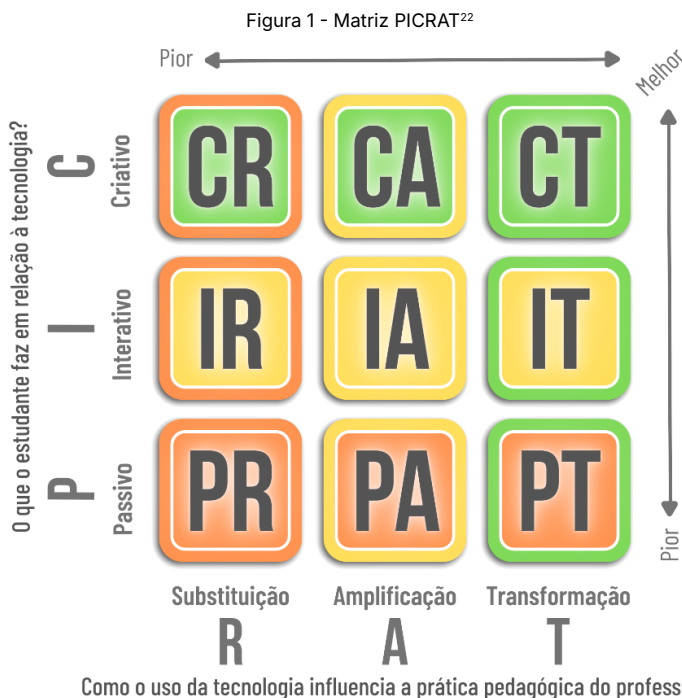
20 Termo comumente utilizado no contexto da IA para descrever sistemas que atuam em colaboração com o humano, mas cujas decisões e validações finais permanecem sob responsabilidade do usuário, garantindo controle, supervisão e julgamento humano ao longo de todo o processo.

21 A Taxonomia de Bloom classifica as habilidades cognitivas em seis níveis hierárquicos, do mais simples ao mais complexo: lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar. Originalmente, os termos eram: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação, mas foram revisados para os atuais, com “criar” no topo da hierarquia. A taxonomia foi desenvolvida para ajudar educadores a definir objetivos de aprendizagem claros e mensuráveis, promovendo a progressão do pensamento concreto ao abstrato.

forma, o uso pedagógico da IA requer intencionalidade didática, mediação docente contínua e critérios claros de acompanhamento, de modo a assegurar que a personalização contribua efetivamente para aprendizagens significativas.

O Modelo PICRAT

A adoção da IA generativa em contextos educacionais exige referenciais que auxiliem os educadores a analisar criticamente tanto a tecnologia empregada quanto os efeitos pedagógicos de seu uso. O modelo PICRAT constitui um desses referenciais amplamente discutidos na literatura recente ao articular dois eixos analíticos: o papel do estudante diante da tecnologia (*Passive-Interactive-Creative*) e a função pedagógica da tecnologia em relação às práticas existentes (*Replacement-Amplification-Transformation*) (Bahroun *et al.*, 2023; Kimmons; Draper; Backman, 2022). A matriz resultante permite situar o uso da IA em diferentes níveis de integração pedagógica, evitando abordagens tecnocêntricas e favorecendo decisões didáticas fundamentadas em evidências (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Kimmons, Draper e Backman (2022).

Apesar da apresentação didática dos três níveis, é importante destacar que o modelo PICRAT não deve ser compreendido como uma tipologia rígida ou linear. Trata-se de um referencial analítico flexível que possibilita múltiplas combinações entre o papel do estudante, a atuação docente e a função pedagógica da tecnologia. Kimmons, Draper e Backman (2022) enfatizam que os quadrantes do modelo não representam estágios de progresso obrigatórios, mas

22 O eixo PIC refere-se ao papel do estudante em relação à tecnologia (P: *passive* – passivo; I: *interactive* – interativo; C: *creative* – criativo), enquanto o eixo RAT diz respeito à função pedagógica da tecnologia em relação às práticas existentes (R: *replacement* – substituição; A: *amplification* – amplificação; T: *transformation* – transformação).

sim posições analíticas que podem coexistir em uma mesma atividade ou sequência didática.

Por exemplo, uma proposta pode envolver interatividade associada à substituição (*Interactive-Replacement*), como quando estudantes dialogam com a IA apenas para obter respostas rápidas que substituam explicações previamente apresentadas pelo professor, mantendo a lógica transmissiva do ensino. De modo distinto, também é possível observar situações de criação associada à amplificação (*Creative-Amplification*), como em atividades nas quais os estudantes produzem textos, projetos ou soluções originais, com apoio da IA, para expandir repertórios, testar alternativas ou refinar argumentos, sem que haja uma reconfiguração estrutural das práticas pedagógicas. Essas combinações intermediárias são determinadas pela intencionalidade pedagógica que orienta seu uso, pelo contexto educacional e pelas mediações docentes que configuram a experiência de aprendizagem.

Nível 1: Substituição e Passividade (*Passive-Replacement*)

No nível mais elementar, a IA atua como substituta direta de tarefas tradicionalmente realizadas pelo estudante ou pelo professor, sem alterar a lógica pedagógica subjacente. Nesses casos, o estudante assume um papel predominantemente passivo, e a tecnologia atua como um mecanismo de automação, reproduzindo práticas instrucionais já existentes.

Um exemplo recorrente envolve o uso da IA generativa para produzir resumos de textos acadêmicos que seriam previamente lidos e sintetizados pelos estudantes. Em determinados contextos, essa prática pode reduzir o engajamento cognitivo, deslocar o esforço interpretativo para o sistema algorítmico e limitar o desenvolvimento

de habilidades de leitura crítica e síntese conceitual (Essien *et al.*, 2024). Análises em nível institucional também alertam para riscos semelhantes quando tais usos não são pedagogicamente orientados. Portanto, sob a lente do modelo PICRAT, trata-se de um uso com potencial formativo limitado, ainda que tecnicamente sofisticado (McDiarmid; Yin, 2025).

Nível 2: Amplificação e Interatividade (Interactive-Amplification)

Em um nível intermediário, a IA passa a amplificar práticas pedagógicas existentes, favorecendo maior interatividade e apoio ao processo de aprendizagem, sem, contudo, redefinir os objetivos ou a estrutura curricular. Nesse nível, o estudante assume um papel mais ativo, utilizando a tecnologia como suporte ao raciocínio, à revisão e à exploração conceitual.

Como exemplo, pode-se citar o uso da IA para fornecer feedback automatizado sobre rascunhos de textos acadêmicos, indicando aspectos relacionados à coesão, clareza argumentativa ou organização textual. Quando esse feedback é integrado às práticas docentes de orientação e reflexão, a IA pode ampliar o acesso ao acompanhamento formativo e favorecer processos iterativos de revisão (Chiu, 2024b, 2025a ; Farrelly; Baker, 2023). Nesse caso, a tecnologia não substitui o julgamento docente, mas atua como recurso de amplificação do acompanhamento pedagógico, desde que o estudante seja orientado a avaliar criticamente as sugestões recebidas.

Nível 3: Transformação e Criação (Creative-Transformation)

O nível mais elevado do modelo PICRAT é alcançado quando a IA contribui para a transformação das práticas pedagógicas e posiciona o estudante como agente criativo do processo de aprendizagem. Nesse patamar, a tecnologia possibilita experiências educacionais que seriam difíceis ou inviáveis sem sua mediação.

Um exemplo desse nível envolve atividades nas quais estudantes utilizam a IA para simular debates entre diferentes correntes teóricas, testar cenários alternativos ou cocriar hipóteses explicativas a partir de dados empíricos. Em cursos de ciências humanas, por exemplo, os estudantes podem dialogar criticamente com a IA, assumindo o papel de diferentes autores ou tradições teóricas, comparando argumentos, identificando limitações e elaborando sínteses próprias. Nessas situações, a aprendizagem emerge do confronto crítico entre a produção algorítmica e o julgamento humano, promovendo autoria intelectual, pensamento crítico e metacognição (Bahroun *et al.*, 2023; Zhao; Zhong, 2025).

Implicações pedagógicas do uso do PICRAT com IA

O modelo PICRAT evidencia que a mesma ferramenta de IA pode ser integrada em diferentes níveis, a depender da intencionalidade pedagógica. Um chatbot²³, por exemplo, pode funcionar

23 Aplicação de IA projetada para interagir com usuários por meio de linguagem natural, simulando diálogos humanos e oferecendo respostas, orientações ou sugestões, podendo atuar desde a recuperação automática de informações até a mediação de processos de aprendizagem e cocriação de conhecimento.

como simples fornecedor de respostas (substituição), como apoio à exploração conceitual (amplificação) ou como parceiro de cocriação intelectual (transformação). Assim, a qualidade da integração pedagógica não reside na tecnologia em si, mas nas escolhas docentes que orientam seu uso, em consonância com objetivos formativos e princípios educacionais (Mishra *et al.*, 2025).

Ao tornar explícitos os níveis de envolvimento cognitivo e de impacto pedagógico, o PICRAT auxilia educadores a evitar usos que reforcem passividade e dependência algorítmica, favorecendo práticas que ampliem a autonomia, a reflexão crítica e a autoria. Desse modo, o modelo constitui um instrumento relevante para orientar a integração responsável e pedagogicamente significativa da IA na aprendizagem.

Em síntese, o modelo PICRAT oferece um referencial analítico robusto para compreender e qualificar a integração da IA generativa em contextos educacionais, ao deslocar o foco da sofisticação tecnológica para o impacto pedagógico e cognitivo do seu uso. Ao explicitar diferentes níveis de envolvimento cognitivo e de impacto pedagógico, o modelo contribui para identificar práticas com maior potencial formativo, bem como usos que podem reforçar passividade, dependência algorítmica e empobrecimento cognitivo. Esse enquadramento fornece uma base analítica consistente para problematizar criticamente os limites, tensões e possibilidades associados ao uso educacional da IA, articulando-os na discussão da próxima seção.

Riscos e limitações no uso educacional da IA

Apesar do crescente entusiasmo em torno da IA generativa como ferramenta educacional, a literatura especializada tem apontado um

conjunto consistente de riscos e limitações que demandam análise cuidadosa e cautela pedagógica. Esses desafios não se restringem a falhas técnicas, mas envolvem dimensões cognitivas, epistemológicas e éticas que podem comprometer a qualidade da aprendizagem e a formação intelectual dos estudantes quando a tecnologia é integrada de forma acrítica ou sem mediação pedagógica adequada (Bender *et al.*, 2021; Zhao; Zhong, 2025).

Em contextos educacionais, esses riscos são particularmente críticos, pois podem induzir estudantes a reconhecer como legítimos conteúdos não válidos, reforçando a confusão entre plausibilidade linguística e veracidade conceitual. A seguir, discutem-se quatro eixos centrais desses riscos que frequentemente se articulam no contexto educacional.

Diminuição do engajamento cognitivo e dependência intelectual

Um dos riscos mais recorrentes diz respeito à redução potencial do engajamento cognitivo dos estudantes. Evidências empíricas indicam que o uso frequente de sistemas de IA para a geração de respostas prontas pode estar associado à diminuição do esforço intelectual, da persistência diante de problemas complexos e do desenvolvimento do pensamento reflexivo, sobretudo quando a tecnologia substitui etapas centrais do processo de aprendizagem (Essien *et al.*, 2024; McDiarmid; Yin, 2025). Nesses casos, observa-se a tendência ao favorecimento de abordagens superficiais orientadas à eficiência imediata em detrimento da aprendizagem profunda.

Pesquisas também apontam que a dependência excessiva da IA pode afetar negativamente o desenvolvimento de competências metacognitivas e autorregulatórias, especialmente quando a tecnologia

antecipa respostas ou reduz o espaço para o erro produtivo. Tais dinâmicas tendem a limitar oportunidades de reflexão, revisão e construção gradual do conhecimento, elementos amplamente reconhecidos como centrais ao desenvolvimento intelectual sustentável (Chiu, 2024a, 2024b ; Mishra *et al.*, 2025). Nesse sentido, a tecnologia não deve ser compreendida como agente autônomo de melhoria educacional, podendo inclusive aprofundar fragilidades preexistentes quando utilizada como substituta do trabalho cognitivo humano.

Vieses algorítmicos e limitações epistemológicas

Outro conjunto relevante de riscos está associado aos vieses algorítmicos e às limitações epistemológicas dos sistemas de IA generativa. Esses modelos são treinados com base em grandes volumes de dados disponíveis na internet e em bases de dados textuais amplas, que incorporam desigualdades sociais, culturais e históricas, bem como relações de poder sedimentadas ao longo do tempo. Alguns estudos têm identificado padrões recorrentes de viés, como a associação de posições de liderança a homens e de atividades de cuidado a mulheres, bem como a reprodução de estereótipos étnicos e de gênero nos *outputs* gerados por sistemas de IA generativa (Fulgu; Capraro, 2024; Lippens, 2024), além de outras distorções algorítmicas já documentadas na literatura (Lippens, 2024; Ray, 2023).

Diante dessas evidências, torna-se claro que a IA não é neutra do ponto de vista epistemológico. Vieses presentes nos dados de treinamento podem privilegiar determinadas perspectivas em detrimento de outras, reforçando currículos implícitos, marginalizando saberes locais ou alternativos e limitando a pluralidade de abordagens, especialmente em contextos do Sul Global (Bender *et al.*, 2021; Fundi *et*

al., 2024). Além disso, textos produzidos por sistemas de IA tendem a adotar estilos discursivos padronizados, o que pode amplificar visões dominantes e reduzir a diversidade de perspectivas na produção científica e educacional (Bender *et al.*, 2021; Lutz, 2019).

Confiabilidade do conhecimento e opacidade algorítmica

A confiabilidade do conhecimento produzido ou mediado pela IA constitui outra limitação relevante. Modelos generativos são suscetíveis a alucinações (ver Seção 1), produzindo informações factualmente incorretas, referências inexistentes ou interpretações distorcidas, frequentemente apresentadas com elevada fluidez discursiva (Ji *et al.*, 2023; Lee *et al.*, 2025; Sun; Lin; Wu, 2025). Em contextos educacionais, esse risco é particularmente sensível, pois pode levar estudantes a confundir plausibilidade linguística com veracidade conceitual, comprometendo a avaliação crítica das informações.

Esse problema é agravado pela opacidade algorítmica (ver Seção 2). Os critérios que orientam a geração de respostas, recomendações e adaptações pedagógicas permanecem, em grande medida, inacessíveis a professores e estudantes, dificultando a avaliação do funcionamento desses sistemas (Huang; Cox; Cox, 2023; Mienye; Swart, 2025). Tal opacidade pode deslocar decisões pedagógicas relevantes para instâncias automatizadas, enfraquecendo o protagonismo docente e obscurecendo os processos de mediação do conhecimento.

Riscos à privacidade e à proteção de dados

Outro conjunto relevante de preocupações refere-se à privacidade, à autoria intelectual e à integridade acadêmica. Estudos apontam que diversas plataformas de IA adotam políticas pouco transparentes quanto à coleta, armazenamento e uso dos dados fornecidos pelos usuários, o que pode comprometer a confidencialidade, os direitos autorais e a segurança da informação, especialmente em ambientes acadêmicos sensíveis (Farrelly; Baker, 2023; Huang; Cox; Cox, 2023).

Universidades de diferentes países têm manifestado preocupação com o uso da IA generativa em atividades educacionais que envolvem dados pessoais, sobretudo em razão da falta de clareza quanto às políticas de coleta, armazenamento e tratamento das informações fornecidas pelos usuários (Farrelly; Baker, 2023; Huang; Cox; Cox, 2023). Muitas plataformas de IA operam com diretrizes pouco transparentes quanto ao uso desses dados, o que pode comprometer a confidencialidade, os direitos autorais e a segurança da informação, especialmente em contextos acadêmicos sensíveis. Esse cenário amplia a possibilidade de exposição indevida de conteúdos sigilosos, particularmente quando estudantes e pesquisadores utilizam essas ferramentas sem diretrizes institucionais bem definidas.

Como exemplo, quando avaliadores de manuscritos inéditos inserem textos em sistemas de IA para subsidiar a elaboração de pareceres, podem ocorrer violações de acordos de confidencialidade, uso não autorizado de propriedade intelectual e quebra de princípios que orientam a integridade acadêmica (Bender *et al.*, 2021; Cotton; Cotton; Shipway, 2024; Eke, 2023; Gruenhagen *et al.*, 2024; Nuryana; Pranolo, 2023; Rasul *et al.*, 2024).

Essas situações evidenciam que as plataformas de IA podem registrar interações e conteúdos inseridos nos *prompts*, frequentemente

sem que os usuários compreendam plenamente como tais informações são armazenadas, reutilizadas ou incorporadas aos processos de aprimoramento dos sistemas, o que intensifica os riscos à privacidade e à proteção de dados no ambiente acadêmico.

Riscos de plágio, autoria e integridade acadêmica

Outro conjunto relevante de preocupações refere-se à autoria intelectual e à integridade acadêmica, especialmente diante do uso da IA na produção de textos completos por estudantes. Nesse contexto, emerge o chamado plágio algorítmico, caracterizado pela entrega de produtos que não correspondem ao percurso cognitivo efetivamente desenvolvido pelo estudante. Tal fenômeno decorre do modo de funcionamento desses sistemas, que operam por meio da recombinação de conteúdos preexistentes, sem criação autônoma de conhecimento. Assim, a IA não pode assumir responsabilidade ética ou epistêmica pelo que produz, tampouco ser reconhecida como coautora (Thorp, 2023).

A expansão da IA expõe limitações importantes na produção do conhecimento independentemente do nível a que se aplica. A limitação dos mecanismos tradicionais de detecção de plágio, que frequentemente não conseguem identificar de forma confiável textos gerados por IA, aprofunda os desafios de monitoramento e de garantia da integridade acadêmica. Além disso, o uso indiscriminado dessas ferramentas pode gerar ambiguidade quanto à autoria dos trabalhos, dificultar os processos de avaliação formativa e enfraquecer o desenvolvimento da responsabilidade intelectual do estudante (Memarian; Doleck, 2024). Nesse contexto, o desafio do plágio algorítmico, decorrente do funcionamento desses sistemas, que operam por meio da recombinação de conteúdos existentes e não podem

assumir responsabilidade ética ou epistêmica pelo que produzem, torna evidente a limitação dos mecanismos tradicionais de detecção de plágio (Thorp, 2023).

Delegação cognitiva à IA e seus impactos

Estudos recentes alertam para o risco da delegação excessiva de processos cognitivos à IA. McDiarmid e Yin (2025) relatam preocupações de líderes educacionais com a possibilidade de dependência excessiva da IA, o que pode comprometer a qualidade acadêmica e enfraquecer a autoria. De modo convergente, Memarian e Doleck (2023, 2024) sugerem que o uso indiscriminado dessas tecnologias tende a gerar ambiguidade quanto à autoria dos trabalhos, dificultar a avaliação formativa e fragilizar o desenvolvimento da responsabilidade intelectual do estudante. Nesse cenário, o risco pedagógico central reside na delegação excessiva de processos cognitivos à tecnologia, o que favorece uma forma de “escravidão cognitiva”²⁴ e o progressivo esvaziamento do esforço reflexivo.

Quando a IA passa a assumir funções centrais na produção textual ou na resolução de problemas, sem orientação pedagógica consistente e critérios claros de uso, torna-se cada vez mais difícil distinguir a aprendizagem efetiva da mera terceirização do raciocínio. Essas evidências reforçam a necessidade de abordagens educacionais que preservem o papel ativo do estudante, valorizem o esforço intelectual e assegurem que a IA atue como suporte ao pensamento, e não

24 Expressão usada para descrever a dependência excessiva de tecnologias, como a IA, caracterizada pela falta de engajamento cognitivo. O uso irrefletido da IA pode gerar um ciclo de terceirização cognitiva, em que o estudante deixa de aprender porque a própria ferramenta “pensa” por ele.

como substituto do processo formativo. As limitações apresentadas até este ponto estão em consonância com alertas presentes em diretrizes internacionais, como as da Unesco e da OECD, que enfatizam a centralidade humana, a transparência algorítmica, a equidade e a proteção de dados como princípios orientadores para o uso educacional da IA, conforme abordado na próxima seção.

Políticas, regulação e governança da IA na Educação

A crescente incorporação da IA generativa em contextos educacionais tem impulsionado o desenvolvimento de diretrizes internacionais para sua regulação e governança. Organismos como a UNESCO²⁵, a OECD²⁶ e a União Europeia têm desempenhado um papel central na formulação de princípios orientadores que buscam equilibrar a inovação tecnológica, a proteção de direitos e finalidades educacionais. No campo da educação, essas diretrizes oferecem referências relevantes, ainda que sua aplicação prática envolva tensões decorrentes da diversidade de contextos institucionais, culturais e pedagógicos (Zhao; Zhong, 2025).

A UNESCO tem enfatizado uma abordagem baseada em direitos humanos e justiça social, destacando que a IA na educação deve

25 Sigla para United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura), agência da ONU que promove a cooperação internacional em educação, ciência, cultura e comunicação, incluindo a definição de diretrizes éticas para o uso de tecnologias emergentes. Disponível em: <https://www.unesco.org>.

26 Sigla para Organisation for Economic Co-operation and Development (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), fórum internacional que reúne países para discutir políticas públicas em diversas áreas, incluindo educação e ética em tecnologias digitais. Disponível em: <https://www.oecd.org>.

promover a inclusão, a equidade e a diversidade cultural. Suas diretrizes ressaltam a centralidade do professor, a preservação da autonomia pedagógica e a necessidade de formação crítica para docentes e estudantes, reconhecendo que a IA não pode substituir o julgamento humano nem os processos reflexivos que sustentam a aprendizagem significativa (Miao; Holmes, 2023). Do ponto de vista epistemológico, essa orientação converge com críticas à suposta neutralidade algorítmica, ao enfatizar que o conhecimento mediado por IA requer validação humana, contextualização pedagógica e responsabilidade ética (Bender *et al.*, 2021).

A OECD, por sua vez, adota uma perspectiva mais pragmática e orientada à governança de sistemas complexos, destacando princípios como transparência, robustez, responsabilização e confiabilidade. No âmbito educacional, seus relatórios enfatizam a necessidade de políticas institucionais claras que definam limites de uso, responsabilidades e mecanismos de avaliação contínua dos impactos da IA no ensino e na aprendizagem (OECD, 2024). Embora essa abordagem contribua para a operacionalização da governança, a literatura educacional alerta que essa racionalidade pode favorecer métricas de desempenho e eficiência, exigindo mediação pedagógica cuidadosa para evitar reduções tecnocráticas da aprendizagem e do papel formativo da educação (Mishra *et al.*, 2025).

Já a União Europeia tem avançado na formulação de marcos regulatórios juridicamente vinculantes, como o *AI Act* ²⁷, que classifica sistemas de IA em níveis de risco. No contexto educacional, sistemas utilizados para avaliação, seleção ou acompanhamento de estudantes

27 Regulamento da União Europeia sobre Inteligência Artificial (AI Act), primeiro marco regulatório abrangente do mundo para IA que estabelece um modelo de governança baseado em níveis de risco, definindo obrigações proporcionais para desenvolvedores e usuários de sistemas de IA, com o objetivo de garantir segurança, transparência, proteção de direitos fundamentais e uso ético dessas tecnologias no mercado europeu.

tendem a ser classificados como de alto risco, o que implica exigências mais rigorosas de transparência, supervisão humana e mitigação de vieses (European Union, 2024). Essa iniciativa tem potencial para fortalecer a proteção institucional, mas também suscita questionamentos quanto à sua flexibilidade para acomodar práticas pedagógicas inovadoras e contextualmente situadas (Huang; Cox; Cox, 2023).

Apesar das diferenças entre essas abordagens, há convergências relevantes. UNESCO, OECD e União Europeia reconhecem que a governança da IA na educação deve ir além da conformidade técnica, incorporando princípios, responsabilidade humana e formação de competências críticas. Em particular, todas destacam a necessidade de letramento em IA como condição para que professores e estudantes possam compreender, questionar e orientar o uso dessas tecnologias de forma consciente (Chiu, 2024a ; Memarian e Doleck, 2024).

No entanto, a transposição dessas diretrizes internacionais para contextos educacionais específicos apresenta desafios significativos. Países e instituições com diferentes níveis de infraestrutura, tradição pedagógica e autonomia docente podem enfrentar dificuldades para implementar modelos regulatórios concebidos em contextos sociotécnicos distintos (Fundi *et al.*, 2024). Nesse sentido, a governança educacional da IA deve ser compreendida como um processo contextualizado, que articula princípios globais a práticas locais, evitando tanto a adoção acrítica de modelos internacionais quanto o isolamento regulatório.

A perspectiva de Thorp (2023), em editorial publicado na prestigiada revista *Science*²⁸, oferece um contraponto ético-epistemológico particularmente relevante para o debate regulatório. Ao discutir o uso de ferramentas como o ChatGPT na ciência e na academia,

28 Revista científica de alto impacto publicada pela American Association for the Advancement of Science (AAAS), considerada uma das principais editoras de artigos de pesquisa no mundo. Disponível em: <https://www.science.org>.

o autor defende uma distinção rigorosa entre ferramenta e autoria. Embora reconheça o potencial utilitário e pedagógico da IA, sustenta que a escrita científica deve permanecer sob responsabilidade direta de pesquisadores humanos, uma vez que sistemas de IA não possuem intencionalidade epistêmica, não respondem por erros ou vieses e não atendem aos critérios fundamentais de autoria acadêmica (Thorp, 2023). Esse argumento reforça a centralidade da responsabilidade humana como princípio estruturante da governança científica e educacional da IA, especialmente em um contexto de erosão da confiança pública na ciência.

Assim, políticas, regulação e governança da IA na educação não devem ser concebidas apenas como instrumentos de controle externo, mas como dispositivos formativos que orientam escolhas pedagógicas, preservam a centralidade do humano e promovem uma integração crítica da tecnologia. O diálogo com diretrizes internacionais oferece um arcabouço normativo valioso, desde que seja reinterpretado à luz das finalidades educacionais, dos contextos institucionais e das responsabilidades docentes.

O cenário normativo da IA no contexto nacional

No contexto brasileiro, até o momento, não existe legislação federal específica que regule o uso da IA na elaboração de textos acadêmicos ou científicos, tampouco normas jurídicas que tratem diretamente da autoria, da integridade acadêmica ou da responsabilidade civil em trabalhos gerados ou assistidos por essas tecnologias. Entretanto, encontra-se em tramitação o Projeto de Lei n.º 2.338/2023, que propõe o estabelecimento de um marco regulatório nacional para o desenvolvimento, o uso e a governança da IA no

Brasil (Brasil, 2023) – embora aprovado pelo Senado Federal em dezembro de 2024 e em tramitação na Câmara dos Deputados na época da redação deste manuscrito.

Ademais, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação publicou, no final de 2025, o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA), documento que orienta a estratégia nacional para o desenvolvimento, a adoção, a governança e a regulação da IA, com previsão de investimentos e impactos diretos nos contextos acadêmico, científico, tecnológico e de inovação (Brasil, 2025). Esses instrumentos sinalizam uma convergência progressiva entre o debate nacional e os marcos internacionais, ainda que persistam lacunas normativas específicas no campo educacional.

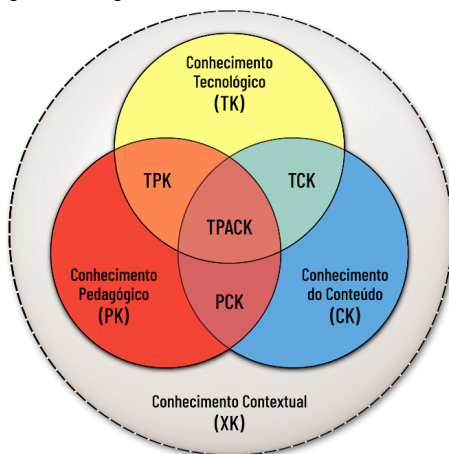
Em conjunto, as abordagens e iniciativas discutidas evidenciam que políticas, regulação e governança da IA na educação devem ser concebidas como dispositivos pedagógicos e ético-epistemológicos que orientam os modos de produção, mediação e validação do conhecimento. A convergência entre diretrizes internacionais, marcos regulatórios emergentes e reflexões críticas da comunidade científica aponta para a centralidade da supervisão humana, da responsabilidade intelectual e da formação crítica como condições indispensáveis ao uso educacional da IA. Mais do que regular tecnologias, trata-se de construir arranjos institucionais capazes de preservar a autonomia pedagógica, proteger a integridade acadêmica e assegurar que a IA atue como suporte, ancorada em fundamentos éticos e legais.

O Framework TPACK e a integração pedagógica da IA

A integração pedagógica da IA generativa requer referenciais teóricos que auxiliem os educadores a articular tecnologia, conteúdo

e práticas de ensino de forma coerente e intencional. Nesse sentido, o framework²⁹ TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) oferece uma base conceitual robusta para compreender como diferentes domínios de conhecimento se inter-relacionam na prática docente, especialmente em contextos de inovação tecnológica (Mishra *et al.*, 2025; Mishra; Koehler, 2006). Diferentemente de abordagens centradas na ferramenta, o TPACK enfatiza a integração equilibrada entre conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo, aspecto particularmente relevante no uso educacional da IA.

Figura 2 - Diagrama tradicional do framework TPACK³⁰



Fonte: Adaptado de Koehler e Mishra (2009).

29 Termo em inglês que se refere a uma estrutura conceitual organizada, usada para orientar análise, planejamento ou tomada de decisões.

30 TK: Technological Knowledge; PK: Pedagogical Knowledge; CK: Content Knowledge; TPK: Technological Pedagogical Knowledge – conhecimento tecnológico-pedagógico; TCK: Technological Content Knowledge – conhecimento tecnológico do conteúdo; PCK: Pedagogical Content Knowledge – conhecimento pedagógico do conteúdo; TPACK: Technological Pedagogical Content Knowledge – conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo; XK: Contextual Knowledge.

No contexto da IA generativa, o conhecimento tecnológico (TK) não se limita à proficiência operacional, mas também envolve a compreensão de possibilidades, limites e implicações decorrentes do uso desses sistemas. Para educadores, isso inclui reconhecer que sistemas baseados em LLMs produzem respostas probabilísticas, suscetíveis a vieses e erros, o que exige cautela pedagógica e validação crítica do conteúdo gerado (Bender *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2023). Desse modo, o domínio tecnológico, no caso da IA, está diretamente associado à capacidade docente de avaliar a confiabilidade e a adequação pedagógica das respostas geradas.

O conhecimento pedagógico (PK), por sua vez, desempenha papel mediador central na integração da IA em contextos educacionais. A literatura indica que práticas pedagógicas mais consistentes com IA são aquelas que preservam o protagonismo discente, promovem engajamento cognitivo e favorecem processos metacognitivos, evitando a substituição do esforço intelectual por automação acrítica (Chiu, 2025a ; Essien *et al.*, 2024). Nesse enquadramento, a IA pode atuar como suporte à problematização, ao feedback formativo ou à exploração de múltiplas perspectivas, desde que orientada por objetivos pedagógicos explícitos.

O conhecimento do conteúdo (CK) continua sendo um elemento estruturante do TPACK, mesmo em contextos intensivamente mediados por tecnologia. A IA não redefine os fundamentos epistemológicos das áreas do conhecimento, mas pode influenciar a forma como conceitos são apresentados, explorados e discutidos. Cabe ao educador assegurar que o uso da IA esteja alinhado aos conceitos nucleares da disciplina, evitando simplificações excessivas ou distorções conceituais decorrentes da dependência acrítica de respostas automatizadas (Zhao; Zhong, 2025).

A intersecção entre esses domínios – particularmente entre o conhecimento pedagógico-tecnológico (TPK) e o conhecimento tecnológico do conteúdo (TCK) – constitui um dos pontos mais

sensíveis da integração da IA. No âmbito do TPK, educadores são chamados a refletir sobre como a IA pode reconfigurar estratégias didáticas, avaliações e interações sem comprometer princípios pedagógicos fundamentais. Já no TCK, a atenção recai sobre como os sistemas de IA representam, simulam ou explicam conceitos específicos de cada área, exigindo do professor curadoria ativa e validação crítica do conteúdo.

O núcleo do TPACK – que integra tecnologia, pedagogia e conteúdo – torna-se particularmente relevante diante do risco de abordagens tecnocêntricas. A literatura indica que o uso isolado da IA, desvinculado do conteúdo disciplinar ou das finalidades pedagógicas, tende a resultar em práticas superficiais e de baixo potencial formativo (Memarian; Doleck, 2024; Mishra *et al.*, 2025). Em contraste, quando integrada sob uma perspectiva TPACK, a IA pode atuar como amplificadora do raciocínio docente e discente, favorecendo aprendizagens contextualizadas e cognitivamente mais exigentes.

Para educadores, o TPACK oferece, portanto, um referencial prático-reflexivo que auxilia na tomada de decisões pedagógicas diante da IA. Ele permite avaliar não apenas se a tecnologia está sendo utilizada, mas também se sua integração fortalece o conteúdo ensinado, as estratégias pedagógicas adotadas e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Nesse sentido, esse *framework* contribui para uma integração da IA que preserve a centralidade do professor como mediador do conhecimento e do estudante como sujeito ativo da aprendizagem.

Em síntese, o TPACK reafirma que a integração pedagógica da IA não é primordialmente um desafio tecnológico, mas essencialmente didático e epistemológico. A efetividade do uso educacional da IA depende menos da sofisticação da ferramenta e mais da capacidade do educador de articular tecnologia, pedagogia e conteúdo de forma crítica, ética e alinhada às finalidades formativas da educação.

Derivações do TPACK para o contexto da integração da IA na educação

Embora o TPACK permaneça como referencial robusto para a integração pedagógica de tecnologias, sua formulação inicial não contemplava tecnologias que geram conteúdo de forma autônoma, como os sistemas contemporâneos baseados em IA generativa. Esse novo cenário tem tensionado os limites explicativos do modelo clássico do TPACK, originalmente proposto por Mishra e Koehler (2006), sobretudo no que se refere às noções de autoria, mediação cognitiva e tomada de decisão pedagógica mediada por sistemas algorítmicos (Mishra *et al.*, 2025). Em resposta a esse novo cenário, a literatura recente vem propondo derivações conceituais que incorporam dimensões específicas da IA, dando origem a *frameworks* como AI-TPACK e Intelligent-TPACK. Esses dois exemplos mencionados buscam explicitar os conhecimentos docentes necessários para lidar com tecnologias que operam como sistemas adaptativos e generativos.

O AI-TPACK amplia o TPACK ao introduzir conhecimentos específicos relacionados à IA, tais como AI-Technological Knowledge (AI-TK), AI-Pedagogical Knowledge (AI-PK) e AI-Content Knowledge (AI-CK), bem como suas intersecções (Hava; Babayiğit, 2025; Ning *et al.*, 2024). Esse novo modelo reafirma que a competência docente vai além do uso instrumental da tecnologia, exigindo compreensão do funcionamento da IA, de seus vieses, de suas limitações e de seus impactos educacionais, em consonância com críticas à neutralidade algorítmica e ao uso acrítico de sistemas generativos (Bender *et al.*, 2021). O caráter inovador do AI-TPACK reside na explicitação de que o conhecimento tecnológico precisa ser (re)conceituado quando a tecnologia passa a atuar como agente cognitivo, e não apenas como ferramenta de mediação.

Já o Intelligent-TPACK introduz a literacia em IA como componente estruturante da formação docente, articulando competências técnicas, pedagógicas e éticas (Celik, 2023; Chiu, 2025a ; Dogan *et al.*, 2025; Radloff; Yeter; Chiu, 2025). Essa outra derivação destaca que a aceitação e o uso efetivo de ferramentas de IA dependem da capacidade do professor de compreender como algoritmos aprendem, como decisões automatizadas são produzidas e quais riscos estão associados à opacidade, aos vieses e à automação excessiva. A inovação central do Intelligent-TPACK está na integração explícita da IA ao conhecimento pedagógico e disciplinar, reconhecendo que sua adoção educacional requer a incorporação da dimensão ética e crítica ao núcleo do conhecimento docente, aproximando o debate tecnológico de preocupações com justiça, transparência, responsabilidade e equidade educacional (Celik, 2023; Radloff; Yeter; Chiu, 2025). Evidências empíricas em contextos de formação inicial de professores indicam que, embora docentes reconheçam o potencial da IA para apoiar práticas como diferenciação pedagógica e planejamento, ainda apresentam fragilidades no reconhecimento de vieses algorítmicos e implicações éticas, o que reforça a relevância desse enquadramento ampliado (Radloff; Yeter; Chiu, 2025).

Em conjunto, essas derivações indicam uma mudança paradigmática: integrar IA à educação não se resume a ampliar o ‘T’ de TPACK, mas sim reconceituar o próprio conhecimento docente à luz de tecnologias emergentes que produzem conhecimento, influencia decisões pedagógicas e reconfigura a autoria intelectual (Chiu, 2025a; Ning *et al.*, 2024). Os *frameworks* AI-TPACK e Intelligent-TPACK representam, portanto, avanços conceituais ao posicionar a IA como tecnologia cultural e cognitiva, exigindo que professores atuem como curadores críticos de inteligências híbridas, nas quais o julgamento humano permanece central (Celik, 2023; Radloff; Yeter; Chiu, 2025).

Destaca-se que não é o propósito deste estudo esgotar a discussão sobre os novos *frameworks* voltados à integração da IA na educação, tampouco apresentar uma taxonomia definitiva dessas propostas emergentes. Trata-se, antes, de uma síntese conceitual orientada por problema, que seleciona modelos e debates por sua capacidade explicativa e por sua utilidade para interpretar tensões educacionais contemporâneas associadas à IA generativa. A proposta é sinalizar caminhos conceituais sustentados na literatura recente, oferecendo ao leitor referências iniciais que evidenciam como o campo educacional vem reconceituando o conhecimento docente diante da IA, abrindo espaço para investigações futuras que aprofundem, validem e contextualizem esses modelos em diferentes realidades educacionais.

Prompt Engineering e o Novo Letramento Digital

A consolidação da IA generativa em contextos educacionais tem ampliado o debate sobre as novas competências necessárias para o uso crítico e responsável dessas tecnologias. Entre elas, a *prompt engineering* emerge não apenas como uma habilidade técnica, mas como uma prática cognitiva e discursiva que envolve a formulação intencional de perguntas, instruções e contextos capazes de orientar a produção de respostas desejadas. No campo educacional, essa prática se articula diretamente com o conceito de letramento digital crítico, ao exigir do usuário capacidade de análise, clareza conceitual e julgamento da validade do conteúdo gerado pela IA (Cain, 2024; Federiakin *et al.*, 2024).

Diferentemente de formas tradicionais de letramento digital, centradas no acesso e na navegação em ambientes digitais, o novo letramento associado à IA envolve a compreensão de como sistemas

generativos interpretam a linguagem, inferem padrões e produzem conteúdos probabilísticos. A literatura aponta que a qualidade das respostas geradas pela IA está diretamente relacionada à “qualidade”³¹ dos *prompts* e das competências humanas de avaliação e validação dos outputs, o que desloca parte do processo cognitivo para a formulação da pergunta, e não apenas para a interpretação da resposta (Cain, 2024; Huang; Cox; Cox, 2023; Sun; Lin; Wu, 2025). Para educadores, esse deslocamento representa, simultaneamente, uma oportunidade pedagógica e um risco formativo, a depender da forma como essa competência é abordada no processo de ensino-aprendizagem.

Do ponto de vista pedagógico, a engenharia de *prompts* pode favorecer práticas de aprendizagem ativa quando mobilizada como estratégia de explicitação de objetivos, critérios e pressupostos conceituais. A elaboração de *prompts* bem estruturados demanda habilidades metacognitivas, como planejamento, monitoramento e avaliação do próprio processo cognitivo, o que aproxima de práticas autorregulatórias reconhecidas na literatura educacional (Chiu, 2024a). Nessa perspectiva, quando integrada de forma intencional ao ensino, essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico, da autoria intelectual e da argumentação reflexiva, desde que o foco pedagógico permaneça na problematização conceitual e não na mera otimização do *output* algorítmico.

Entretanto, a literatura também alerta que a engenharia de *prompts* pode ser reduzida a um conjunto de estratégias instrumentais

31 A palavra “qualidade” foi colocada entre aspas para indicar que não se refere a um conceito absoluto ou objetivo – na realidade, é relativo –, mas sim à eficácia e relevância da pergunta ou *prompt* feita pelo usuário à IA, o que influencia diretamente a utilidade e a profundidade da resposta gerada. Em outra perspectiva, esse conceito está relacionado ao grau de clareza, precisão, estruturação e enquadramento semântico da instrução fornecida ao sistema, influenciando diretamente a pertinência, a profundidade e a consistência das respostas geradas, bem como o nível de engajamento cognitivo exigido do usuário na formulação da pergunta.

voltadas exclusivamente à maximização da eficiência das respostas geradas. Quando ensinada como técnica prescritiva ou como repertório de “fórmulas” para obter resultados superiores, corre-se o risco de reforçar uma concepção utilitarista do conhecimento, na qual o valor da aprendizagem é medido prioritariamente pela fluidez, rapidez ou adequação superficial do texto produzido pela IA, e não pelo processo cognitivo subjacente (Cain, 2024; Memarian; Doleck, 2024). Esse uso instrumental tende a deslocar o esforço intelectual do estudante, enfraquecendo as práticas de análise, síntese e avaliação crítica. Convém distinguir, contudo, riscos pedagógicos (relacionados ao desenho de tarefas, mediação docente e avaliação) de riscos sistêmicos (relacionados a plataformas, governança institucional, proteção de dados e assimetrias de acesso), pois as estratégias de mitigação são distintas em cada nível.

Do ponto de vista epistemológico, a engenharia de *prompts* explícita, de forma particularmente clara, a assimetria entre produção linguística e compreensão conceitual. Sistemas de IA são capazes de gerar respostas formalmente coerentes, bem estruturadas e linguisticamente plausíveis a partir de instruções cuidadosamente formuladas, sem que isso implique compreensão, intencionalidade ou compromisso com a verdade factual. Assim, a competência no uso dessa prática deve ser acompanhada de compreensão explícita das distinções entre coerência discursiva, validade conceitual e veracidade factual, bem como dos limites inerentes aos modelos de linguagem (Bender *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2023). Essa distinção é fundamental, pois reforça a necessidade de práticas pedagógicas que promovam a análise crítica das respostas geradas, incluindo verificação de fontes, confronto de perspectivas teóricas e contextualização dos conteúdos.

Além disso, a engenharia de *prompts* reconfigura relações de poder, autoria e acesso no processo educativo. A capacidade de formular instruções eficazes pode ampliar as desigualdades entre estudantes com diferentes níveis de familiaridade tecnológica, repertório

linguístico e capital cultural, especialmente em contextos educacionais marcados por assimetrias estruturais. Tal cenário exige atenção pedagógica sistemática e políticas institucionais voltadas à formação equitativa e ao letramento crítico em IA (Fundi *et al.*, 2024). Nesse sentido, o novo letramento digital associado à IA não deve ser compreendido como competência individual isolada, e sim como prática social situada, mediada por contextos educacionais, culturais e institucionais específicos.

Desse modo, ao ser integrada aos contextos educacionais, a engenharia de *prompts* deve ser compreendida como uma competência transversal, na medida em que articula linguagem, pensamento crítico e julgamento epistemológico. Quando orientada por objetivos pedagógicos claros e mediada por educadores, essa prática pode contribuir para a formação de sujeitos capazes de interagir criticamente com sistemas de IA, utilizando-os como suporte à ampliação do pensamento humano, e não como substitutos do esforço intelectual ou da responsabilidade cognitiva.

Exemplos didáticos de atividades baseadas em *prompts* no contexto educacional

A integração pedagógica da engenharia de *prompts* pode ser implementada por meio de atividades didáticas que enfatizem a reflexão, a autoria e o julgamento crítico, evitando o uso meramente instrumental da IA. Para educadores, tais atividades devem ser concebidas não como exercícios técnicos de otimização de respostas, mas como práticas formativas orientadas ao desenvolvimento de competências cognitivas, metacognitivas e epistemológicas, em consonância com abordagens críticas do uso educacional da IA.

Um primeiro exemplo consiste em atividades de reformulação progressiva de *prompts*. Nesse tipo de proposta, os estudantes são convidados a elaborar uma instrução inicial sobre determinado conceito ou problema e, a partir da resposta gerada pela IA, revisar criticamente sua formulação, explicitando lacunas conceituais, ambiguidades ou pressupostos implícitos. O foco pedagógico desloca-se deliberadamente da resposta final para o processo de refinamento da pergunta, favorecendo a metacognição, a clareza conceitual e a autorregulação da aprendizagem (Chiu, 2025b).

Outro exemplo envolve o uso de *prompts* para a comparação crítica de perspectivas teóricas. Estudantes podem solicitar à IA que apresente explicações distintas sobre um mesmo fenômeno, associadas a diferentes correntes teóricas ou abordagens metodológicas. Em seguida, cabe aos estudantes analisar convergências, divergências e limitações das respostas, confrontando-as com textos acadêmicos e critérios próprios do campo de conhecimento. Essa prática reforça o letramento crítico ao evidenciar que a fluidez discursiva da IA não equivale à validade epistemológica, e que a validação do conhecimento permanece uma tarefa humana (Bender *et al.*, 2021; Cain, 2024).

Uma terceira possibilidade didática consiste na avaliação crítica das respostas geradas pela IA. Nesse caso, o professor propõe instruções previamente elaboradas e solicita que os estudantes identifiquem possíveis erros factuais, generalizações indevidas, vieses ou omissões na resposta obtida. A atividade contribui diretamente para a distinção entre coerência linguística, validade conceitual e veracidade factual, aspecto central do novo letramento digital associado à IA (Ji *et al.*, 2023; Sun; Lin; Wu, 2025).

Em todos esses exemplos, a engenharia de *prompts* é utilizada para promover reflexão, argumentação e autoria intelectual, e não como atalho para a obtenção de respostas prontas. O papel do educador permanece central, tanto na definição dos objetivos pedagógicos

quanto na mediação crítica das interações com a IA, assegurando alinhamento com as finalidades formativas.

O modelo operacional CPTFC para o uso pedagógico da IA

Diante da complexidade envolvida na integração pedagógica da IA, torna-se necessário dispor de modelos operacionais que auxiliem os educadores a transformar princípios teóricos em práticas didáticas concretas. Nesse contexto, o modelo operacional CPTFC emerge como referencial estruturante para o uso educacional da engenharia de *prompts*. O modelo é proposto como uma síntese operacional derivada das discussões apresentadas nas seções anteriores e de princípios recorrentes na literatura sobre integração pedagógica, letramento crítico em IA e validação humana do conhecimento. Para esse fim, o CPTFC organiza o processo de interação com a IA em cinco dimensões articuladas:

C – Contexto (qual assunto, objetivos de aprendizagem, público-alvo etc.)

P – Persona (quem ou o quê a IA deve simular, papel cognitivo ou discursivo)

T – Tarefa (que tipo de ação cognitiva ou operação deve ser realizada)

F – Formato (qual estrutura ou formato de apresentação do *output* esperado)

C – Critérios (quais parâmetros de qualidade, restrições, nível de complexidade, fontes, fundamentação etc.)

Diferentemente de abordagens prescritivas ou tecnicistas, o CPTFC orienta o planejamento pedagógico e a mediação docente,

preservando a centralidade do julgamento humano e da intencionalidade educacional.

O “contexto” refere-se à explicitação do enquadramento conceitual, disciplinar e pedagógico no qual se insere a interação com a IA, incluindo o tema, os objetivos de aprendizagem e o público-alvo. Para educadores, essa dimensão implica situar o uso do *prompt* em consonância com os conteúdos curriculares, o nível de ensino e as finalidades formativas, evitando interações descontextualizadas que tendem a gerar respostas genéricas ou superficiais. Essa dimensão dialoga diretamente com o Conhecimento do Conteúdo (CK) no *framework* TPACK, ao assegurar que a IA seja mobilizada de acordo com os fundamentos epistemológicos da área de conhecimento (Mishra *et al.*, 2025).

O “persona” refere-se à definição explícita do papel cognitivo, discursivo ou profissional que a IA deve simular durante a interação, a exemplo de um tutor conceitual, um avaliador crítico ou um debatedor teórico. No contexto pedagógico, essa dimensão permite alinhar a atuação da IA às intenções didáticas do docente, evitando que o sistema assuma indevidamente o papel de autoridade epistêmica. Ao delimitar a persona, o professor exerce mediação pedagógica consciente, o que pode ser articulado ao Conhecimento Pedagógico (PK) do TPACK e ao eixo *Replacement-Amplification-Transformation* do modelo PICRAT (Koehler *et al.*, 2009; Kimmons; Draper; Backman, 2022).

A dimensão da “tarefa” explicita o papel cognitivo atribuído ao estudante na interação com a IA. No modelo CPTFC, a tarefa deve ser formulada de modo a promover engajamento ativo, interpretação e autoria intelectual, evitando delegar à IA etapas centrais do esforço cognitivo. Esse aspecto dialoga diretamente com o eixo *Passive-Interactive-Creative* do PICRAT, favorecendo usos em que o estudante atua de forma interativa ou criativa (Bahroun *et al.*, 2023; Kimmons; Draper; Backman, 2022). Essa articulação também se

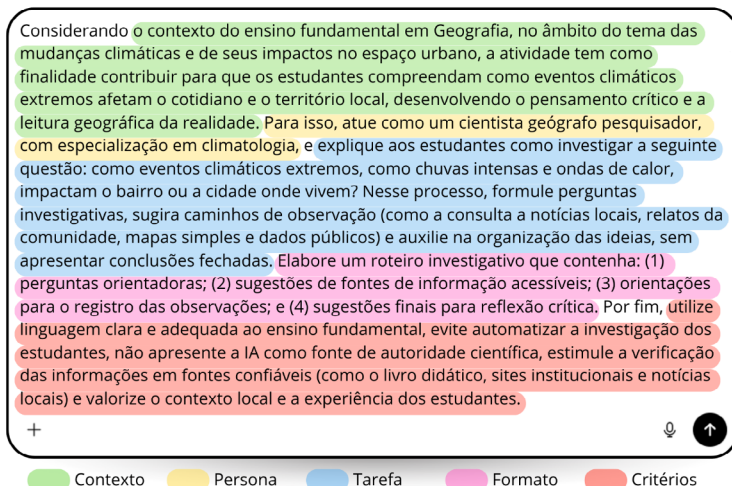
aproxima da abordagem ecológica proposta por Zhao e Zhong (2025), ao enfatizar que o valor educacional das tecnologias depende das condições pedagógicas, institucionais e socioculturais em que são integradas, e não apenas de seu potencial técnico.

O componente “formato” especifica a forma de apresentação do *output* gerado pela IA, como tabelas comparativas, resumos analíticos, esquemas conceituais ou roteiros argumentativos. No âmbito pedagógico, a definição do formato contribui para alinhar o produto da interação aos objetivos de aprendizagem e às estratégias didáticas adotadas, além de facilitar processos posteriores de análise, validação e reconstrução do conhecimento pelo estudante.

Por fim, o elemento “critério” refere-se à explicitação dos parâmetros de qualidade que orientam tanto a formulação dos *prompts* quanto a avaliação das respostas geradas. No modelo CPTFC, esses parâmetros – como a coerência conceitual, a validade teórica e a fundamentação – permanecem sob responsabilidade humana, o que previne a atribuição indevida de autoridade cognitiva à IA e reforça a necessidade de validação crítica do conteúdo gerado (Bender *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2023), articulando-se ao núcleo do TPACK (Mishra; Koehler, 2006; Koehler *et al.*, 2009).

Um exemplo concreto de aplicação do modelo CPTFC é apresentado na elaboração de um *prompt* pedagógico que evidencia a mediação docente, a investigação orientada de estudantes e a centralidade do julgamento humano (Figura 3).

Figura 3 - Exemplo de um *prompt* elaborado com base no modelo operacional CPTFC



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao dialogar com TPACK e PICRAT, o CPTFC não se apresenta como modelo concorrente, mas sim como uma ferramenta operacional complementar, voltada especificamente à mediação pedagógica da engenharia de *prompts*. Enquanto o TPACK oferece uma visão integrada dos conhecimentos docentes necessários à prática educativa e o PICRAT auxilia na análise do nível de integração tecnológica, o CPTFC orienta o “como fazer” pedagógico no uso cotidiano da IA, traduzindo princípios teóricos em intervenções pedagógicas viáveis.

Assim, o modelo CPTFC contribui para que educadores utilizem a técnica de engenharia de *prompts* como prática formativa e epistemologicamente responsável, alinhada a objetivos pedagógicos claros e sustentada por critérios humanos de validação do conhecimento. Sua adoção favorece uma integração da IA que amplia o pensamento crítico, a autoria intelectual e a reflexividade docente, evitando reduções tecnicistas ou instrumentalizantes do novo letramento digital.

Prompt engineering, formação continuada de professores e políticas curriculares

A incorporação da engenharia de *prompts* como competência educacional coloca desafios específicos para a formação continuada de professores e para a formulação de políticas curriculares. A literatura aponta que a ausência de formação docente estruturada em IA tende a resultar em usos superficiais ou defensivos da tecnologia, limitando seu potencial pedagógico e ampliando riscos éticos e epistemológicos (Memarian; Doleck, 2024; Mishra *et al.*, 2025). No âmbito da formação continuada, a engenharia de *prompts* deve ser abordada como prática pedagógica reflexiva, articulada a fundamentos didáticos e conceituais. Programas formativos eficazes vão além do treinamento técnico, incorporando discussões sobre autoria, confiabilidade da informação, vieses algorítmicos e mediação pedagógica.

Do ponto de vista curricular, as políticas educacionais precisam reconhecer o novo letramento digital como competência transversal, integrada às diferentes áreas do conhecimento. Isso implica evitar a fragmentação curricular, na qual a IA é tratada como conteúdo isolado, e favorecer abordagens interdisciplinares que articulem linguagem, tecnologia e pensamento crítico (Fundi *et al.*, 2024). Nesse sentido, a engenharia de *prompts* pode ser incorporada aos currículos como prática pedagógica situada, alinhada aos objetivos formativos de cada área, respeitando suas especificidades epistemológicas.

Diretrizes internacionais propostas por organismos internacionais como a UNESCO e a OECD reforçam a importância de políticas curriculares que promovam o letramento crítico em IA e a formação docente contínua, destacando a centralidade do professor como mediador ético e pedagógico dessas tecnologias (Miao; Holmes, 2023; OECD, 2024). Para sistemas educacionais, isso exige investimentos

institucionais em formação, tempo pedagógico para experimentação e espaços de reflexão coletiva sobre práticas mediadas por IA.

Assim, a integração da engenharia de *prompts* à formação docente e às políticas curriculares não deve ser concebida como uma resposta pontual a uma inovação tecnológica, mas como parte de um projeto educacional mais amplo, comprometido com a formação de sujeitos críticos, autônomos e capazes de interagir reflexivamente com sistemas inteligentes. A consolidação desse novo letramento digital depende, em última instância, da articulação entre práticas pedagógicas, formação docente e políticas educacionais coerentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, este estudo buscou analisar criticamente a personalização da aprendizagem mediada por inteligência artificial, destacando que sua adoção no contexto educacional não pode ser compreendida apenas como uma inovação tecnológica, mas também como um fenômeno sociotécnico que reconfigura práticas pedagógicas, relações epistêmicas e processos de mediação do conhecimento. Ao longo do texto, evidenciou-se que o uso acrítico da IA generativa pode comprometer dimensões centrais da formação acadêmica, como a autoria intelectual, o engajamento cognitivo e a validação do conhecimento, ao mesmo tempo que se reconhecem suas potencialidades quando integrada de forma reflexiva, ética e pedagogicamente orientada.

Em termos práticos, as implicações educacionais discutidas ao longo do manuscrito apontam para quatro frentes de ação institucional: (i) o desenho de processos avaliativos com ênfase em etapas, justificativas, versões intermediárias e oralidade, reduzindo a dependência exclusiva de produtos finais facilmente automatizáveis; (ii) a formação docente continuada orientada pelo letramento crítico em

IA, com foco na validação, curadoria e problematização do conhecimento gerado; (iii) o estabelecimento de diretrizes explícitas de integridade acadêmica e transparência de uso da IA, com critérios pedagógicos ajustados a diferentes níveis de ensino e tipos de atividade; e (iv) a governança institucional de dados e a seleção criteriosa de ferramentas, com requisitos mínimos de privacidade, segurança, rastreabilidade e *accountability*³².

Em conclusão, espera-se que as reflexões apresentadas neste estudo contribuam para o aprofundamento do debate acadêmico sobre o uso da IA na educação, articulando a análise conceitual às implicações pedagógicas e institucionais. Ao reconhecer simultaneamente as potencialidades e os riscos associados à IA generativa, o estudo reforça que sua integração aos processos educacionais deve ocorrer de forma deliberada e mediada, de modo que a inovação tecnológica não se sobreponha – mas se subordine criticamente – aos princípios pedagógicos, epistemológicos e formativos que sustentam a educação.

Perspectivas futuras de pesquisa e ação educacional

As análises desenvolvidas neste estudo evidenciam que a IA não é neutra: ela carrega vieses dos dados e dos contextos em que foi produzida e pode reproduzir desigualdades sociais e culturais, bem como assimetrias no acesso e na valorização do conhecimento. Esse reconhecimento desloca o debate educacional do domínio exclusivamente técnico para o campo ético-político, no qual a ética deixa

32 Termo de origem inglesa, cuja tradução não é trivial para o português. No contexto em que foi utilizado, refere-se à obrigação institucional de assegurar transparência, rastreabilidade e responsabilização no uso de sistemas de IA, abrangendo também prestação de contas e controle social.

de ser um complemento normativo e passa a constituir uma competência digital fundamental. Nesse sentido, a escola e a universidade devem assumir a função social de promover transformações responsáveis, e não apenas ensinar que a IA existe, além de também comprometer-se a formar sujeitos capazes de compreender criticamente suas implicações, limites e consequências. No campo da pesquisa científica e da ação educacional, diversas questões permanecem em aberto e demandam investigação sistemática, entre as quais se destacam:

- a. Como garantir a autoria intelectual e responsabilidade acadêmica em contextos de coescrita e colaboração com sistemas de IA?
- b. De que modo avaliar a aprendizagem significativa quando produtos educacionais podem ser amplamente gerados por meio de tecnologias algorítmicas?
- c. Como equilibrar inovação pedagógica, proteção de dados e segurança informacional em ambientes educacionais mediados por IA?
- d. Quais são os impactos cognitivos, metacognitivos e formativos de longo prazo associados à dependência crescente da IA nos processos de aprendizagem?
- e. Como países do Sul Global e da América Latina devem lidar com os desafios de acesso, regulação e equidade no uso educacional da IA, de modo que sua adoção não reproduza dependências tecnológicas, epistemológicas e econômicas em relação aos centros hegemônicos?

Essas questões não admitem respostas simples ou imediatas. Elas apontam para a necessidade de uma agenda de pesquisa interdisciplinar, crítica e situada, capaz de articular educação, tecnologia, ética e política. Mais do que adaptar-se à IA, o desafio colocado à

educação contemporânea é decidir coletivamente que tipo de inteligência (humana, social e pedagógica) deseja cultivar a partir dela.

DECLARAÇÕES DO AUTOR

- **Declaração ética:** Este estudo baseia-se exclusivamente em dados provenientes de fontes secundárias, publicados em periódicos científicos; portanto, não envolve a participação de seres humanos nem a coleta de dados primários, dispensando apreciação por comitê de ética, em conformidade com a legislação brasileira vigente e com os princípios da Declaração de Helsinque.
- **Declaração de disponibilidade de dados:** Não aplicável.
- **Declaração de financiamento:** O autor declara não ter recebido financiamento externo para a realização desta pesquisa; contudo, a produção editorial do livro no qual este estudo se insere foi financiada pela Chamada Pública FAPEG nº 36/2025 – Edital de Apoio à Produção de Livros Técnico-Científicos.
- **Declaração de interesses:** O autor declara não possuir interesses conflitantes nem relações que possam ter influenciado a imparcialidade na condução, análise ou interpretação dos resultados deste estudo.
- **Declaração de uso de IA:** O autor declara de forma transparente ter utilizado ferramentas de IA em conformidade com as diretrizes editoriais internacionais do Committee on Publication Ethics (COPE), vigentes à época da elaboração deste estudo (COPE, 2024), restringindo seu uso ao apoio à revisão linguística da versão final do texto e à localização de evidências científicas, sem que houvesse delegação de coautoria, interpretação analítica ou julgamento intelectual atribuídos à tecnologia.

- **Agradecimentos:** O autor agradece ao Instituto Federal Goiano (ROR ID: 3462374) pelo convite e pela disponibilização das condições institucionais necessárias à realização desta revisão, bem como agradece à Editora IF Goiano pelo apoio editorial e pelas contribuições técnicas que viabilizaram a concretização do projeto.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R.; AIRASIAN, P.; CRUIKSHANK, K.; MAYER, R.; PINTRICH, P.; RATHS, J. A **Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. 1. ed. New York: Longman, 2001.

BAHROUN, Z.; ANANE, C.; AHMED, V.; ZACCA, A. Transforming education: a comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 17, p. 12983, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151712983>.

BATES, T.; COBO, C.; MARIÑO, O.; WHEELER, S. Can artificial intelligence transform higher education? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00218-x>.

BEARMAN, M.; RYAN, J.; AJJAWI, R. Discourses of artificial intelligence in higher education: a critical literature review. **Higher Education**, [s. l.], v. 86, n. 2, p. 369-385, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2>.

BENDER, E. M.; GEBRU, T.; MCMILLAN-MAJOR, A.; SHMITCHELL, S. On the dangers of stochastic parrots. In: ACM CONFERENCE ON FAIRNESS, ACCOUNTABILITY, AND TRANSPARENCY, 2021, New York. **Proceedings [...]**. New York: ACM, 2021. p. 610-623. DOI: <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>.

BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; HILL, W. H.; KRATHWOHL, D. R. **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals**. 1. ed. New York: Longman, 1956. v. 1.

BOZKURT, A.; KARADENIZ, A.; BANERES, D.; GUERRERO-ROLDÁN, A. E.; RODRÍGUEZ, M. E. Artificial intelligence and reflections from educational landscape: a review of AI studies in half a century. **Sustainability**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 800, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13020800>.

BRANTLEY-DIAS, L.; ERTMER, P. A. Goldilocks and TPACK. **Journal of Research on Technology in Education**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 103-128, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782615>.

BRASIL. **Projeto de Lei n.º 2338, de 2023**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2023. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-bicamerais/-/ver/pl-2338-2023>. Acesso em: 11 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **IA Para o Bem de Todos: Plano Brasileiro de Inteligência Artificial**. Brasília, DF: MCTI; CGEE, 2025. Disponível em: https://site.cgee.org.br/documents/10195/11009772/CGEE_PBIA.PDF. Acesso em: 12 jan. 2026.

CAIN, W. Prompting change: exploring prompt engineering in large language model AI and its potential to transform education. **TechTrends**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 47-57, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00896-0>.

ÇELA, E.; FONKAM, M. M.; POTLURI, R. M. Risks of AI-assisted learning on student critical thinking. **International Journal of Risk and Contingency Management**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1-19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4018/ijrcm.350185>.

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**, [s. l.], v. 138, p. 107468, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>.

CHEN, L.; CHEN, P.; LIN, Z. Artificial intelligence in education: a review. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 75264-75278, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510>.

CHIU, T. K. F. The impact of generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: a case of ChatGPT and Midjourney. **Interactive Learning Environments**, [s. l.], v. 32, n. 10, p. 6187-6203, 2024a. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>.

CHIU, T. K. F. Future research recommendations for transforming higher education with generative AI. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 6, p. 100197, 2024b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100197>.

CHIU, T. K. F. Developing intelligent-TPACK (I-TPACK) framework from unpacking AI literacy and competency: implementation strategies and future research direction. **Interactive Learning Environments**, [s. l.], v. 33, n. 7, p. 4189-4192, 2025a. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2545053>.

CHIU, T. K. F. AI literacy and competency: definitions, frameworks, development and future research directions. **Interactive Learning Environments**, [s. l.], v. 33, n. 5, p. 3225-3229, 2025b. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2514372>.

COPE. **Authorship and AI Tools**. Eastleigh: COPE, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24318/ccvrbms>.

COPE, B.; KALANTZIS, M.; SEARSMITH, D. Artificial intelligence for education: knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. **Educational Philosophy and Theory**, [s. l.], v. 53, n. 12, p. 1229-1245, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1728732>.

COTTON, D. R. E.; COTTON, P. A.; SHIPWAY, J. R. Chatting and cheating: ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. **Innovations in Education and Teaching International**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 228-239, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>.

CUKUROVA, M.; LUCKIN, R.; KENT, C. Impact of an artificial intelligence research frame on the perceived credibility of educational research evidence. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 205-235, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-019-00188-w>.

DOGAN, S.; NALBANTOGLU, U. Y.; CELIK, I.; DOGAN, N. A. Artificial intelligence professional development: a systematic

review of TPACK, designs, and effects for teacher learning. **Professional Development in Education**, [s. l.], v. 51, n. 3, p. 519-546, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/19415257.2025.2454457>.

DWIVEDI, Y. K.; HUGHES, L.; ISMAGILOVA, E.; AARTS, G.; COOMBS, C.; CRICK, T.; DUAN, Y. *et al.* Artificial intelligence (AI): multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 57, p. 101994, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>.

EKE, D. O. ChatGPT and the rise of generative AI: threat to academic integrity? **Journal of Responsible Technology**, [s. l.], v. 13, p. 100060, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2023.100060>.

ESSIEN, A.; BUKOYE, O. T.; O'DEA, X.; KREMANTZIS, M. The influence of AI text generators on critical thinking skills in UK business schools. **Studies in Higher Education**, [s. l.], v. 49, n. 5, p. 865-882, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2316881>.

EUROPEAN UNION. **Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)**. [S. l.]: Official Journal of the European Union, L series, 2024. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>. Acesso em: 5 jan. 2026.

FAJARDO-RAMOS, D. C.; CHIAPPE, A.; MELLA-NORAMBUENA, J. Human-in-the-loop assessment with AI: implications for teacher education in Ibero-American universities. **Frontiers in Education**, [s. l.], v. 10, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1710992>.

FARRELLY, T.; BAKER, N. Generative artificial intelligence: implications and considerations for higher education practice. **Education Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 11, p. 1109, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci13111109>.

FEDERIAKIN, D.; MOLEROV, D.; ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O.; MAUR, A. Prompt engineering as a new 21st century skill. **Frontiers in Education**, [s. l.], v. 9, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1366434>.

FRANZONI, V. From black box to glass box: advancing transparency in artificial intelligence systems for ethical and trustworthy AI.

In: COMPUTATIONAL SCIENCE AND ITS APPLICATIONS -- ICCSA 2023 WORKSHOPS, 2023, Athens. **Proceedings** [...]. Part IV. Athens: Springer-Verlag, 2023. p. 118-130. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37114-1_9.

FULGU, R. A.; CAPRARO, V. Surprising gender biases in GPT. **Computers in Human Behavior Reports**, [s. l.], v. 16, p. 100533, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100533>.

FUNDI, M.; SANUSI, I. T.; OYELERE, S. S.; AYERE, M. Advancing AI education: assessing Kenyan in-service teachers' preparedness for integrating artificial intelligence in competence-based curriculum. **Computers in Human Behavior Reports**, [s. l.], v. 14, p. 100412, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100412>.

GERLICH, M. AI tools in society: impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. **Societies**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/soc15010006>.

GÓMEZ-CARMONA, O.; CASADO-MANSILLA, D.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D.; GARCÍA-ZUBIA, J. Human-in-the-loop machine learning: reconceptualizing the role of the user in interactive approaches. **Internet of Things**, [s. l.], v. 25, p. 101048, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.101048>.

GONSALVES, C. Generative AI's impact on critical thinking: revisiting Bloom's taxonomy. **Journal of Marketing Education**, [s. l.], 2024. DOI: <https://doi.org/10.1177/02734753241305980>.

GRUENHAGEN, J. H.; SINCLAIR, P. M.; CARROLL, J. A.; BAKER, P. R. A.; WILSON, A.; DEMANT, D. The rapid rise of generative AI and its implications for academic integrity: students' perceptions and use of chatbots for assistance with assessments. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 7, p. 100273, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100273>.

HASSIJA, V.; CHAMOLA, V.; MAHAPATRA, A.; SINGAL, A.; GOEL, D.; HUANG, K.; SCARDAPANE, S. *et al.* Interpreting black-box models: a review on explainable artificial intelligence. **Cognitive Computation**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 45-74, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12559-023-10179-8>.

HAVA, K.; BABAYIĞIT, Ö. Exploring the relationship between teachers' competencies in AI-TPACK and digital proficiency. **Education and Information Technologies**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 3491-3508, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12939-x>.

HUANG, Y.; COX, A. M.; COX, J. Artificial Intelligence in academic library strategy in the United Kingdom and the Mainland of China. **The Journal of Academic Librarianship**, [s. l.], v. 49, n. 6, p. 102772, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2023.102772>.

JI, Z.; LEE, N.; FRIESKE, R.; YU, T.; SU, D.; XU, Y.; ISHII, E. *et al.* Survey of hallucination in natural language generation. **ACM Computing Surveys**, [s. l.], v. 55, n. 12, p. 1-38, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1145/3571730>.

KALLURI, P. Don't ask if artificial intelligence is good or fair, ask how it shifts power. **Nature**, [s. l.], v. 583, n. 7815, p. 169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02003-2>.

KASNECI, E.; SESSLER, K.; KÜCHEMANN, S.; BANNERT, M.; DEMENTIEVA, D.; FISCHER, F.; GASSER, U. *et al.* ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. **Learning and Individual Differences**, [s. l.], v. 103, p. 102274, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.

KAUFMAN, G.; JARBO, K.; GONZALEZ, C. Bias at play: investigating sensitization and desensitization to diversity and inclusion via interactions with bots. **Computers in Human Behavior Reports**, [s. l.], v. 16, p. 100493, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100493>.

KIMMONS, R.; DRAPER, D.; BACKMAN, J. The PICRAT model for technology integration in teacher preparation. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, [s. l.], v. 1, n. 20, p. 176-198, 2022. DOI: <https://doi.org/10.59668/371.5895>.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal)**, [s. l.], v. 9, p. 60-70, 2009. Disponível em: <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogicalcontent-knowledge>. Acesso em: 12 jan. 2026.

LEE, C.; KIM, J.; LIM, J. S.; SHIN, D. Generative AI risks and resilience: how users adapt to hallucination and privacy challenges. **Telematics and**

Informatics Reports, [s. l.], v. 19, p. 100221, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100221>.

LEE, D.; PALMER, E. Prompt engineering in higher education: a systematic review to help inform curricula. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 7, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00503-7>.

LIPPENS, L. Computer says ‘no’: exploring systemic bias in ChatGPT using an audit approach. **Computers in Human Behavior: Artificial Humans**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 100054, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100054>.

LUBBE, A.; MARAIS, E.; KRUGER, D. Cultivating independent thinkers: the triad of artificial intelligence, Bloom’s taxonomy and critical thinking in assessment pedagogy. **Education and Information Technologies**, [s. l.], v. 30, n. 12, p. 17589-17622, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13476-x>.

LUTZ, C. Digital inequalities in the age of artificial intelligence and big data. **Human Behavior and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 141-148, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/hbe2.140>.

MALFATTI, F. I. ChatGPT, education, and understanding. **Social Epistemology**, [s. l.], v. 39, n. 6, p. 652-666, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/02691728.2025.2449599>.

MARTÍNEZ-COMESAÑA, M.; RIGUEIRA-DÍAZ, X.; LARRAÑAGA-JANEIRO, A.; MARTÍNEZ-TORRES, J.; OCARRANZA-PRADO, I.; KREIBEL, D. Impact of artificial intelligence on assessment methods in primary and secondary education: systematic literature review. **Revista de Psicodidáctica**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 93-103, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psicoe.2023.06.002>.

MCDIARMID, G. W.; YIN, D. The impact of artificial intelligence on education: insights from global deans. **ECNU Review of Education**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 372-381, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/20965311251327228>.

MEMARIAN, B.; DOLECK, T. ChatGPT in education: methods, potentials, and limitations. **Computers in Human Behavior: Artificial Humans**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 100022, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100022>.

MEMARIAN, B.; DOLECK, T. Human-in-the-loop in artificial intelligence in education: a review and entity-relationship (ER) analysis. **Computers in Human Behavior: Artificial Humans**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 100053, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100053>.

MIAO, F.; HOLMES, W. **Guidance for Generative AI in Education and Research**. Paris: Unesco, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54675/ewzm9535>.

MIENYE, I. D.; SWART, T. G. ChatGPT in education: a review of ethical challenges and approaches to enhancing transparency and privacy. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 254, p. 181-190, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.077>.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education**, [s. l.], v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.

MISHRA, P.; MARGERUM-LEYS, J.; TRAININ, G.; HILL-JACKSON, V.; BOBLEY, L.; BEDESEM, P. L.; WILLIAMS, J. A. Teacher education in the age of generative artificial intelligence: introducing the special issue. **Journal of Teacher Education**, [s. l.], v. 76, n. 3, p. 225-229, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/00224871251324713>.

NING, Y.; ZHANG, C.; XU, B.; ZHOU, Y.; WIJAYA, T. T. Teachers' AI-TPACK: exploring the relationship between knowledge elements. **Sustainability**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 978, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16030978>.

NURYANA, Z.; PRANOLO, A. ChatGPT: the balance of future, honesty, and integrity. **Asian Journal of Psychiatry**, [s. l.], v. 84, p. 103571, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2023.103571>.

O'DEA, X. Generative AI: is it a paradigm shift for higher education? **Studies in Higher Education**, [s. l.], v. 49, n. 5, p. 811-816, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2332944>.

OECD. **Education Policy Outlook 2024**. Paris: OECD Publishing, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1787/dd5140e4-en>.

PENG, J.; LI, Y. Frontiers of artificial intelligence for personalized learning in higher education: a systematic review of leading articles. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 15, n. 18, p. 10096, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/app151810096>.

RADLOFF, J.; YETER, I. H.; CHIU, T. K. F. Intelligent-TPACK in teacher education: examining preservice elementary teachers' emerging views about AI classroom use. **Computers and Education Open**, [s. l.], v. 9, p. 100307, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100307>.

RASUL, T.; NAIR, S.; KALENDRA, D.; BALAJI, M. S.; SANTINI, F. O.; LADEIRA, W. J.; RATHER, R. A. Enhancing academic integrity among students in GenAI Era: a holistic framework. **The International Journal of Management Education**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 101041, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.101041>.

RAY, P. P. ChatGPT: a comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. **Internet of Things and Cyber-Physical Systems**, [s. l.], v. 3, p. 121-154, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.003>.

SUN, S.; LIN, Z.; WU, X. Hallucinations of large multimodal models: problem and countermeasures. **Information Fusion**, [s. l.], v. 118, p. 102970, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2025.102970>.

THORP, H. H. ChatGPT is fun, but not an author. **Science**, [s. l.], v. 379, n. 6630, p. 313, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adg7879>.

YANG, M.; JIANG, S.; LI, B.; HERMAN, K.; LUO, T.; MOOTS, S. C.; LOVETT, N. Analysing nontraditional students' ChatGPT interaction, engagement, self-efficacy and performance: a mixed-methods approach. **British Journal of Educational Technology**, [s. l.], v. 56, n. 5, p. 1973-2000, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.13588>.

YASEEN, H.; MOHAMMAD, A. S.; ASHAL, N.; ABUSAIMEH, H.; ALI, A.; SHARABATI, A. A. A. The impact of adaptive learning technologies, personalized feedback, and interactive AI tools on student engagement: the moderating role of digital literacy. **Sustainability**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 1133, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17031133>.

ZHAO, Y.; ZHONG, R. Paradigm shifts in education: an ecological analysis. **ECNU Review of Education**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 21-40, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/20965311241296162>.

CAPÍTULO 5

PENSAR OU APERTAR O BOTÃO?

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZAGEM MATEMÁTICA

Greiton Toledo de Azevedo^{1*}

Marcus Vinicius Maltempi^{2*}

-
- 1 Pós-doutorado em Educação Matemática pela USP. Doutor em Educação Matemática pela Unesp, com estágio de doutorado-sanduíche na Universidade Rutgers (EUA). Professor e pesquisador do Instituto Federal Goiano, Campus Hidrolândia, Goiás, Brasil. E-mail: greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br.
 - 2 Doutor em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Livre-docente em Educação Matemática. Professor da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Rio Claro, São Paulo, Brasil. E-mail: marcus.maltempi@unesp.br.

RESUMO

Entre a promessa de personalização e o risco de uma aprendizagem reduzida a atos automatizados, este estudo enfrenta uma questão central para a Educação Matemática contemporânea: o que, de fato, se evidencia como aprendizagem quando estudantes do Ensino Fundamental usam Inteligência Artificial (IA) e robótica — e o que, sob a mesma tecnologia, revela-se apenas apertar o botão? Para responder a essa questão, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa, segundo o protocolo PRISMA, com buscas estruturadas nas bases Web of Science, Scopus e SciELO. Dos 1.030 estudos inicialmente identificados, apenas 17 atenderam aos critérios de elegibilidade e foram submetidos à análise temática indutiva. A análise resultou em duas categorias analíticas: (C1) *Mediações da IA na atividade matemática* e (C2) *Condições pedagógicas da eficácia da IA*, que sintetizam, respectivamente, os mecanismos de mediação tecnológica e os fatores pedagógicos que condicionam seus efeitos sobre a aprendizagem matemática. Os resultados evidenciam que os efeitos da IA não decorrem da tecnologia em si, mas das condições pedagógicas que orientam sua utilização. Embora os estudos relatem avanços em *feedback* personalizado, modelagem matemática, pensamento computacional e resolução de problemas, também revelam riscos de dependência cognitiva, superficialização da aprendizagem e substituição do raciocínio matemático por respostas automatizadas. Conclui-se que a IA potencializa a aprendizagem apenas quando integrada a práticas pedagógicas que preservam a investigação, a argumentação e a construção conceitual, deslocando o debate da escolha da ferramenta para a compreensão das condições sob as quais ela favorece — ou compromete — o desenvolvimento do pensamento matemático.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Robótica educacional; Educação Matemática; Pensamento matemático.

INTRODUÇÃO

A incorporação de sistemas de Inteligência Artificial (IA) em processos educativos tem reconfigurado debates sobre aprendizagem, agência estudantil e reorganização epistemológica do conhecimento escolar. No campo da Matemática, tradicionalmente associado ao desenvolvimento do raciocínio lógico, da modelagem e da argumentação formal, a emergência de tutores inteligentes, sistemas adaptativos e ambientes de simulação tende, por não ser neutra, a alterar de algum modo as condições e as formas de compreender o processo de aprendizagem (Resnick, 2023; Azevedo, 2025). Estudos recentes indicam que tais sistemas podem favorecer a mobilização de competências cognitivas complexas, sobretudo ao articular feedback imediato, análise de padrões e a resolução de problemas (Holmes; Bialik; Fadel, 2019; Fadel, 2024; Gadanidis; Li; Tan, 2024).

Contudo, essa promessa tecnológica convive com tensões estruturais: a redução da atividade intelectual a interações automatizadas, a tendência ao uso irrefletido das ferramentas e a despolitização dos processos de aprendizagem, marcada por práticas que substituem a investigação matemática por gestos mecânicos de “apertar o botão”. Assim, torna-se necessário problematizar não apenas o uso instrumental da IA, mas sua inserção no desenvolvimento do pensamento matemático, especialmente no ensino fundamental, etapa em que se consolidam competências matemáticas complexas, como raciocínio abstrato, resolução de problemas e o desenvolvimento de repertórios conceituais que condicionam toda a trajetória escolar posterior (Papert, 2008; Resnick, 2017).

Embora o discurso contemporâneo sobre IA apresente avanços técnicos substanciais em relação às tecnologias educacionais do século XX, frequentemente marcadas por promessas de personalização não comprovadas, ainda é escassa a evidência empírica consistente que esclareça seus efeitos diretos na aprendizagem matemática nessa etapa de

ensino (Resnick, 2023). Essa lacuna justifica análises que articulem fundamentos conceituais, crítica tecnológica e implicações pedagógicas.

Compreender o lugar da IA na aprendizagem matemática implica reconhecer que aprender Matemática não se reduz à apropriação de procedimentos resolutivos (Azevedo; Maltempi, 2020, 2022, 2023). Trata-se de um processo que envolve formular hipóteses, investigar regularidades, elaborar explicações e construir modelos, ativando modos de pensamento que são simultaneamente lógicos, heurísticos e criativos (Bialik; Fadel, 2017; Holmes, Bialik, Fadel, 2019). A IA, nesse sentido, não opera apenas como ferramenta, mas como objeto epistêmico cuja estrutura algorítmica pode tornar visíveis relações matemáticas e computacionais que sustentam classificações, inferências e decisões automatizadas (Gadanidis, 2017; Gadanidis; Li; Tan, 2024). Situar a IA no campo educacional requer um enquadramento técnico-conceitual que reconheça sua historicidade desde as formulações pioneiras de Turing (1950) aos sistemas simbólicos das décadas posteriores (Dwivedi *et al.*, 2019) e, simultaneamente, analise criticamente seus efeitos na prática escolar.

Esse enquadramento evita reducionismos tecnocráticos e permite discutir, com densidade teórica, como os sistemas inteligentes reconfiguram a natureza das tarefas matemáticas, da mediação docente e da agência estudantil. É nesse cenário que se situa o problema de pesquisa que orienta este estudo: quais evidências de aprendizagem matemática são relatadas na literatura científica sobre o uso de IA e robótica no ensino fundamental? Em consonância com essa pergunta, o objetivo consiste em analisar as evidências de aprendizagem matemática decorrentes do uso de robótica e IA nesse nível de ensino, com atenção às condições pedagógicas, tecnológicas e epistêmicas que modulam esses efeitos.

Para atingir esse objetivo, realizamos uma revisão sistemática da literatura segundo o protocolo PRISMA (Page *et al.*, 2021), com buscas estruturadas nos repositórios Web of Science, Scopus e SciELO.

A partir de 1.030 artigos identificados, chegou-se a um corpus final de 17 estudos empíricos, submetidos à análise temática indutiva conforme Braun e Clarke (2006). Esse percurso analítico gerou duas categorias principais: “Mediações da IA na atividade matemática”, com seis subcategorias organizadas segundo o tipo de artefato e o papel epistêmico da tecnologia, e “Condições pedagógicas da eficácia da IA”, com quatro subcategorias derivadas dos fatores que modulam os efeitos da IA sobre o raciocínio matemático.

O capítulo está organizado em seis seções. Após esta introdução, a Seção 2 problematiza o uso da IA na educação matemática contemporânea. A Seção 3 detalha o percurso metodológico. A Seção 4 apresenta o corpus e o perfil da produção selecionada. A Seção 5 descreve o procedimento analítico e as categorias emergentes. A Seção 6 desenvolve a análise e a discussão das categorias, e as considerações finais sintetizam as contribuições, os limites e a agenda de pesquisa decorrentes do estudo.

Problematizações sobre o uso de IA na educação matemática

Dada a ubiquidade da IA no cenário educacional contemporâneo, manifesta na produção textual, na resolução de problemas e nas rotinas discentes, a discussão já não comporta o debate sobre sua inevitabilidade, mas exige centrar-se nos critérios de integração e nos projetos formativos subjacentes. A IA impacta dimensões basilares da experiência matemática: o enfrentamento de problemas, a natureza do esforço intelectual e a validade das evidências de aprendizagem (Neira, 2026). Surge, então, um paradoxo central: enquanto a tecnologia promete eficiência, observa-se uma fragilização silenciosa do pensamento matemático. Quando os sistemas de IA assumem tarefas

de responsabilidade cognitiva do estudante, o processo de construção do conhecimento é esvaziado antes mesmo de se iniciar.

Ao abdicar do enfrentamento genuíno do problema e da organização do raciocínio, o aprendiz deixa de desenvolver capacidades vitais, a interpretação de enunciados, o julgamento de estratégias e a justificação de escolhas, que não se constroem pela observação de resultados, mas pelo exercício de produzi-los (Resnick, 2023). Assim, a personalização prometida pelos sistemas adaptativos pode converter-se em uma ilusão de aprendizagem, pautada meramente no consumo de respostas geradas externamente.

Esse cenário reflete a dicotomia proposta por Resnick (2023), fundamentada no construcionismo de Papert (1980): o embate entre o instrucionismo e a agência do aprendiz. Grande parte dos sistemas de IA atuais adota uma lógica instrucionista, na qual a tecnologia detém o controle do fluxo educativo, estabelece metas, provê informações e avalia desempenhos. Na Matemática, tal estrutura não apenas perpetua a subordinação do aluno a objetivos predefinidos, mas também reduz o erro, elemento constitutivo do raciocínio matemático, a um desvio a ser corrigido automaticamente, e não a uma oportunidade de aprendizagem (Gadanidis; Li; Tan, 2024; Azevedo, 2025).

Mesmo avanços recentes, como feedbacks em tempo real e interfaces sofisticadas, podem reforçar essa dependência quando desacompanhados de intencionalidade pedagógica em detrimento da autonomia intelectual. Consequentemente, a evidência da aprendizagem matemática torna-se epistemicamente problemática. A capacidade da IA em executar tarefas tradicionalmente usadas como indicadores de compreensão revelou uma fragilidade estrutural: a entrega de exercícios resolvidos não assegura mais a autoria ou a apropriação conceitual. Isso impõe uma reformulação necessária das práticas avaliativas, que devem transitar do produto final para o acompanhamento de processos, privilegiando a explicitação de raciocínios e a defesa de argumentos (Neira, 2026; Anqueban;

Huincahue, 2024). Sem essa mudança, o que se avalia não é a aprendizagem matemática do estudante, mas sua capacidade de acionar a ferramenta que a simula.

Contudo, o nó crítico não reside na ferramenta em si, mas na mediação docente. Estudos com professores brasileiros indicam que o uso da IA generativa pode evoluir de uma estratégia de economia de tempo para a redescoberta da autoria pedagógica (Azevedo, 2025; Trevisani; Maltempi, 2026). A integração legítima ocorre quando o docente transcende o uso instrumental e estabelece um diálogo reflexivo com a ferramenta, questionando sugestões, avaliando inconsistências e adaptando materiais de forma intencional.

Esse movimento não é espontâneo: ele exige formação específica, letramento crítico em IA e a reafirmação consciente da autoridade intelectual do professor no desenho curricular, dimensões que a simples disponibilização de ferramentas digitais nas escolas não é capaz de produzir. Nessa perspectiva, a incorporação da IA na educação não é um ato neutro, mas uma questão ética e política. Em contextos de vulnerabilidade, a adoção acrítica dessas tecnologias pode exacerbar desigualdades estruturais, não apenas pelo desigual acesso à infraestrutura, mas pela distribuição assimétrica do capital cultural necessário para apropriar-se criticamente dessas ferramentas (Baidoo-Anu; Owusu Ansah, 2023). É nesse campo tensionado, entre o potencial transformador da IA e os riscos de sua adoção acrítica, que esta pesquisa se insere, buscando identificar, por meio de revisão sistemática da literatura, quais evidências de aprendizagem matemática são efetivamente relatadas quando a IA e a robótica são mobilizadas no ensino fundamental.

Percurso metodológico e sistematização dos dados

Ao considerar o crescimento de estudos que investigam o uso de IA e robótica na aprendizagem matemática no ensino fundamental, neste estudo buscamos sistematizar e analisar criticamente essas evidências na literatura científica. A questão de pesquisa que orienta o estudo é: *quais evidências de aprendizagem matemática são relatadas na literatura científica sobre o uso de IA e robótica no ensino fundamental?* Em consonância com essa pergunta, o objetivo consiste em analisar as evidências de aprendizagem matemática decorrentes do uso de robótica e IA nesse nível de ensino. Para atingir esse objetivo, realizamos uma pesquisa bibliográfica segundo o método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page *et al.*, 2021).

Esse método visa identificar e analisar estudos relevantes que contribuem para a tomada de decisões científicas consistentes, auxiliando na detecção de lacunas no campo da educação matemática. Ao seguir o PRISMA, a pesquisa bibliográfica possibilita detectar, por meio da análise dos trabalhos selecionados nos bancos de dados, padrões, convergências, correlações, semelhanças e discrepâncias, organizando e categorizando as informações de acordo com os critérios estabelecidos.

Inicialmente, delimitamos a temática e o problema de pesquisa, focado no ensino fundamental, definindo o recorte temporal para a captura dos estudos. A coleta de dados foi realizada no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que proveu o acesso às bases de dados e indexadores detalhados desta pesquisa. A busca estruturada abrangeu os repositórios Web of Science (WoS), Scopus e SciELO. Desse modo, visando à coerência e à consistência do estudo, adotamos descritores e operadores booleanos aplicados ao *corpus* conforme critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Por fim, os trabalhos

selecionados foram submetidos a uma organização e análise sistemática para a discussão dos resultados, em conformidade com as diretrizes do protocolo PRISMA.

A sistematização desta revisão seguiu um protocolo estruturado em etapas de mapeamento, organização, seleção analítica e tabulação de dados. O delineamento metodológico estabeleceu, como critérios de elegibilidade e busca, o recorte temporal, as bases de dados e os idiomas de consulta, restritos ao português, inglês e espanhol. A operacionalização do levantamento deu-se por meio da seguinte expressão lógica com operadores booleanos: Mathematics AND “Artificial Intelligence” AND (“Middle School” OR “Lower Secondary”) AND Learning. A ausência de um limite cronológico inicial justifica-se pela necessidade de mapear a trajetória dos conceitos investigados e sua consolidação teórica na educação matemática e computação, permitindo o contraste entre as formulações seminais e as produções científicas mais recentes.

Em virtude da especificidade do objeto de estudo, buscamos identificar trabalhos que abordassem a IA e a Robótica na Aprendizagem de Matemática de estudantes do ensino fundamental. Salientamos que a delimitação para o ensino fundamental é metodologicamente justificada, pois essa etapa educacional se caracteriza pela consolidação de competências matemáticas complexas, como raciocínio abstrato e resolução de problemas. Além disso, os estudantes apresentam repertórios prévios diversificados que influenciam a interação com recursos de IA. Trabalhos voltados ao ensino médio ou à formação docente não oferecem comparabilidade direta, podendo introduzir vieses que comprometeriam a validade das conclusões sobre o impacto da IA nessa etapa específica. A Tabela 1 apresenta o número de artigos identificados na etapa inicial da busca em cada repositório.

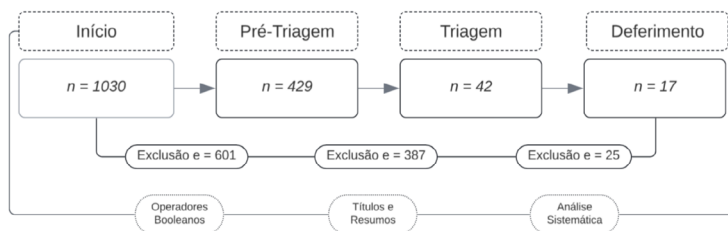
Tabela 1 - Artigos encontrados pela expressão lógica nas bases de dados

Bases de dados	Nº	%
WoS	272	6
Scopus	87	13
SciELO	16	6

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2026).

Os artigos foram organizados e submetidos a uma análise detalhada, priorizando estudos centrados em educação matemática, investigações que exploram a relação entre IA e aprendizagem e pesquisas exclusivamente voltadas para o ensino fundamental. A delimitação do *corpus* baseou-se em cinco critérios fundamentais: *Matemática* (foco no conteúdo), *Ensino Fundamental* (6º ao 9º ano), *Uso de IA* (algoritmos e sistemas inteligentes), *Pesquisa Empírica* (dados reais) e *Aprendizagem* (evidências de mudança cognitiva). Foram excluídos resumos, ensaios, capítulos de livros, teses e dissertações. A seleção seguiu quatro etapas principais: *Início* (aplicação de descritores), *Pré-Triagem* (leitura de título e resumo), *Triagem* (leitura sistemática) e *Deferimento* (inclusão dos trabalhos estritamente relacionados ao objeto de estudo).

Diagrama 1 - Fluxo de busca e delimitação de potenciais artigos pertinentes ao estudo



Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2026).

O percurso realizado para a delimitação do *corpus*, sistematizada na Diagrama 1, iniciou-se com a identificação de 1.030 artigos por

meio de buscas usando a expressão lógica. Na fase de *Pré-Triagem*, a leitura de títulos e resumos resultou no descarte de 601 trabalhos (58,3%). As principais causas de exclusão nesse estágio envolveram publicações que, embora mencionassem inteligência artificial, concentravam-se na formação inicial ou continuada de professores – ou em etapas de escolarização fora do recorte estabelecido, como a educação infantil, o ensino médio e o ensino superior. Foram removidos textos de natureza puramente técnica em computação ou engenharias sem a devida transposição para o contexto do ensino fundamental.

A etapa de *Triagem* avançou com 429 estudos para análise sistemática, dos quais 387 foram invalidados. Esse refinamento deveu-se à identificação de ensaios teóricos, relatos de experiência sem fundamentação empírica e capítulos de livros, artigos de revisão sistemática, tipologias que não atendiam ao critério de pesquisa com dados reais de aprendizagem em Matemática com IA. No *Deferimento*, a aplicação dos filtros restritivos reduziu o grupo de 42 para 17 artigos selecionados. Entre as causas de desconsideração final, destacaram-se estudos sobre IA aplicada à Matemática sem evidências de mudança cognitiva no estudante ou focados exclusivamente em revisões bibliográficas. A amostra final, correspondente a 1,65% do volume inicial, evidencia que a produção científica atual que articula IA e aprendizagem matemática no ensino fundamental (6º ao 9º ano) de forma empírica permanece em estágio emergente.

Resultados: *corpus* e perfil da produção

Os 17 artigos selecionados são apresentados na Tabela 2, que consolida os trabalhos que atingiram o estágio de deferimento após superarem os filtros de elegibilidade que priorizaram a aplicação prática da IA na aprendizagem matemática.

Tabela 2 - Trabalhos deferidos na revisão de literatura (dados da pesquisa)

Identificador	Ano	Autor	Título
C ₁	2015	Van Buuren, Heck e Ellermeijr	Understanding of Relation Structures of Graphical Models by Lower Secondary Students
C ₂	2019	Kaloti-Hallak, Armoni e Ben-Ari	The Effect of Robotics Activities on Learning the Engineering Design Process
C ₃	2020	Çetinkaya e Baykan	Prediction of middle school students' programming talent using artificial neural networks
C ₄	2020	Kert, Erkoç e Yeni	The effect of robotics on six graders' academic achievement, computational thinking skills and conceptual knowledge levels
C ₅	2021	Hanrie S. Bezuidenhout	An early grade science, technology, engineering and mathematics dialogue reading programme: The development of a conceptual framework
C ₆	2023	Park e Kwon	Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in Republic of Korea
C ₇	2023	Jablonski S.	Is it all about the setting? — A comparison of mathematical modelling with real objects and their representation
C ₈	2023	Kim e Lee	Investigation into the Influence of Socio-Cultural Factors on Attitudes toward Artificial Intelligence
C ₉	2023	Sanusi <i>et al.</i>	Developing middle school students' understanding of machine learning in an African school
C ₁₀	2024	Jaramillo Rivera <i>et al.</i>	Integración de la Trigonometría y la Tecnología en la Agricultura: Una Experiencia Educativa Significativa STEM
C ₁₁	2024	Song <i>et al.</i>	Students' Perceived Roles, Opportunities, and Challenges of a Generative AI-powered Teachable Agent: A Case of Middle School Math Class

C ₁₂	2024	Keune A.	Learning within fiber-crafted algorithms: Posthumanist perspectives for capturing human-material collaboration
C ₁₃	2024	Liu e Yuxing	Research on the double-edged sword effect of AI in middle school students' learning applications
C ₁₄	2024	Wang <i>et al.</i>	Investigating dialogic interaction in K12 online one-on-one mathematics tutoring using AI and sequence mining techniques
C ₁₅	2024	Nakamoto <i>et al.</i>	Integrating self-explanation and operational data for impasse detection in mathematical learning
C ₁₆	2024	Aneng He <i>et al.</i>	AI-driven predictive models for optimizing mathematics education technology: Enhancing decision-making through educational data mining and meta-analysis
C ₁₇	2025	Liu Zifeng <i>et al.</i>	Engagement patterns of middle school students with AI teachable agents in mathematics learning

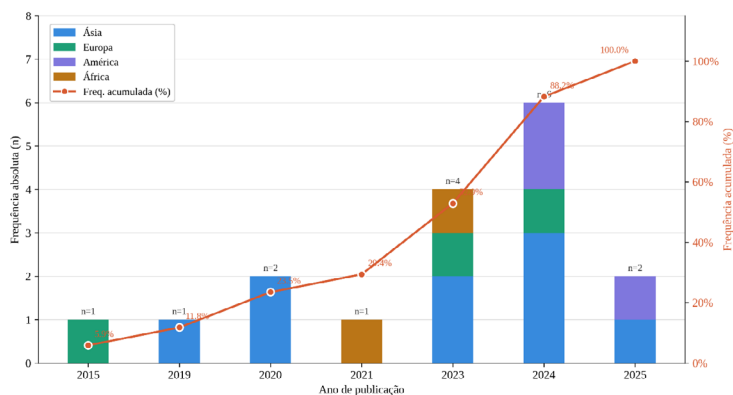
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A revisão da literatura revela um recorte temporal concentra-
do entre 2015 e 2025, evidenciando uma expansão exponencial das
publicações nos últimos anos. Observa-se que 70,5% dos trabalhos
(12 de 17) foram publicados a partir de 2023, sendo que a maioria
absoluta (47%, ou 8 de 17) concentra-se especificamente no biênio
2024-2025. Esse dado reflete a urgência acadêmica em compreender
a inteligência artificial no ensino fundamental, com foco na constru-
ção significativa de conceitos de álgebra, geometria, aritmética e tri-
gonometria mediada por tecnologias emergentes e robótica.

No que se refere à procedência geográfica, observa-se uma
produção descentralizada, com contribuições relevantes da China
(17,6%), Estados Unidos (17,6%) e Turquia (11,7%), seguidos por pa-
íses como Coreia do Sul, Colômbia e Nigéria, indicando que a investi-
gação sobre a produção de conhecimento matemático por meio da IA

é um esforço global que transcende os polos tecnológicos tradicionais. Quanto aos aspectos metodológicos, os critérios de inclusão priorizaram estudos que vinculassem atividades práticas, como o uso de modelos preditivos, agentes tutores e robótica, à aprendizagem matemática, enquanto foram excluídos trabalhos que não apresentassem aplicação direta no ensino fundamental ou que abordassem a tecnologia de forma meramente instrumental, sem foco na ressignificação de conteúdos curriculares. É imperativo ressaltar, contudo, a delimitação linguística desta pesquisa, que se restringiu aos idiomas português, inglês e espanhol. Portanto, os dados aqui apresentados não pretendem esgotar a totalidade da produção global, mas caracterizar a produção científica acessível nos repositórios consultados sob o recorte linguístico e os elementos de busca adotados, servindo como uma amostra fidedigna das tendências contemporâneas na área.

Gráfico 1 - Distribuição temporal e geográfica dos artigos selecionados (2015-2025)



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A análise geográfica dos 17 artigos selecionados revela uma produção científica concentrada na Ásia (41,2%), seguida pela Europa (29,4%), América (17,6%) e África (11,8%), configurando um *corpus*

com representatividade intercontinental, ainda que assimétrica. A liderança asiática é impulsionada sobretudo pela China ($n = 3$; 17,6%) e pela Coreia do Sul ($n = 2$; 11,8%), países que figuram entre os maiores investidores globais em tecnologia educacional e IA, o que sugere uma convergência direta entre políticas nacionais de inovação e o volume de publicações indexadas nas bases consultadas. A América do Norte, representada exclusivamente pelos Estados Unidos ($n = 2$; 11,8%), compartilha com a China a maior frequência absoluta por país, enquanto a presença europeia, distribuída entre Alemanha, Holanda e Lituânia ($n = 1$ cada), indica uma produção mais pulverizada entre diferentes tradições acadêmicas.

Notavelmente, a Oceania está ausente do *corpus*, e a América Latina aparece com uma única publicação colombiana, sinalizando lacunas geográficas que podem refletir tanto barreiras de indexação quanto o recorte linguístico adotado, o que torna provável a subrepresentação de produções relevantes em mandarim, coreano, árabe e outras línguas de países com produtividade na área. A análise temporal evidencia uma expansão expressiva a partir de 2023, com 58,8% das publicações concentradas no biênio 2024/2025 ($n = 10$), em contraste com apenas quatro artigos distribuídos entre 2015 e 2021, dado que o gráfico torna visualmente inequívoco pela inclinação acentuada da curva de frequência acumulada nos últimos dois anos do recorte. Esse padrão não é casual: coincide com a popularização de grandes modelos de linguagem e com a intensificação do debate acadêmico sobre o papel da IA generativa na educação básica, fenômeno que acelerou a produção indexada em escala global.

Contudo, a concentração temporal recente impõe uma limitação analítica relevante, o estágio atual das publicações possibilita mapear os conceitos matemáticos mais frequentes e as tecnologias utilizadas, mas ainda não fornece evidências suficientes para uma avaliação sobre os impactos da IA na aprendizagem matemática a longo prazo, uma vez que a maioria dos estudos apresenta delineamentos

experimentais de curta duração e amostras circunscritas a contextos nacionais específicos. A representatividade geográfica, delimitada pelo alcance das bases e pelos idiomas selecionados, deve ser lida como uma amostra fidedigna das tendências contemporâneas acessíveis, e não como um retrato exaustivo da produção global, o que, por si só, constitui uma agenda de pesquisa: ampliar os critérios linguísticos e as bases consultadas para capturar contribuições de regiões ainda silenciadas neste mapeamento.

Procedimento analítico e categorias emergentes

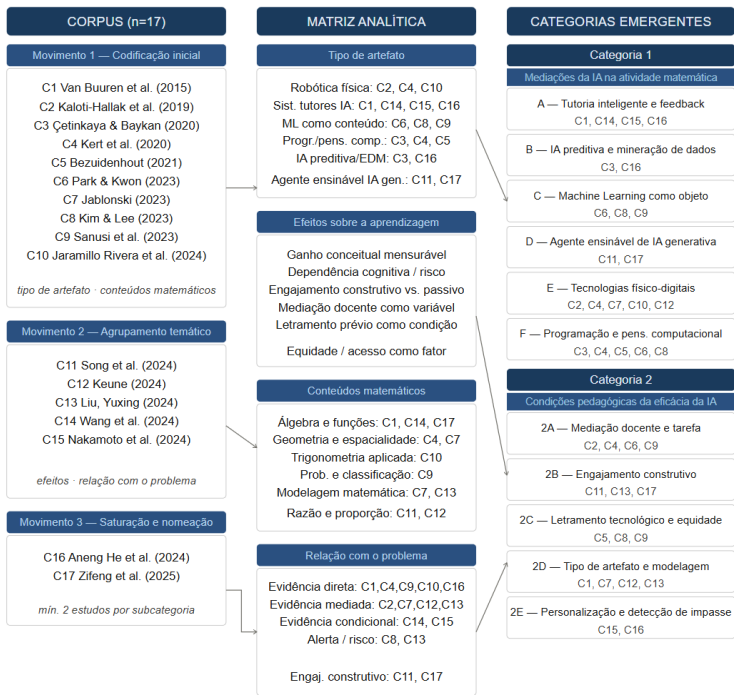
Após a seleção final dos 17 artigos, procedemos à leitura integral de cada trabalho deferido e ao preenchimento sistemático de uma matriz analítica construída com as seguintes dimensões: base de dados de origem, autores, ano e país de publicação, tipologia metodológica, objetivo central do estudo, teoria ou referencial de aprendizagem mobilizado, natureza das atividades desenvolvidas, softwares e plataformas utilizados, placas ou dispositivos robóticos empregados, resultados relatados, conteúdos matemáticos abordados e relação com o problema de pesquisa. Essa matriz funcionou como instrumento de organização transversal dos dados, tornando visíveis padrões e convergências que a leitura linear dos artigos isolados não permitiria identificar.

A partir desse instrumento, as categorias analíticas foram construídas por meio de análise temática indutiva. Adotou-se o protocolo de Braun e Clarke (2006), que orienta a construção de categorias diretamente a partir dos dados empíricos, sem enquadramento teórico prévio, em movimentos progressivos de codificação, agrupamento e nomeação. O processo seguiu três movimentos sucessivos. No

primeiro, a codificação inicial, foram identificadas em cada artigo as formas concretas de mobilização da IA ou da robótica e os tipos de efeito relatados sobre a aprendizagem ou o raciocínio matemático. Por exemplo, C4 relatou que a robótica física gerou redes conceituais mais estáveis do que a programação em blocos, código que foi registrado como “diferencial do artefato físico sobre a construção conceitual”. No segundo movimento, o agrupamento temático, os códigos foram reunidos por similaridade funcional e epistemológica: artigos nos quais a IA monitorava, diagnosticava e respondia ao estudante em tempo real (C1, C15, C16, C17) convergiam para uma mesma função mediadora, independentemente de seus contextos nacionais ou referenciais teóricos distintos. Artigos nos quais o *Machine Learning* era objeto de aprendizagem e não ferramenta de suporte (C6, C8, C9, C14) configuravam uma inversão pedagógica específica que merecia subcategoria própria.

No terceiro movimento, a nomeação e verificação de saturação, conforme proposto por Braun e Clarke (2006), cada subcategoria foi nomeada e submetida ao critério de sustentação mínima por ao menos dois estudos do *corpus*, o que permitiu que as categorias não refletissem achados singulares ou idiossincráticos. Esse processo gerou duas categorias analíticas principais, cada uma com subcategorias derivadas dos dados: a Categoria 1, denominada “Mediações da IA na atividade matemática”, reúne seis subcategorias organizadas segundo o tipo de artefato utilizado e o papel epistêmico atribuído à tecnologia na relação estudante-conhecimento; a Categoria 2, denominada “Condições pedagógicas da eficácia da IA”, organiza cinco subcategorias a partir dos fatores que modulam, positivamente ou negativamente, os efeitos da IA sobre o raciocínio matemático. O Diagrama 2 sintetiza esse percurso analítico, articulando os estudos do *corpus* às temáticas identificadas e às categorias emergentes.

Diagrama 2 - Percurso analítico: dos 17 artigos às categorias emergentes



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Como evidenciado no Diagrama 2, os 17 artigos do *corpus* distribuem-se de forma não homogênea entre as categorias: a Categoria 1 concentra estudos que exploram o papel ativo da IA como mediadora do conhecimento matemático, enquanto a Categoria 2 agrupa aqueles cujos achados iluminam as condições sob as quais essa mediação se torna pedagogicamente significativa ou, ao contrário, inócua ou contraproducente. Nas seções seguintes, cada subcategoria é apresentada e discutida a partir dos estudos que a sustentam, com atenção às evidências de aprendizagem matemática relatadas e às tensões ou contradições identificadas entre os trabalhos.

Análise e discussão das categorias

A análise temática indutiva dos 17 artigos do *corpus* gerou duas categorias analíticas principais, construídas a partir dos dados e organizadas em subcategorias empiricamente sustentadas. A Categoria 1, “Mediações da IA na atividade matemática”, examina as diferentes formas pelas quais a IA e a robótica se constituem como artefatos mediadores na relação entre o estudante e o conhecimento matemático, identificando seis subcategorias segundo o tipo de tecnologia mobilizada e o papel epistêmico a ela atribuído. A Categoria 2, “Condições pedagógicas da eficácia da IA”, volta-se para os fatores que modulam, positivamente ou negativamente, os efeitos dessa mediação sobre o raciocínio matemático, reunindo cinco subcategorias derivadas dos achados empíricos. As seções seguintes desenvolvem cada categoria e suas subcategorias, articulando os estudos do *corpus* com a literatura de referência e evidenciando tensões, convergências e lacunas identificadas na produção analisada.

Mediações da IA na atividade matemática: tensões, limites e implicações

A análise do *corpus* de estudos selecionados evidencia que a IA não opera como solução educacional autônoma, e sim como artefato mediador cuja eficácia é contingente às condições pedagógicas, epistemológicas e socioculturais em que é mobilizada. Mais do que potencializar a aprendizagem de forma linear, os estudos indicam que a IA reconfigura as relações entre estudante, conhecimento matemático e tarefa, produzindo efeitos que são simultaneamente produtivos e limitantes (Son, 2024).

Essa mediação não é neutra, nem homogênea, nem universalizável: ela se materializa em seis formas distintas de relação entre estudante, recurso tecnológico (softwares, *applets* etc.) e conteúdo, organizadas nas subcategorias da Categoria 1, Ferramentas de IA como Mediadoras da Atividade Matemática, construída a partir da análise temática dos 17 estudos do *corpus* e apresentadas na Tabela 3 (Azevedo, 2025). Tais subcategorias não representam apenas usos tecnológicos, mas diferentes regimes de atividade matemática, variando entre ampliação do raciocínio e sua externalização de atividade matemática, bem como entre ampliação do raciocínio e sua externalização.

Tabela 3 - Subcategorias da Categoria 1: ferramentas de IA como mediadoras da atividade matemática

Cod.	Subcategoria	Estudos	Descrição
A	Tutoria inteligente e <i>feedback</i> automatizado	C11, C15, C16, C17	Sistemas de IA que monitoram a resolução e oferecem retorno imediato e personalizado
B	IA preditiva e mineração de dados educacionais	C3, C17	Modelos computacionais (ANN, XGBoost) que diagnosticam padrões e otimizam decisões pedagógicas
C	<i>Machine Learning</i> (ML) como objeto de ensino	C6, C8, C9, C14	O ML é conteúdo aprendido pelos estudantes por meio de atividades práticas e éticas
D	Agentes de IA e aprendizagem por ensinar	C1, C15, C17	O estudante interage dialogicamente com agentes virtuais, assumindo papel ativo
E	Tecnologias físico-digitais e modelagem matemática	C1, C2, C4, C7, C10, C13	Robótica, impressão 3D e algoritmos tangíveis como contextos para modelagem matemática
F	Programação e pensamento computacional	C3, C4, C5, C6, C8	Ensino de lógica e código como base para o desenvolvimento do raciocínio matemático

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As subcategorias A, B e D concentram os estudos nos quais a IA opera diretamente sobre o processo de aprendizagem, monitorando, diagnosticando e respondendo ao estudante em tempo real.

Entretanto, os resultados não autorizam uma leitura simplista, de “melhoria da aprendizagem”, pois os ganhos observados estão condicionados a mediações frequentemente subexploradas. Na subcategoria A, C11, C15, C16 e C17 demonstram que sistemas de tutoria inteligente e feedback automatizado produzem efeitos mensuráveis na aprendizagem matemática: C16 detecta impasses cognitivos com 80,06% de precisão ao integrar autoexplicação e dados de escrita manual; C11 registra que o estudante reorganiza o conhecimento matemático ao ensinar o agente virtual, promovendo metacognição; C15 evidencia padrões discursivos matematicamente mais ricos em tutorias individuais mediadas por IA.

Contudo, tais evidências indicam predominantemente otimização do desempenho e correção de trajetórias, e não necessariamente reestruturação do pensamento matemático. Isso sugere que os efeitos observados incidem mais sobre a regulação do erro e da resposta do que sobre a construção conceitual profunda (Azevedo, 2024). Os ganhos observados não são efeitos diretos da IA sobre o estudante, mas sim efeitos mediados pela reorganização da prática docente, especialmente no caso de C11. Son (2024), ao examinar sistemas de tutoria inteligente pelo modelo SAMR, situa esse conjunto no nível de ampliação/argumentação, ainda distante do nível de redefinição, o que indica que o potencial transformador dessas ferramentas permanece, em grande medida, não realizado.

Na subcategoria B, C3 e C17 avançam para um uso preditivo da IA. C17 identifica a duração do uso tecnológico como variável crítica para os resultados de aprendizagem, enquanto C3 alcança 95,97% de precisão na predição de aptidão para programação. Esse movimento introduz uma inflexão epistemológica importante: a aprendizagem passa a ser tratada como objeto de previsão e otimização algorítmica. A predição, no entanto, não explica a aprendizagem, apenas identifica padrões correlacionais, cuja interpretação pedagógica permanece aberta. Em termos matemáticos, isso implica que a IA opera no nível

do desempenho observável, e não na estrutura lógica dos conceitos mobilizados (Huang; Qiao, 2022; Gadanidis; Li; Tan, 2024). O achado de C17 é particularmente relevante ao desafiar a suposição de que maior exposição tecnológica implica maior aprendizagem, evidenciando que o tempo de uso é uma variável qualitativa, e não apenas quantitativa. Como advertem Anqueban e Huincahue (2024) e Bialik e Fadel (2024), tais modelos carregam o risco de cristalizar trajetórias e reproduzir desigualdades, especialmente em contextos de vulnerabilidade. Na subcategoria D, C1, C15 e C17, posicionam o estudante como ensinante do agente virtual, sugerindo mais engajamento cognitivo. No entanto, os dados indicam que interação não é sinônimo de aprendizagem.

A fluidez discursiva mediada por IA pode mascarar fragilidades conceituais, o que reforça a necessidade de tarefas que tornem visíveis as estruturas matemáticas mobilizadas, e não apenas a sua verbalização, entendida aqui como a expressão oral ou escrita de procedimentos sem que haja, necessariamente, compreensão das relações conceituais subjacentes. Esse aspecto é particularmente crítico em conteúdos como álgebra e argumentação geométrica na educação básica, nos quais a consistência lógica do pensamento algorítmico-matemático não pode ser inferida apenas pela linguagem produzida, isto é, não é só porque programou um código que há conhecimento construído com significados (Azevedo; Maltempi, 2020; 2023). As subcategorias C, E e F reúnem os estudos em que a IA é objeto de aprendizagem ou contexto de produção matemática, e é nesse conjunto que se concentram os efeitos mais robustos, embora também mais exigentes.

Na subcategoria C, C6, C8, C9 e C14 apresentam uma inversão pedagógica relevante: o Machine Learning deixa de ser ferramenta e torna-se conteúdo. C9 evidencia que estudantes sem conhecimento prévio em STEM conseguem construir árvores de decisão, treinar modelos de reconhecimento de imagens e identificar vies

algorítmico, mobilizando conceitos de classificação, probabilidade e lógica booleana. C6 apresenta resultados semelhantes em outro contexto nacional. Esse movimento desloca o estudante da posição de usuário de tecnologia para a de produtor de modelos matemáticos baseados em dados (Papert, 2008; Resnick, 2017).

Essa mudança de posição, contudo, não ocorre de forma homogênea entre os recursos tecnológicos disponíveis. As interfaces mobilizadas nas subcategorias C e F variam significativamente em termos de exigência sintática, grau de abstração matemática requerida e nível de mediação docente necessária para que o estudante opere sobre estruturas conceituais, e não apenas sobre superfícies funcionais. A Tabela 4 apresenta uma seleção representativa de ferramentas de IA identificadas nos estudos do *corpus*, não um inventário exaustivo, organizada em espectro crescente de exigência sintática e abstração matemática, do ambiente visual sem escrita de código até o uso de linguagem Python com frameworks de *deep learning*. A seleção privilegia ferramentas com maior recorrência entre os estudos e maior potencial de transposição didática, evidenciando que a escolha da ferramenta não é neutra: ela define, em grande medida, qual matemática o estudante efetivamente pode mobilizar.

Tabela 4 - Ferramentas de IA mobilizadas nos estudos do *corpus*: interfaces e identidades

Ferramenta	Interface	Identidade Visual
Teachable Machine	Interface visual, sem escrita de código. Foco na amostragem de dados	
Lobe.ai	Interface visual para classificação de imagens/dados. Rápida prototipagem de modelos	
Code + IA	Ambiente de programação em blocos, introduzindo estruturas lógicas e de controle	

Scratch + Extensão IA	Programação baseada em blocos, permitindo a criação do agente e a decomposição	
Micro:bit AI	Programação em blocos para controle de <i>hardware</i> e análise de dados em tempo real	
Python + TensorFlow	Linguagem Python e <i>framework</i> de <i>Deep Learning</i> . Exige sintaxe e rigor matemático	

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Essa variação não é apenas tecnológica: é epistemológica. Ferramentas como o Teachable Machine e o Lobe.ai permitem que estudantes sem letramento computacional prévio construam modelos de classificação e identifiquem variáveis relevantes, o que o C9 confirma empiricamente. O Scratch com extensão de IA e o Micro:bit AI introduzem estruturas lógicas e controle de fluxo que aproximam a programação da álgebra procedimental. O Python com TensorFlow, por sua vez, exige compreensão de estruturas matemáticas subjacentes, funções de ativação, gradiente, matrizes, representando o maior grau de exigência conceitual entre os recursos mapeados. Entretanto, esses efeitos dependem de um design pedagógico altamente estruturado. A ausência de progressividade conceitual pode levar ao fenômeno identificado em C14: a transformação do ML em uma “caixa-preta”, na qual o estudante opera modelos sem refletir, analisar e compreender seus fundamentos matemáticos.

Na subcategoria E, a mais numerosa do corpus, C1, C2, C4, C7, C10 e C13 sugerem que tecnologias físico-digitais podem criar condições particularmente potentes para a modelagem matemática. C7 demonstra experimentalmente que representações tridimensionais promovem uma elaboração matemática mais rica do que fotos ou descrições verbais; C10 integra razões trigonométricas e sensores

programáveis em contexto agrícola real; C13 revela, sob perspectiva pós-humanista, que materiais e estudantes são coatores da atividade matemática. O diferencial aqui não reside na IA em si, mas na materialidade da experiência, que torna manipuláveis e visíveis estruturas matemáticas abstratas. No caso de C10, por exemplo, conceitos como inclinação, razão trigonométrica e medição são operacionalizados em situações reais, o que fortalece a compreensão conceitual. A construção de artefatos públicos e significativos aprofunda a aprendizagem de modo que a instrução direta e sem significados não se replique.

Na subcategoria F, C3, C4, C5, C6 e C8, evidenciam que a programação opera como linguagem de modelagem matemática. C4 demonstra que estudantes que programaram robôs físicos desenvolveram redes conceituais mais estáveis do que aqueles em ambientes exclusivamente virtuais; C5 indica que o letramento computacional prévio é condição para o uso produtivo da tecnologia. No entanto, a programação não garante, por si só, pensamento matemático. Há o risco de redução à execução sintática de comandos, sem compreensão semântica das estruturas envolvidas. Ou seja, o estudante pode operar algoritmos sem compreender as relações matemáticas que os sustentam (Papert, 2008).

O uso significativo da tecnologia computacional pressupõe, portanto, que o estudante já disponha de repertório conceitual mínimo sobre o qual a ferramenta possa operar, o que não implica domínio prévio completo, mas sim que a tecnologia seja introduzida em articulação com, e não em substituição, a construção dos conceitos matemáticos (Resnick, 2023). A leitura analítica das seis subcategorias evidencia uma tensão estruturante no *corpus*: os efeitos mais consistentes sobre o raciocínio matemático não estão associados ao uso da IA em si, mas ao grau de exigência cognitiva das tarefas propostas em relação ao nível conceitual dos estudantes que as realizam. Estudos como C4, C7, C9, C10 e C16 convergem ao colocar o estudante em posição de produtor de modelos, explicações e previsões.

Por outro lado, quando a IA reduz a atividade matemática à resposta automatizada, sugestão ou otimização, há indícios de substituição do raciocínio, e não de sua ampliação. Esse risco, embora presente, é raramente problematizado com profundidade pelos próprios estudos. Persistem ainda limitações estruturais no *corpus*: predominância de estudos de curta duração, em contextos controlados, com amostras restritas e métricas centradas no desempenho imediato, o que compromete a validade ecológica, isto é, a capacidade de os resultados serem generalizados para contextos educacionais reais e variados, e a compreensão de efeitos de longo prazo. Há uma lacuna relevante na literatura quanto à consolidação de aprendizagens matemáticas ao longo do tempo, especialmente em conceitos estruturantes como função, proporcionalidade e variabilidade. Variáveis como mediação docente, tempo de exposição (C17), letramento tecnológico (C5) e natureza do artefato (C7) emergem como fatores decisivos, embora tratados como secundários.

Resnick (2023) e Gadanidis, Li e Tan, (2024) convergem em um ponto central: *a IA pode tanto ampliar quanto empobrecer a atividade matemática. O fator decisivo não é a sofisticação da ferramenta, mas a intencionalidade pedagógica, a qualidade das tarefas e as condições de mediação.* Compreender a IA como meio, e não como solução, implica reconhecer que seus efeitos são sempre relacionais, situados e contingentes. Sua eficácia depende do professor que a mobiliza, da tarefa que a orienta, do estudante que a interpreta e do contexto que a condiciona. No contexto do Ensino Fundamental II, isso implica reconhecer que a aprendizagem matemática ocorre quando o estudante opera sobre estruturas matemáticas e não apenas sobre respostas automatizadas. É precisamente essa dimensão relacional que a Categoria 2 se propõe a aprofundar.

Condições pedagógicas da eficácia da IA na aprendizagem matemática

Se a Categoria 1 responde *o que* a IA faz pela aprendizagem matemática, a Categoria 2 responde *quando* e *por que* esse potencial se realiza ou se frustra. Mais do que uma relação causal direta, trata-se de compreender a IA como um artefato sociotécnico cujo efeito educacional é mediado por condições pedagógicas, culturais e epistêmicas. Em C9, estudantes nigerianos sem qualquer conhecimento prévio em STEM aprendem Machine Learning de forma significativa; em C14 e C15, estudantes com acesso irrestrito à IA generativa desenvolvem dependência cognitiva e queda de desempenho. O artefato tecnológico, em ambos os casos, é comparável em sofisticação.

O que difere são as condições pedagógicas que envolvem seu uso. Essa assimetria não é uma contradição da literatura, é a sua contribuição para o campo da Educação em especial para a educação matemática, pois evidencia que a eficácia da IA não é uma propriedade da ferramenta, mas uma construção relacional situada, e é ela que as quatro dimensões analíticas a seguir se propõem a explicar. Anqueban e Huincahue (2024), em sua revisão sistemática, identificam que a maioria dos estudos sobre IA na educação matemática reporta resultados positivos, mas raramente explicita as condições de contorno que tornaram esses resultados possíveis. Essa lacuna é pedagogicamente perigosa: ela pode gerar a ilusão de que a IA, por si só, é suficiente para melhorar a aprendizagem, quando o que parte da literatura demonstra é que o mesmo artefato pode produzir efeitos opostos, dependendo do contexto de uso.

Essa centralidade excessiva atribuída à ferramenta de IA, como se seus efeitos educacionais fossem inerentes à sua arquitetura e independentes das condições de uso, configura o que Papert (2008) denomina tecnodeterminismo educacional: a redução de processos complexos de aprendizagem a propriedades do artefato,

obscurecendo o papel decisivo das mediações pedagógicas, culturais e epistêmicas que o circundam. Resnick (2023) sintetiza essa tensão ao argumentar que a IA generativa pode tanto ampliar a criatividade matemática dos estudantes quanto restringir sua autonomia intelectual, e que o fator decisivo não é a ferramenta em si, mas a intencionalidade pedagógica que orienta seu uso. A Tabela 5 organiza as quatro subcategorias que compõem essa dimensão.

Tabela 5 - Condições pedagógicas para a eficácia da IA na aprendizagem matemática

Cod.	Subcategoria	Estudos	Descrição
2A	Mediação docente e qualidade da tarefa	C2, C4, C11, C17	A eficácia da IA depende da intencionalidade pedagógica do professor e do design das tarefas matemáticas
2B	Engajamento construtivo e risco de dependência cognitiva	C11, C13, C15	Interações superficiais ou de alto volume sem profundidade cognitiva resultam em declínio de desempenho
2C	Letramento tecnológico e equidade de acesso	C5, C8, C9	Contexto sociocultural, vocabulário técnico e experiência prévia condicionam o aproveitamento da IA
2D	Tipo de artefato e ambiente de modelagem	C1, C7, C12	A natureza do artefato (físico, digital ou híbrido) afeta as etapas do ciclo de modelagem matemática

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A primeira dessas condições é a mediação docente, e o corpus é inequívoco a esse respeito. (C11) acrescentam uma dimensão complementar decisiva: ao investigar as percepções de estudantes do Ensino Fundamental II sobre um agente ensinável com IA generativa GPT-4-Turbo em aulas de Razão e Proporção, o estudo evidencia

que o feedback em tempo real e a personalização aumentaram o engajamento, mas que o potencial metacognitivo da interação, ou seja, o estudante reorganizando o conhecimento ao ensinar a IA, só se realizou nos grupos em que a tarefa foi estruturada com intencionalidade pedagógica explícita, sob o referencial do Learning-by-Teaching e do socioconstrutivismo. Liu Zifeng *et al.* (C17) confirmam esse padrão ao identificar que a duração e a qualidade do engajamento com o agente ensinável variaram significativamente conforme o design das atividades propostas, e não apenas conforme as características individuais dos estudantes.

Esse achado tem uma implicação estrutural que o texto não pode suavizar: a tecnologia não age diretamente sobre o estudante; ela age sobre a intencionalidade pedagógica que a mobiliza, que, por sua vez, age sobre o estudante. Suprimir essa cadeia de mediação da análise é confundir a ferramenta com o seu efeito. Essa interpretação converge com a noção de contexto formativo de invenção científico-tecnológica, na qual o conhecimento emerge da interação entre sujeitos, artefatos e intencionalidades pedagógicas, e não do artefato isoladamente (Azevedo; Maltempi, 2022).

Gadanidis, Li e Tan (2024) aprofundam esse argumento ao demonstrar que professores que compreendem as intersecções entre matemática e IA são capazes de desenhar tarefas que exploram o potencial de redefinição dessas ferramentas, o que torna a formação docente condição estrutural, e não variável secundária, para a eficácia educacional da IA. Kaloti-Hallak, Armoni e Ben-Ari (C2) acrescentam uma dimensão qualitativa precisa: em atividades de robótica, a maioria dos estudantes atinge os níveis de compreensão e aplicação da Taxonomia de Bloom, porém poucos alcançam o nível de criação, e essa diferença é diretamente correlacionada à qualidade da mentoria recebida, não à sofisticação do hardware. Kert, Erkoç e Yeni (C4) reforçam esse argumento ao demonstrar que a superioridade da robótica sobre a programação em blocos não é automática: ela depende

da estruturação didática das tarefas ao longo das dez semanas de intervenção. Em ambos os estudos, o artefato tecnológico permanece constante; o que varia é a intencionalidade pedagógica que o orienta.

A segunda condição refere-se à qualidade do engajamento cognitivo do estudante, e é aqui que o *corpus* apresenta seus achados mais críticos e analiticamente mais exigentes. (C13) investiga o efeito de faca de dois gumes da IA generativa: ao mesmo tempo que aumenta a eficiência e a profundidade em tarefas de busca de informação, ela gera riscos concretos de plágio, preguiça psicológica e degradação de habilidades matemáticas autônomas quando usada sem mediação adequada. O mecanismo desse risco, embora C13 não o formule explicitamente, pode ser inferido da articulação com Resnick (2023): quando a IA fornece a resposta antes que o estudante tenha formulado a pergunta, ela interrompe o processo de luta produtiva que é central para a aprendizagem matemática significativa. Esse fenômeno também pode ser interpretado como uma ruptura do ciclo construcionista proposto por Papert (2008), no qual o aprender depende da externalização, reflexão e reconstrução de ideias com significados matemáticos.

(C11) oferecem evidência convergente e analiticamente complementar: no estudo com o agente ensinável em aulas de Razão e Proporção, estudantes que assumiram o papel ativo de ensinante da IA, explicando conceitos ao agente e corrigindo suas respostas, demonstraram reorganização do conhecimento e redução de lacunas de desempenho. Em contraste, estudantes que interagiram com o agente de forma passiva, limitando-se a receber respostas sem questioná-las, não apresentaram ganhos conceituais equivalentes. Os autores interpretam essa assimetria à luz do Learning-by-Teaching: o ato de ensinar a IA exige que o estudante explicita, organize e depure seu próprio raciocínio, produzindo engajamento cognitivo de natureza qualitativamente distinta da mera interação com feedback automatizado. (C15) acrescentam precisão técnica a esse quadro: ao integrar dados de autoexplicação e escrita manual, o sistema desenvolvido

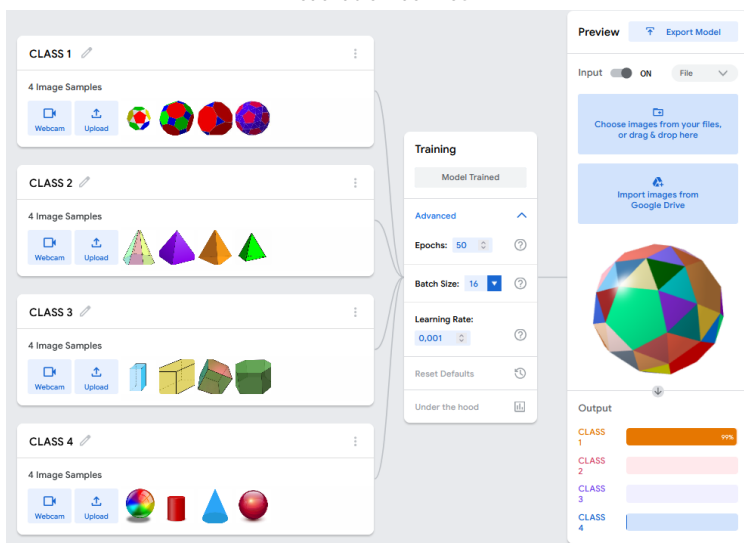
detecta impasses cognitivos com 80,06% de precisão, evidenciando que a qualidade do engajamento é mensurável e que sua ausência pode ser identificada em tempo real, o que abre possibilidades para intervenção docente antes que a passividade cognitiva se consolide.

(C15) oferecem a evidência empírica mais precisa nessa direção. Em seu estudo com agentes ensináveis de IA em matemática, o grupo de alto desempenho apresentou 62,78% de interações classificadas como construtivas, caracterizadas por elaboração, questionamento e reformulação do conhecimento. O grupo de baixo desempenho, em contraste, apresentou 50,4% de interações classificadas como tédio ou passividade, descritas pelos autores como *high-volume yet low-yield*: alto volume de interação sem profundidade cognitiva. A distinção é analiticamente decisiva: ambos os grupos usaram a ferramenta de IA intensivamente; o que diferiu foi a qualidade do engajamento, e essa qualidade não emergiu espontaneamente, mas foi condicionada pelo design das tarefas e pelo nível de suporte pedagógico disponível. A implicação direta para a prática docente é que interação com IA não é, por definição, engajamento construtivo: o volume de uso pode mascarar passividade cognitiva, e o indicador pedagogicamente relevante não é o quanto o estudante interage com a ferramenta, mas sim o que ele faz cognitivamente durante essa interação. Essa constatação reforça a necessidade de deslocar métricas educacionais de uso para métricas de qualidade epistêmica da interação.

O relatório *Stanford University* (2024) contextualiza esses achados ao nível global, alertando que o ritmo de adoção da IA nas escolas frequentemente supera a capacidade das instituições de avaliar e mitigar seus efeitos negativos, o que transforma a questão do engajamento construtivo em um problema não apenas de pesquisa, mas de política educacional. Baidoo-Anu e Owusu Ansah (2023) reforçam esse ponto ao indicar que os benefícios da IA dependem de integração pedagógica crítica, e não de adoção indiscriminada. A terceira condição diz respeito ao letramento tecnológico e às condições de

acesso, e os dados revelam aqui uma tensão interna que o *corpus* não pode ignorar. Sanusi *et al.* (C9) demonstram que estudantes nigerianos sem qualquer conhecimento prévio em STEM conseguiram construir árvores de decisão, treinar modelos de reconhecimento de imagens e identificar viés algorítmico, mobilizando conceitos de classificação, probabilidade e lógica booleana. O estudo desafia diretamente a hipótese de que interesse ou desempenho histórico em ciências seriam pré-condições para a aprendizagem de IA. A Figura 1 ilustra esse processo: no Teachable Machine, estudantes treinam um classificador de padrões geométricos, sólidos, pirâmides, poliedros, sem escrever uma linha de código, mas mobilizando conceitos de classificação, similaridade e probabilidade que integram o currículo matemático do Ensino Fundamental II.

Figura 1 – Processo de treinamento e predição de padrões geométricos no Teachable Machine3



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

3 Dados da pesquisa do 1º autor (pós-doutorado, Unesp/CNPq).

Kim e Lee (C8) confirmam esse potencial em outro contexto: estudantes em desvantagem sociocultural apresentam atitudes mais positivas após intervenções estruturadas em educação em IA, sugerindo que a tecnologia pode ser vetor de equidade quando democraticamente acessada, e que a experiência prévia com programação, embora seja o fator que mais explica a aceitação inicial, é modificável por intervenção pedagógica, e não uma barreira fixa. É aqui, porém, que (C5) introduz uma distinção que o *corpus* não pode suprimir: a linguagem e o vocabulário técnico, palavras como *input*, *dados* e *recalibrar*, são pré-requisitos cognitivos para a aprendizagem de robótica e IA, e programas de leitura dialógica podem construir esse letramento antes mesmo do contato com o hardware. Essa evidência não contradiz C9, ela a precisa.

O que C9 derruba é a barreira do interesse e do desempenho histórico em STEM, de natureza motivacional e sociocultural. O que C5 confirma é a existência de uma barreira linguística e conceitual distinta, anterior e de natureza cognitiva. Confundi-las leva a diagnósticos equivocados e, consequentemente, a intervenções igualmente equivocadas: distribuir dispositivos não resolve um déficit de vocabulário, assim como programas de leitura não substituem o acesso à infraestrutura tecnológica. Essa distinção é central para políticas educacionais, pois evidencia que equidade digital não se reduz à conectividade, mas envolve condições cognitivas e culturais de apropriação. O desafio curricular decorrente desse cenário consiste na elaboração de propostas de ensino de Inteligência Artificial que conciliem uma progressão conceitual consistente com a atenção às desigualdades de acesso às tecnologias e às barreiras linguísticas que permeiam, de maneira desigual, as experiências de aprendizagem de matemática dos estudantes (Azevedo, 2025; Gadanidis, 2024).

A quarta condição refere-se à natureza do artefato e ao ambiente de modelagem, e é a que produz as implicações mais diretas para o design pedagógico. Jablonski (C7), em desenho experimental de

quadrado latino, demonstra que representações físicas tridimensionais promovem uma discussão matematicamente mais rica sobre a etapa de apropriação do modelo do que fotografias ou descrições verbais. O diferencial não é estético: é cognitivo. A manipulação física torna visível relações geométricas e espaciais que a representação bidimensional achata, e essa visibilidade tem efeito direto sobre a qualidade do raciocínio matemático produzido. Os autores (C1) acrescentam uma limitação simétrica e igualmente importante: ao investigar a tradução de situações reais em diagramas de dinâmica de sistemas, demonstram que a interpretação baseada na realidade, muitas vezes, mascara a ausência de lógica matemática consistente.

O ambiente de modelagem computacional torna o estudante capaz de operar o diagrama antes de compreendê-lo, o que revela que artefatos digitais de alta usabilidade podem criar a ilusão de domínio conceitual sem que ele exista. Essa limitação é estruturalmente análoga ao risco identificado em C14: a ferramenta é fluida o suficiente para ser operada sem compreensão, e essa fluidez pode ser pedagogicamente enganosa. (C13) radicaliza essa perspectiva a partir de um caso improvável, algoritmos tangíveis tecidos em fibras, demonstrando que materiais e estudantes são coatores da atividade matemática e que o artefato não é apenas suporte: ele orienta, resiste e reconfigura o raciocínio do estudante em tempo real. Azevedo e Maltempi (2023) e Gadanidis (2017) convergem nesse ponto ao argumentarem que o ambiente de modelagem é um interlocutor epistêmico, não um suporte instrucional neutro, e que sua escolha deve ser orientada pela etapa do ciclo de modelagem que se pretende desenvolver: C7 favorece a apropriação e a crítica do modelo; C1 expõe as limitações da construção lógica; C13 materializa sequenciamento e simetria em forma colaborativa e fisicamente incorporada.

Tratar como intercambiáveis as três funções epistêmicas distintas identificadas na subcategoria 2D, a apropriação crítica do modelo (C7), a exposição dos limites da construção lógica (C1) e a

materialização colaborativa de estruturas matemáticas (C12), é um erro de design pedagógico que o *corpus* não autoriza, pois cada artefato condiciona quais operações matemáticas o estudante pode efetivamente realizar sobre o objeto de conhecimento. A leitura integrada das quatro condições pedagógicas permite formular a tese central dessa categoria com a precisão que os dados sustentam: a IA potencializa o raciocínio matemático de estudantes do Ensino Fundamental II quando há confluência entre intencionalidade pedagógica docente, engajamento cognitivo construtivo, letramento tecnológico equitativo e escolha fundamentada do artefato, e esse potencial se frustra quando qualquer uma dessas condições está ausente ou é tratada como secundária. Onde uma dessas condições falha, as demais perdem eficácia: o mesmo artefato que em C9 desenvolve pensamento algorítmico em estudantes vulneráveis é capaz de gerar, em C13 e C15, dependência cognitiva e queda de desempenho. Essa assimetria desloca o debate da pergunta “qual ferramenta de IA funciona melhor” para a pergunta pedagogicamente mais produtiva: “sob quais condições um ambiente de IA pode favorecer a aprendizagem matemática?”. Esse deslocamento representa uma mudança de paradigma: da avaliação de ferramentas para a análise crítica das condições de produção do conhecimento matemático mediado por IA, que é precisamente o que essa categoria se propôs a responder.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão acelerada da IA na educação básica tem produzido mais entusiasmo do que evidência, e mais adoção do que compreensão. O que a literatura científica atual revela, quando submetida a análise, é que a aprendizagem matemática mediada por IA no ensino fundamental não é um efeito da tecnologia, é um efeito da

intencionalidade pedagógica que a antecede, estrutura e interpreta. Sem essa distinção, políticas educacionais correm o risco de investir na ferramenta errada enquanto negligenciam a condição essencial: o professor que sabe o que fazer com ela. A evidência mais perturbadora que emerge do *corpus* não está nos estudos que reportam ganhos, está nos que documentam deterioração. O mesmo período histórico que registra estudantes africanos sem histórico em STEM, construindo modelos de machine learning com consistência conceitual, registra, em outros contextos, estudantes com acesso irrestrito à IA generativa, apresentando declínio em autonomia matemática. Essa assimetria não é uma contradição da literatura, é sua contribuição mais honesta ao campo.

Ela demonstra que a variável crítica nunca foi a tecnologia, e que tratar a IA como sujeito pedagógico, como se ela ensinasse, é um equívoco com consequências curriculares concretas. Para a educação matemática, isso reposiciona o debate. A pergunta relevante não é se a IA melhora o desempenho em matemática, alguns estudos indicam que, sim, sob condições específicas, em horizontes temporais curtos. A pergunta relevante é se a IA, como está sendo mobilizada nas escolas, desenvolve ou substitui o raciocínio matemático do estudante. E a literatura, nesse ponto, ainda não tem resposta definitiva, não porque os dados sejam insuficientes, mas sim porque os estudos, em sua maioria, não foram desenhados para respondê-la. Estes medem desempenho quando deveriam compreender/mensurar estruturação conceitual; medem volume de interação quando deveriam medir qualidade episódica; medem resultados imediatos quando deveriam acompanhar a consolidação de conceitos e procedimentos ao longo do tempo.

Essa lacuna é, simultaneamente, uma limitação do campo e uma agenda. Estudos longitudinais que acompanhem a relação entre mediação por IA e a formação de conceitos estruturantes, função, proporcionalidade e variabilidade são cientificamente urgentes e praticamente inexistentes. A concentração geográfica da produção

analisada, predominantemente asiática e norte-americana, adiciona uma dimensão política a essa urgência: os modelos pedagógicos que a literatura válida foram construídos em contextos de alta infraestrutura, alta formação docente e alta continuidade curricular. Sua transposição acrítica para contextos de vulnerabilidade não é apenas metodologicamente problemática, é pedagogicamente irresponsável. O que esta pesquisa oferece ao campo da Educação e da IA, portanto, não é um catálogo de boas práticas tecnológicas. É um argumento epistemológico: a IA potencializa o que o professor já sabe fazer matematicamente com seus alunos. Nesse sentido, o maior desafio da próxima década não é integrar a IA ao currículo de matemática, é formar professores capazes de pensar matematicamente com ela, antes de ensinar por meio dela.

DECLARAÇÃO SOBRE IA GENERATIVA

Durante a preparação deste capítulo, os autores utilizaram o ChatGPT, Gemini e o Claude Sonnet para auxiliar na redação. Após a utilização dessas ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo, assumindo total responsabilidade por ele.

AGRADECIMENTOS

- O primeiro autor conta com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n.º

150485/2025-5, no âmbito do Pós-Doutorado Júnior (PDJ), vinculado a Greiton Toledo de Azevedo.

- O segundo autor conta com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), processos n.º 2025/07028-5 e 2026/04491-9.

REFERÊNCIAS

ANQUEBAN, D.; HUINCAHUE, J. Artificial intelligence in mathematics education: A systematic review. **Uniciencia**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 357-373, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.20>. Acesso em: 25 jun. 2026.

AZEVEDO, G. T. Pensamento computacional e aprendizagem de matemática no ensino médio com uso de ferramentas tecnológicas. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 19, e98956, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2024.e98956>. Acesso em: 25 jun. 2026.

AZEVEDO, G. T. Inteligência Artificial e aprendizagem matemática no ensino médio: evidências e impactos. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, [s. l.], v. 28, e691, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.12802/relime.2025.28.e691>. Acesso em: 25 jun. 2026.

AZEVEDO, G. T.; MALTEMPI, M. V. Processo de aprendizagem de matemática à luz das metodologias ativas e do pensamento computacional. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, p. 1-18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320200061>.

AZEVEDO, G. T.; MALTEMPI, M. V. Contexto formativo de invenção robótico-matemática: pensamento computacional e matemática crítica. **Bolema**, [s. l.], v. 36, n. 72, p. 214-238, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>.

AZEVEDO, G. T.; MALTEMPI, M. V. Desenvolvimento de habilidades e invenções robóticas para impactos sociais no contexto de Formação em Matemática. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 29, n. 1, p. 1-21, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320230016>. Acesso em: 25 jun. 2026.

BAIDOO-ANU, D.; OWUSU ANSAH, L. Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. **Journal of AI**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 52-62, 2023.

BEZUIDENHOUT, H. S. An early grade science, technology, engineering and mathematics dialogue reading programme: The development of a conceptual framework. **South African Journal of Childhood Education**, Johannesburg, v. 11, n. 1, a1038, ago. 2021. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1316886.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2026.

BIALIK, M.; FADEL, C. **A educação em tempos de mudanças rápidas: Educação para a era da inteligência artificial**. [s. l.]: Fundação Santillana, 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1996.

BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006.

ÇETINKAYA, A.; BAYKAN, Ö. K. Prediction of middle school students' programming talent using artificial neural networks. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 1434-1441, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.07005>.

FADEL, C. **Educação para a era da inteligência artificial**. [s. l.]: Fundação Santillana, 2024.

GADANIDIS, G. Artificial intelligence, computational intelligence, and mathematics education. **The International Journal of Information and Learning Technology**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 133-139, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0048>.

GADANIDIS, G.; LI, L.; TAN, J. Mathematics & artificial intelligence: intersections and educational implications. **Journal of Digital Life and**

Learning, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1-24, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51357/jdll.v4i1.249>.

HE, A.; YUAN, W.; LEE, L. S. *et al.* AI-driven predictive models for optimizing mathematics education technology: enhancing decision-making through educational data mining and meta-analysis. **Smart Learning Environments**, [s. l.], v. 12, n. 64, out. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00415-z>. Acesso em: 25 jun. 2026.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial intelligence in education: promise and implication for teaching & learning**. [s. l.]: Center for Curriculum Redesign, 2019.

JABLONSKI, S. Is it all about the setting? — A comparison of mathematical modelling with real objects and their representation. **Educational Studies in Mathematics**, [s. l.], v. 113, p. 307-330, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10215-2>.

JARAMILLO RIVERA, E. F.; JARAMILLO RODRÍGUEZ, F. A.; MUÑOZ BURBANO, J. E. Integración de la Trigonometría y la Tecnología en la Agricultura: Una Experiencia Educativa Significativa STEM. **Discimus: Revista Digital de Educación**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 115-125, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61447/20231211/art6>.

KALOTI-HALLAK, F.; ARMONI, M.; BEN-ARI, M. The Effect of Robotics Activities on Learning the Engineering Design Process. **Informatics in Education**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 105-129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.05>.

KERT, S. B.; ERKOÇ, M. F.; YENİ, S. The effect of robotics on six graders' academic achievement, computational thinking skills and conceptual knowledge levels. **Thinking Skills and Creativity**, [s. l.], v. 38, p. 100714, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100714>. Acesso em: 25 jun. 2026.

KEUNE, A. Learning within fiber-crafted algorithms: Posthumanist perspectives for capturing human-material collaboration. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, [s. l.], v. 19, p. 37-65, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11412-024-09413-2>.

KIM, S.-W.; LEE, Y. Investigation into the Influence of Socio-Cultural Factors on Attitudes toward Artificial Intelligence. **Education and**

Information Technologies, [s. l.], v. 29, p. 9907-9935, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12054-1>.

LIU, Y. Research on the double-edged sword effect of AI in middle school students' learning applications. **SHS Web of Conferences**, [s. l.], v. 209, p. 01015, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202420901015>.

LIU ZIFENG.; XING, W.; NGO, B. *et al.* Engagement patterns of middle school students with AI teachable agents in mathematics learning. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 40971, nov. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24841-8>. Acesso em: 25 jun. 2026.

NAKAMOTO, R. *et al.* Integrating self-explanation and operational data for impasse detection in mathematical learning. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, [s. l.], v. 20, p. 019, 2024. DOI: <https://doi.org/10.58459/rptel.2025.20019>.

NEIRA, M. G. **Inteligência artificial no ensino de graduação: uma questão pedagógica, ética e curricular**. Palestra proferida no lançamento do Centro de Ciência para o Desenvolvimento Inteligência Artificial para Matemática e Aprendizado Inovador (IAMAI), Universidade de São Paulo, 2026. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/inteligencia-artificial-no-ensino-de-graduacao-uma-questao-pedagogica-etica-e-curricular/>. Acesso em: 25 jun. 2026.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L. A.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ (Clinical Research Ed.)**, [s. l.], v. 372, n. 71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008.

PARK, W.; KWON, H. Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in Republic of Korea. **International**

Journal of Technology and Design Education, [s. l.], v. 34, p. 109-135, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09812-2>.

RESNICK, M. **Lifelong kindergarten**: cultivating creativity through projects, passion, peers, and play. Cambridge: MIT Press, 2017.

RESNICK, M. **Generative AI and creative learning**: concerns, opportunities, and choices. [s. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://mres.medium.com/ai-and-creative-learning-concerns-opportunities-and-choices-63b-27f16d4d0>. Acesso em: 1 maio 2026.

SANUSI, I. T.; OYELERE, S. S.; VARTIAINEN, H.; SUHONEN, J.; TUKIAINEN, M. Developing middle school students' understanding of machine learning in an African school. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 5, p. 100155, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100155>.

SONG, Y.; KIM, J.; LIU, Z.; LI, C.; XING, W. **Students' perceived roles, opportunities, and challenges of a generative AI-powered teachable agent**: a case of middle school math class. [s. l.: s. n.], 2024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.06721>.

TREVISANI, F. M.; MALTEMPI, M. V. Generative AI and pedagogical authorship in mathematics education. In: ROGERSON, A.; MORSKA, J. (Ed.). **Envisioning the future of mathematics education**: Innovations, strategies and challenges in the AI era. [s. l.]: WTM-Verlag, 2026. DOI: <https://doi.org/10.37626/GA9783959873680.0>.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. **Mind**, [s. l.], v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950.

VAN BUUREN, O.; HECK, A.; ELLERMEIJER, T. Understanding of Relation Structures of Graphical Models by Lower Secondary Students. **Research in Science Education**, [s. l.], v. 46, p. 633-666, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9478-4>.

WANG, D.; SHAN, D.; JU, R.; KAO, B.; ZHANG, C.; CHEN, G. Investigating dialogic interaction in K12 online one-on-one mathematics tutoring using AI and sequence mining techniques. **Education and Information Technologies**, [s. l.], v. 30, p. 9215-9240, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13195-9>.

CAPÍTULO 6

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PESQUISA ESCOLAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA:

DESAFIOS ÉTICOS E FORMATIVOS EM UMA FEIRA CIENTÍFICA

Robson Gonçalves do Carmo¹

Sarah Suzane Bertolli²

1 Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG). Professor de ensino fundamental e médio. E-mail: robsoncarmo93@gmail.com.

2 Doutora em Letras e Linguística pela UFG. Coordenadora editorial no IF Goiano. E-mail: sarah.goncalves@ifgoiano.edu.br.

RESUMO

A crescente popularização das ferramentas de Inteligência Artificial (IA) no contexto educacional tem suscitado debates acerca de suas potencialidades pedagógicas, de seus limites éticos e de seus impactos na formação científica de estudantes da educação básica. Nesse cenário, este artigo apresenta um relato de experiência desenvolvido durante a orientação de projetos para uma Feira Científica realizada em duas escolas particulares da cidade de Goiânia/ GO, envolvendo estudantes do ensino fundamental e médio ao longo do primeiro semestre de 2026. O estudo tem como objetivo analisar os desafios e as possibilidades do uso da IA no campo de estudo e pesquisa escolar, problematizando as fronteiras entre autoria, integridade acadêmica e formação crítica diante da intensa circulação midiática de discursos que promovem tais tecnologias como soluções imediatas para os processos de ensino e aprendizagem. Metodologicamente, a investigação fundamenta-se na abordagem qualitativa, de natureza descritivo-reflexiva, utilizando registros produzidos pelo professor-orientador em diário de observação e anotações realizadas em dispositivo móvel durante o acompanhamento das equipes de pesquisa. O referencial teórico dialoga com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), especialmente no que se refere ao campo de estudo e pesquisa, bem como com as contribuições de Libâneo acerca da didática e da formação para a autonomia intelectual e com as reflexões de Harari sobre os impactos contemporâneos das tecnologias digitais e da inteligência artificial. Também são consideradas as recentes normativas voltadas à integridade científica, com destaque para a Política de Integridade na Atividade Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os resultados evidenciam que, embora os estudantes demonstrem familiaridade com recursos tecnológicos voltados ao entretenimento e às redes sociais, apresentam fragilidades relacionadas ao letramento

digital, aos multiletramentos e à produção de gêneros acadêmicos. Observou-se, ainda, que a participação na Feira Científica favoreceu o desenvolvimento de competências relacionadas à argumentação, à oralidade, à gestão do tempo e à comunicação pública da ciência, ainda que de maneira embrionária. Conclui-se que a inserção crítica da IA nos processos de pesquisa escolar exige mediação docente qualificada, práticas de formação científica contínuas e maior articulação entre os conhecimentos produzidos na universidade e as realidades vivenciadas na educação básica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Feira Científica; educação básica; integridade científica; letramento digital.

INTRODUÇÃO

A emergência das tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA) tem provocado transformações significativas nas formas de produzir, acessar e compartilhar informações em diferentes esferas da vida social. No campo educacional, a popularização de plataformas capazes de gerar textos, imagens, códigos e outros produtos intelectuais em poucos segundos passou a integrar debates sobre ensino, aprendizagem, autoria, ética e produção do conhecimento. Em meio ao entusiasmo tecnológico amplamente difundido pelos meios de comunicação, torna-se necessário refletir criticamente sobre os impactos dessas ferramentas nos processos formativos, especialmente quando se trata da iniciação científica de estudantes da educação básica.

A discussão ganha relevância em um contexto no qual a pesquisa escolar ocupa lugar de destaque nos documentos orientadores da educação brasileira. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reconhece o campo de estudo e pesquisa como espaço privilegiado

para o desenvolvimento da curiosidade intelectual, da investigação, da análise crítica de informações e da construção da autonomia dos estudantes (Brasil, 2018). Nesse sentido, pesquisar não corresponde apenas à obtenção de resultados ou à elaboração de produtos finais, mas constitui um processo formativo complexo, permeado por questionamentos, escolhas metodológicas, análise de fontes, reelaboração de ideias e comunicação dos achados.

Sob essa perspectiva, o presente trabalho apresenta um relato de experiência construído a partir da orientação de projetos científicos desenvolvidos por estudantes do ensino fundamental e médio em duas escolas particulares situadas na cidade de Goiânia, Goiás, durante o primeiro semestre de 2026. A experiência ocorreu no contexto de uma Feira Científica escolar, evento que mobilizou equipes compostas por aproximadamente seis estudantes, desafiadas a construir pesquisas, produzir banners científicos e apresentar publicamente seus resultados diante de bancas avaliadoras.

A observação desse processo revelou uma realidade paradoxal. Embora os estudantes demonstrem ampla familiaridade com dispositivos digitais, redes sociais e jogos eletrônicos, verificou-se que muitos apresentam dificuldades relacionadas ao letramento digital e aos multiletramentos necessários para a realização da pesquisa científica. Questões aparentemente elementares, como a organização de informações, a elaboração de textos acadêmicos, a formatação de documentos ou a avaliação crítica de fontes, mostraram-se desafios recorrentes ao longo do percurso investigativo. Tal constatação sugere que o acesso às tecnologias não implica, necessariamente, o domínio das competências cognitivas e discursivas necessárias para a produção do conhecimento científico.

Ao mesmo tempo, a utilização crescente de ferramentas de IA pelos estudantes trouxe à tona questões relacionadas à autoria, à integridade acadêmica e à ética na pesquisa. Se, por um lado, essas tecnologias podem contribuir para a organização de ideias, ampliação

de repertórios e apoio à escrita, por outro, suscitem preocupações quanto à substituição dos processos reflexivos que caracterizam a atividade científica. Nesse aspecto, as reflexões de Harari (2024) são particularmente relevantes ao alertarem para os desafios contemporâneos decorrentes da crescente delegação de funções cognitivas aos sistemas algorítmicos, fenômeno que redefine as relações entre conhecimento, informação e poder.

A preocupação com a integridade científica também encontra respaldo nas recentes normativas nacionais. Destaca-se a Política de Integridade na Atividade Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), instituída pela Portaria n.º 2.664, de 2026, que reafirma princípios relacionados à honestidade, à transparência, à responsabilidade e ao respeito à autoria na produção do conhecimento científico. Embora direcionadas prioritariamente ao ambiente acadêmico, tais diretrizes revelam-se igualmente pertinentes para a formação científica de estudantes da educação básica, sobretudo em um cenário marcado pela expansão das tecnologias generativas.

Outro aspecto evidenciado durante a experiência refere-se às próprias condições de trabalho docente. A orientação de pesquisas escolares ocorre em um contexto marcado pela coexistência de múltiplas demandas relacionadas ao ensino, à pesquisa, à extensão e à organização de eventos institucionais. Tal realidade expõe tensões entre o tempo necessário para o amadurecimento dos processos investigativos e os limites impostos pelos calendários escolares, frequentemente reduzidos diante da complexidade inerente à produção científica. Além disso, observou-se a existência de disparidades entre os conhecimentos metodológicos desenvolvidos na universidade e as práticas efetivamente vivenciadas nas escolas, aspecto relatado por diferentes docentes envolvidos na atividade.

Apesar dessas dificuldades, a Feira Científica configurou-se como um importante espaço de aprendizagem. As apresentações

públicas permitiram aos estudantes desenvolver competências relacionadas à oralidade, à argumentação, à gestão do tempo, ao trabalho colaborativo e à defesa de ideias diante de uma audiência especializada. Em muitos casos, o enfrentamento da timidez e o exercício da fala pública mostraram-se tão significativos quanto os próprios resultados obtidos nas investigações.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar criticamente o uso da IA no contexto da pesquisa escolar desenvolvida durante uma Feira Científica do ensino fundamental, discutindo seus impactos na formação científica dos estudantes, os desafios relacionados à integridade acadêmica e as possibilidades de construção de práticas pedagógicas que promovam uma relação ética, crítica e reflexiva com as tecnologias digitais. A partir do olhar do professor-orientador na Feira Científica, busca-se compreender como a pesquisa escolar pode constituir-se como espaço de formação humana e científica em tempos de inteligência artificial.

ENTRE PERGUNTAS, ALGORITMOS E FORMAÇÃO: PERCURSOS TEÓRICOS PARA PENSAR A PESQUISA ESCOLAR

A discussão sobre o uso da IA na educação básica exige uma análise que ultrapasse as dimensões estritamente tecnológicas e considere os processos pedagógicos, éticos e formativos envolvidos na construção do conhecimento científico. Nesse sentido, a presente pesquisa fundamenta-se em autores que compreendem a educação como prática social, investigativa e emancipatória, bem como em estudos contemporâneos que problematizam os impactos das tecnologias digitais na produção e circulação do conhecimento.

Entre os referenciais que sustentam essa discussão, destacam-se as contribuições de Libâneo (2013), para quem a escola desempenha papel fundamental na mediação entre os conhecimentos historicamente produzidos pela humanidade e a formação intelectual dos estudantes. Na perspectiva da didática crítico-social dos conteúdos, o autor defende que ensinar não significa apenas transmitir informações, mas promover condições para que os sujeitos desenvolvam capacidades de análise, reflexão e intervenção na realidade social. Tal compreensão revela-se particularmente relevante em um contexto marcado pela crescente presença da IA, uma vez que o acesso instantâneo à informação não garante, por si só, a produção de conhecimento crítico.

Para Libâneo (2013), a aprendizagem escolar deve possibilitar a apropriação consciente dos saberes científicos, articulando conteúdos, métodos e finalidades educativas. Dessa forma, a pesquisa escolar não pode ser reduzida à coleta de dados ou à simples reprodução de respostas encontradas em mecanismos digitais. Trata-se de um processo formativo que envolve problematização, investigação, análise e síntese, exigindo dos estudantes a mobilização de habilidades cognitivas complexas. Sob essa ótica, a mediação docente assume papel indispensável na orientação dos percursos investigativos e na formação de sujeitos capazes de interpretar criticamente as informações produzidas e compartilhadas em ambientes digitais.

Essa perspectiva dialoga com as orientações da BNCC, documento que atribui ao campo de estudo e pesquisa um papel central na formação dos estudantes da educação básica. Ao enfatizar práticas de investigação, seleção de fontes, análise de dados e construção de argumentos, a BNCC reconhece a pesquisa como elemento constitutivo da formação integral, contribuindo para o desenvolvimento da autonomia intelectual e da participação cidadã (Brasil, 2018). Nessa direção, a realização de Feiras Científicas configura-se como oportunidade para que os estudantes experimentem etapas do fazer

científico, compreendendo que o conhecimento resulta de processos investigativos e não apenas de produtos finais.

As reflexões de Demo (2005) fortalecem essa compreensão ao defender a pesquisa como princípio educativo. Para o autor, educar pela pesquisa significa promover uma postura investigativa permanente, capaz de transformar estudantes em sujeitos ativos na construção do conhecimento. Mais do que acumular informações, importa desenvolver a capacidade de questionar, argumentar, interpretar evidências e produzir sínteses próprias. Em tempos de Inteligência Artificial Generativa, essa discussão torna-se ainda mais necessária, pois o desafio educacional desloca-se do simples acesso à informação para a capacidade de avaliá-la criticamente, contextualizá-la e atribuir-lhe significado (Harari, 2024).

No mesmo horizonte, Freire (1967, 1996) compreende a educação como prática da liberdade, fundada no diálogo, na problematização e na leitura crítica do mundo. Para o educador, ensinar implica criar condições para que os sujeitos desenvolvam autonomia intelectual e consciência crítica diante da realidade. Essa concepção contrapõe-se a perspectivas instrucionistas, que reduzem o estudante à condição de receptor passivo de conteúdos. Quando aplicada ao contexto das tecnologias digitais, a perspectiva freireana convida educadores e estudantes a refletirem não apenas sobre o uso das ferramentas tecnológicas, mas também sobre os interesses, os discursos e as relações de poder que atravessam sua produção e circulação.

Do mesmo modo, Gadotti (1998) argumenta que a educação deve contribuir para a formação de sujeitos capazes de compreender e transformar o mundo em que vivem. Para o autor, o desenvolvimento da cidadania pressupõe a construção de uma consciência crítica que permita interpretar fenômenos sociais, culturais e tecnológicos de forma contextualizada. A escola, portanto, assume papel estratégico na formação de estudantes aptos a dialogar com as inovações

tecnológicas sem abrir mão da reflexão ética e do compromisso com o bem comum.

Ao discutir os desafios contemporâneos da produção do conhecimento, Chauí (2003) destaca a importância das instituições educativas como espaços de formação crítica e democrática. Embora suas reflexões estejam voltadas especialmente para o papel social da universidade, suas contribuições permitem compreender que a formação científica deve ser pautada por valores como rigor intelectual, responsabilidade social e compromisso com a verdade. Tais princípios mostram-se especialmente relevantes diante da expansão de tecnologias capazes de gerar conteúdos em larga escala, frequentemente sem a necessária transparência quanto às fontes utilizadas ou aos critérios que orientam sua produção.

As recentes discussões sobre integridade acadêmica reforçam essa preocupação. Em âmbito nacional, a CNPq, instituída pela Portaria nº 2.664, de 2026, estabelece diretrizes voltadas à promoção da honestidade, da transparência, da responsabilidade e do respeito à autoria nos processos de produção científica. Embora elaborada para o contexto da pesquisa acadêmica, a normativa oferece princípios que podem orientar práticas educativas desde a educação básica, contribuindo para que os estudantes compreendam a ética como dimensão constitutiva do fazer científico.

As problematizações de Harari (2024) corroboram esse debate ao discutir os impactos da IA na organização das sociedades contemporâneas. Em *Nexus*, o autor argumenta que a humanidade atravessa uma transformação histórica marcada pela crescente capacidade dos sistemas computacionais de produzir, organizar e disseminar informações em escala inédita. Para Harari (2024), o ponto central em tempos de automatismo e automação com algoritmos e dados é assumirmos uma posição crítica e consciente socialmente, de modo a evitarmos conjunturas desastrosas. Essa posição crítica envolve questionar e ensinar a questionar, e o autor, mais do que respostas,

apresenta reflexões, questionamentos e provocações: “[...] a IA fará a balança pender decisivamente para um dos lados? O mundo se dividirá em blocos hostis, cuja rivalidade nos transforma em presa fácil para uma IA fora do controle? Ou podemos nos unir em defesa de nossos interesses comuns?” (Harari, 2024, p. 28).

Portanto, o desafio central não reside apenas na tecnologia em si, mas nas formas como os seres humanos estabelecem relações de confiança com sistemas que operam por meio de algoritmos frequentemente opacos. A questão fundamental desloca-se, portanto, da capacidade de acessar informações para a capacidade de compreender quem as produz, como são produzidas e quais interesses orientam sua circulação.

No contexto escolar, tais reflexões tornam-se particularmente relevantes. A utilização da IA – como ferramenta, não agente – na revisão linguística de textos acadêmicos, no levantamento de dados e em pesquisas pode favorecer processos de aprendizagem quando utilizada de maneira crítica e mediada pedagogicamente. Entretanto, seu uso indiscriminado pode enfraquecer etapas essenciais da investigação científica, como a formulação de perguntas, a análise de evidências, a construção argumentativa e a autoria intelectual. Nesse sentido, a formação científica na educação básica demanda que os estudantes aprendam não apenas a utilizar ferramentas digitais, mas também a questioná-las, avaliá-las e compreender seus limites. Essa capacidade de questionar criticamente precisa ser aguçada sobretudo nesses tempos de crescente polarização, fake news e totalitarismo em espaços antes democráticos:

[...] a nova rede de computadores não será necessariamente boa ou má. O que sabemos ao certo é que será alienígena e falível, e que precisamos, portanto, construir instituições capazes de checar não apenas fraquezas humanas conhecidas, como a ganância e o ódio, mas também erros alienígenas radicais. Não existe solução tecnológica para esse problema. Na verdade, trata-se de um desafio político. Será que teremos vontade política para lidar com ele? (Harari, 2024, p. 305).

A compreensão da falibilidade da IA é muito importante para o ser humano e, segundo Harari (2024), uma proteção possível para esses tempos é treinar computadores para que não entreguem respostas imprecisas, mas que reconheçam sua falibilidade. Afinal, há mesmo respostas para todas as perguntas? Sendo o conhecimento e a sabedoria sempre crescentes na trajetória de um ser humano, sempre há o que agregar e compreender.

Nessa direção, assume-se que o fazer científico envolve um olhar curioso e questionador para os problemas – um olhar humano, ainda que esse ser humano utilize a IA como ferramenta. Assim, os referenciais mobilizados nesta pesquisa convergem para uma compreensão da educação científica como prática formativa, ética e crítica. A pesquisa escolar, entendida como processo e não apenas como produto, constitui espaço privilegiado para que os estudantes desenvolvam autonomia intelectual, pensamento reflexivo e responsabilidade diante da produção do conhecimento. Em tempos de inteligência artificial, tais dimensões tornam-se ainda mais necessárias, reafirmando o papel da escola como lugar de formação humana e de construção crítica da ciência.

INTEGRIDADE CIENTÍFICA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A expansão das ferramentas de IA no ambiente educacional tem impulsionado debates sobre autoria, responsabilidade intelectual e ética na produção do conhecimento. Embora tais discussões estejam cada vez mais presentes no contexto universitário e nos programas de pós-graduação, observa-se que ainda ocupam espaço reduzido nas

práticas pedagógicas da educação básica. Em muitas escolas, o uso de recursos digitais é frequentemente associado a aspectos operacionais ou instrumentais, enquanto reflexões sobre integridade acadêmica, confiabilidade das informações, plágio, autoria e responsabilidade científica permanecem pouco exploradas nos processos formativos.

Essa lacuna torna-se particularmente significativa diante da crescente popularização das plataformas de Inteligência Artificial Generativa. Ao possibilitarem a produção rápida de textos, imagens, resumos e respostas para diferentes demandas escolares, essas ferramentas desafiam concepções tradicionais de autoria e exigem novos referenciais éticos para orientar seu uso. O debate não se restringe à proibição ou à permissão dessas tecnologias, mas envolve a construção de critérios que permitam utilizá-las de maneira consciente, transparente e alinhada aos princípios da produção científica.

Ainda que a normativa do CNPq tenha sido elaborada para orientar pesquisadores, instituições e programas de pesquisa que tenham relação com o CNPq, seus fundamentos podem inspirar reflexões e práticas educativas desde os níveis iniciais da escolarização.

A relevância dessa aproximação reside na compreensão de que a formação ética do pesquisador não se inicia na universidade, e sim ao longo de sua trajetória educacional. As experiências vivenciadas em atividades investigativas na educação básica, como feiras científicas, mostras de conhecimento e projetos de iniciação científica, constituem oportunidades para desenvolver valores relacionados à honestidade intelectual, ao reconhecimento das fontes consultadas, à construção autoral do conhecimento e ao compromisso com a veracidade das informações apresentadas.

No cenário contemporâneo, marcado pela intensa circulação de conteúdos produzidos por algoritmos, tais competências tornam-se ainda mais necessárias. Harari (2024) argumenta que a humanidade vive um momento singular, no qual sistemas computacionais passaram a participar ativamente da produção e da organização das

informações que estruturam a vida social. Para o autor, uma das questões centrais do século XXI não consiste apenas em produzir mais informação, mas em desenvolver capacidades para avaliar sua procedência, sua confiabilidade e seus efeitos sobre indivíduos e sociedades. Sob essa perspectiva, a educação científica assume papel estratégico na formação de sujeitos capazes de estabelecer relações críticas com as tecnologias digitais.

As observações realizadas durante a orientação dos projetos que compõem este relato de experiência evidenciaram que muitos estudantes demonstravam familiaridade com aplicativos, redes sociais e recursos tecnológicos diversos, porém possuíam poucas oportunidades de discutir aspectos éticos relacionados à produção do conhecimento. Tais constatações sugerem a necessidade de que futuras orientações curriculares, documentos institucionais e propostas pedagógicas incorporem de forma mais explícita discussões sobre integridade científica e ética digital. Assim como a Portaria n.º 2.664/2026 do CNPq estabelece diretrizes para a pesquisa acadêmica brasileira, outras normativas educacionais poderão inspirar-se em seus princípios para fortalecer a formação científica na educação básica, promovendo uma cultura de responsabilidade intelectual compatível com os desafios impostos pela IA e pelas novas formas de produção do conhecimento.

A PESQUISA COMO EXPERIÊNCIA FORMATIVA: CAMINHOS PERCORRIDOS EM UMA FEIRA CIENTÍFICA ESCOLAR

A experiência que fundamenta este trabalho foi desenvolvida no decorrer do primeiro semestre de 2026 em duas escolas particulares localizadas na cidade de Goiânia, Goiás, no contexto da organização e realização de uma Feira Científica destinada a estudantes do ensino fundamental. A proposta integrou atividades de ensino, pesquisa e extensão escolar, mobilizando equipes compostas por aproximadamente seis estudantes que foram desafiados a elaborar projetos investigativos, produzir artigos científicos e banners acadêmicos e apresentar publicamente seus resultados diante de bancas avaliadoras.

A orientação dos trabalhos ocorreu entre os meses de fevereiro e junho, terminando com a culminância da Feira Científica. Questões como autoria, citação de fontes, confiabilidade das informações obtidas em ambientes digitais e limites do uso da IA raramente emergiam de forma espontânea entre os grupos. Em diversos momentos, foi necessário interromper o foco exclusivo nos produtos finais para problematizar os próprios processos de investigação e as responsabilidades envolvidas na construção de uma pesquisa. Foram detectadas cópias de fontes pouco acadêmicas nas pesquisas, desconhecimento da forma composicional do texto acadêmico e ausência de referências em alguns trabalhos. Essas fragilidades foram apontadas aos estudantes no processo de construção da pesquisa e as lacunas persistentes foram sinalizadas em momento de banca avaliadora, que consistiu na apresentação do trabalho para professores e gestores escolares.

Mais do que a elaboração de produtos finais, o trabalho buscou valorizar a pesquisa como processo formativo. Desde os primeiros encontros, os estudantes foram convidados a refletir sobre a escolha dos temas, a construção de perguntas investigativas, a seleção de

fontes, a definição de procedimentos metodológicos e a análise crítica das informações coletadas. Tal perspectiva encontra respaldo na compreensão freireana de educação como prática de formação para a autonomia e para a participação social. Como afirma Freire (1967, p. 12), a educação deve constituir-se como “[...] uma educação para a decisão, para a responsabilidade social e política”, princípio que desloca o ato educativo de uma prática meramente normativa para um processo de conscientização ativa.

Ao longo da orientação, tornou-se evidente que a pesquisa escolar constitui um espaço privilegiado para a formação de sujeitos capazes de problematizar a realidade e produzir conhecimento de forma crítica. Entretanto, o percurso também revelou desafios significativos. Embora os estudantes demonstrassem familiaridade com dispositivos tecnológicos, redes sociais e plataformas digitais, observou-se que muitos apresentavam dificuldades relacionadas ao letramento acadêmico, aos multiletramentos e à própria materialidade da escrita. Questões como digitação de textos, organização de referências, elaboração de introduções, construção de objetivos e interpretação de fontes exigiram mediações constantes por parte dos professores orientadores.

Essas observações suscitam reflexões sobre as diferenças entre o uso cotidiano das tecnologias digitais e sua apropriação em contextos de produção científica. Em diversos momentos, verificou-se que a habilidade para navegar em redes sociais ou utilizar aplicativos de entretenimento não correspondia necessariamente à capacidade de realizar buscas qualificadas, avaliar a confiabilidade de informações ou produzir textos acadêmicos autorais. Nesse cenário, a presença crescente das ferramentas de IA revelou-se simultaneamente promissora e desafiadora, exigindo discussões sobre ética, autoria e responsabilidade intelectual que raramente integram o cotidiano da educação básica.

As problematizações propostas por Harari (2024) ajudam a compreender essa realidade. Para o autor, a IA inaugura uma nova etapa da história humana ao ampliar significativamente a capacidade de produção e circulação de informações. Contudo, o desafio contemporâneo não consiste apenas em acessar dados, mas em desenvolver condições para interpretá-los criticamente. Segundo Harari (2024, p. 291), “[...] o problema não é a falta de informação, mas a dificuldade de distinguir entre informação confiável e informação manipulada”. Tal reflexão adquire especial relevância em contextos escolares nos quais estudantes passam a utilizar sistemas algorítmicos para apoiar suas pesquisas sem, muitas vezes, compreender os critérios que orientam a produção das respostas fornecidas. Essa problematização se revelou no contexto da pesquisa e na trajetória em prol da constituição da Feira Científica, visto que, por vezes, os estudantes inseriram como referências de pesquisa plataformas de IA, tais como ChatGPT, tomando como verdadeiras as informações disponibilizadas, sem um contrapô-las com outras fontes, como livros, bases de dados e periódicos. No percurso de orientação, os professores alertaram para a checagem de informações – uma posição crítica importante no fazer científico e crucial para a própria vida.

A experiência também evidenciou desafios relacionados às condições concretas de desenvolvimento da pesquisa escolar. A orientação dos projetos ocorreu em meio às múltiplas demandas que caracterizam o trabalho docente contemporâneo, envolvendo atividades de ensino, organização de eventos, acompanhamento de estudantes e responsabilidades administrativas. Em conversas realizadas no decorrer do processo, diferentes professores relataram percepções semelhantes acerca da distância existente entre os conhecimentos metodológicos frequentemente discutidos no ambiente universitário e as condições efetivamente encontradas nas escolas. A escassez de tempo para a maturação das investigações, associada aos calendários

institucionais e à dinâmica escolar, mostrou-se um dos principais obstáculos enfrentados pelas equipes.

Essa constatação dialoga com as reflexões de Milton Santos sobre os riscos de uma formação excessivamente instrumentalizada. Ao discutir os processos de profissionalização contemporâneos, o autor observa que:

A profissionalização também tem efeitos perversos a longo e mediano prazos: a “lista de que-fazeres autorizados para cada atividade regulamentada” passa a dominar a preparação escolar [...] limitando, assim, o escopo dos programas escolares e as ambições dos alunos (Santos, 2007, p. 101-102).

A crítica formulada por Santos (2007) permite refletir sobre a necessidade de práticas educativas que ultrapassem a lógica do cumprimento de tarefas e favoreçam experiências investigativas capazes de ampliar horizontes intelectuais. Nessa perspectiva, a Feira Científica buscou constituir-se como espaço de experimentação, descoberta e produção de sentidos, valorizando a curiosidade e a capacidade de formular perguntas sobre o mundo.

A própria concepção de espaço geográfico elaborada por Santos (2006), entendida como um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações, contribui para compreender a escola como território vivo, atravessado por relações sociais, tecnologias, valores e práticas culturais. É nesse espaço concreto, marcado por possibilidades e limitações, que a pesquisa escolar se materializa e ganha significado para estudantes e professores.

Apesar das dificuldades observadas durante o percurso, a culminância da Feira Científica revelou importantes avanços formativos. As apresentações públicas exigiram dos estudantes habilidades relacionadas à comunicação oral, à argumentação, à gestão do tempo e ao trabalho colaborativo. Muitos precisaram enfrentar a timidez,

organizar estratégias de divisão de tarefas e responder a questionamentos formulados pelas bancas avaliadoras. Em diversos casos, o desenvolvimento dessas competências mostrou-se tão significativo quanto os próprios resultados das pesquisas apresentadas.

A experiência reforçou, portanto, a compreensão de que a educação científica não se restringe à transmissão de conteúdos ou à elaboração de produtos acadêmicos. Como destaca Gadotti (1998), a formação educativa deve contribuir para a constituição de sujeitos capazes de compreender criticamente a realidade e atuar sobre ela. Sob essa perspectiva, a pesquisa escolar configura-se como prática emancipatória que favorece o desenvolvimento da autonomia intelectual, da responsabilidade ética e da participação cidadã, dimensões que se tornam ainda mais relevantes em um contexto marcado pela crescente presença da IA nos processos de produção do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados descritos neste trabalho dialogam diretamente com as discussões contemporâneas sobre o uso da IA na educação. Entre as ferramentas mais utilizadas pelos estudantes durante o desenvolvimento dos projetos, destacaram-se plataformas como ChatGPT e Gemini, frequentemente empregadas para a busca de informações, elaboração de resumos, organização de ideias e produção inicial de textos. Entretanto, observou-se que a maioria dos participantes desconhecia estratégias mais qualificadas (e éticas) para a interação com essas tecnologias, especialmente no que se refere à elaboração de comandos (prompts) mais específicos, contextualizados e alinhados aos objetivos da investigação. Em virtude das múltiplas demandas que caracterizam o cotidiano escolar, os professores envolvidos procuraram orientar os estudantes quanto às possibilidades e limitações

dessas ferramentas, enfatizando que a IA deveria funcionar como instrumento de apoio à pesquisa e não como substituta dos processos de reflexão, análise e autoria. Tal perspectiva aproxima-se das reflexões de Harari (2024), ao alertar para o risco de delegar excessivamente processos cognitivos a sistemas algorítmicos, transferindo para as máquinas responsabilidades que pertencem ao exercício humano do pensamento crítico e da tomada de decisões.

Contudo, os registros produzidos durante a orientação revelaram situações que evidenciam a necessidade de aprofundar a formação ética e metodológica relacionada ao uso dessas tecnologias. Foram identificados casos em que trechos inteiros gerados por ferramentas de IA foram incorporados aos trabalhos sem revisão, adaptação ou indicação de uso, bem como situações em que comentários produzidos durante a interação com os sistemas – incluindo solicitações de reformulação e marcas de edição – permaneceram nos textos finais, demonstrando desconhecimento sobre os próprios processos de produção textual. Também foram observadas cópias literais de conteúdos obtidos em ambientes digitais, desconsiderando orientações relativas à autoria, à citação de fontes e aos cuidados éticos amplamente divulgados pelas próprias plataformas tecnológicas. Outro aspecto que chamou a atenção foi o relato de diversos estudantes de que aquela era sua primeira experiência efetiva com pesquisa científica. Tal constatação mostra-se particularmente significativa quando se considera que a BNCC atribui ao campo de estudo e pesquisa um papel estruturante na formação dos estudantes desde os anos iniciais da escolarização. Embora práticas investigativas estejam previstas nos documentos curriculares, a experiência sugere que ainda existem desafios para sua efetiva consolidação no cotidiano escolar, especialmente em uma época marcada pela rápida expansão das tecnologias digitais e da inteligência artificial.

Os resultados dessa experiência reforçam que a formação científica na educação básica não pode ser reduzida à produção de artigos,

banners ou apresentações, tampouco à utilização eficiente de ferramentas tecnológicas. Mais do que ensinar estudantes a acessar informações ou operar recursos digitais, o desafio educativo consiste em formar sujeitos capazes de questionar, interpretar, posicionar-se e assumir responsabilidades diante do conhecimento produzido. Nesse sentido, as contribuições de Freire (1967) permanecem atuais ao defender uma educação comprometida com a autonomia, a criticidade e a participação consciente na sociedade. Ao longo do percurso investigativo, ficou evidente que as maiores aprendizagens não estiveram necessariamente nos produtos apresentados à banca avaliadora, mas nas experiências de diálogo, nas dúvidas compartilhadas, nos erros corrigidos, nas decisões tomadas coletivamente e na construção gradual da autoria intelectual. Em tempos de inteligência artificial, a escola é chamada não apenas a ensinar o uso de novas ferramentas, mas, sobretudo, a fortalecer a capacidade humana de pensar criticamente sobre elas. Afinal, como propõe Freire (1967), educar é criar condições para que os sujeitos se tornem protagonistas de sua própria formação, capazes de ler o mundo, compreendê-lo e transformá-lo de forma ética, responsável e consciente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). **Portaria CNPq n.º 2.664, de 6 de março de 2026**. Institui a Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq. Brasília, DF: CNPq, 2026. Disponível em: http://memoria2.cnpq.br/web/guest/view/-/journal_content/56_INSTANCE_0oED/10157/23142775. Acesso em: 17 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

CHAUI, M. **Escritos sobre a universidade**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 2005.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GADOTTI, M. **Pedagogia da práxis**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

HARARI, Y. N. **Nexus**: uma breve história das redes de informação, da Idade da Pedra à inteligência artificial. São Paulo: Companhia das Letras, 2024.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da USP, 2006.

SANTOS, M. **O espaço do cidadão**. 7. ed. São Paulo: Edusp, 2007.

CAPÍTULO 7

EDUCAÇÃO NA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL:

O QUE PRECISA SER ENSINADO?

Sofia Larissa da Costa Paiva¹

¹ Bacharel pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), mestre pela Universidade Federal de Goiás (UFG) e doutora pela Universidade de São Paulo (USP) em Ciências da Computação. Docente do Instituto de Informática da UFG. Atualmente, é coordenadora acadêmica da Especialização em Engenharia de Software: Automação e Inovação com Inteligência Artificial Generativa, do Centro de Competências EMBRAPPII em Tecnologias Imersivas, e membro do Núcleo Docente Estruturante do curso de Bacharelado em Engenharia de Software da UFG. E-mail: sofialarissa@ufg.br.

RESUMO

A transformação digital promovida pela evolução das tecnologias da informação tem impactado diretamente o mercado de trabalho. A explosão de ferramentas de Inteligência Artificial (IA), como as que utilizam IA Generativa, tem nos conduzido a um momento de transformação digital e social tão intenso que as próprias competências desenvolvidas na Educação estão sendo questionadas. Nesse sentido, compreender os limites das ferramentas de IA Generativa e como devem ser utilizadas no mercado de trabalho são passos importantes para trazer a formação adequada aos estudantes. Além disso, explorar competências inerentes ao comportamento humano tem sido uma preocupação recorrente na educação. No contexto do ensino de computação, a comunidade de Engenharia de Software tem explorado o desenvolvimento de competências sociais, emocionais e cognitivas, além do conhecimento técnico. O desafio dos docentes reside em fornecer o devido preparo aos alunos sobre como fazer uso das ferramentas de IA Generativa, além de associar o uso delas ao desenvolvimento de competências interpessoais.

Palavras-chave: Educação. Inteligência Artificial. Docência. Tecnologias da informação.

INTRODUÇÃO

A educação tem como um de seus objetivos qualificar as pessoas para o trabalho. As competências necessárias para a realização do trabalho vêm evoluindo à medida que revoluções industriais ocorrem no decorrer da história da humanidade. A revolução que o computador promoveu em meados do século XX foi marcante por evidenciar que apenas saber ler e realizar contas matemáticas básicas não era mais suficiente para o mercado de trabalho. Na mesma proporção em que o computador foi inserido nas atividades econômicas, aulas básicas de computação, uso de processadores de texto e planilhas eletrônicas foram incluídas no currículo. O conhecimento de matemática também foi expandido, abrangendo resolução de problemas, interpretação de gráficos e raciocínio lógico para atender à demanda de escritórios, indústrias e instituições governamentais. Aliado a isso, novos cursos técnicos e superiores emergiram como necessidades para atender à demanda do mercado de trabalho (Schwab, 2016).

O avanço da área de Computação, especialmente a Inteligência Artificial (IA) e a Robótica, fizeram com que atividades braçais e repetitivas, como coletar e analisar dados básicos, fossem totalmente automatizadas. Em muitos países, o pensamento computacional e conceitos iniciais de programação de computadores passaram a fazer parte dos currículos desde a educação básica.

Apesar do fenômeno do ChatGPT ter ocorrido apenas recentemente, em 30 de novembro de 2022, a IA já fazia parte da vida cotidiana de muitas pessoas: a página de busca utiliza IA desde a década de 2010 (Levy, 2011), os tradutores de texto fazem parte da rotina de muitas pessoas há vários anos (Manning; Schütze, 2003), além dos sistemas de recomendação, que fazem parte do cotidiano em ferramentas de comércio e entretenimento (Linden; Smith; York, 2003), só para citar alguns exemplos. O amplo uso e a evolução do ChatGPT, dentre outras ferramentas desse tipo, denominadas de IA Generativa,

culminou no início de uma nova era: a tecnologia deixou de ser apenas uma ferramenta de execução para ser um agente de raciocínio e criação. Os Grandes Modelos de Linguagem (do inglês, *Large Language Models*) são um tipo de IA Generativa focado em texto em linguagem natural e possibilitaram esse avanço. Existem ainda outras ferramentas de IA Generativa que lidam especificamente com a geração de imagens, vídeos e áudios (Harvard Business Review, 2024).

Ao perceber que uma ferramenta poderia responder de forma semelhante a um humano, visto que em apenas dois meses o ChatGPT atingiu o número de 100 milhões de usuários – maior crescimento da história de um aplicativo até aquele momento –, emergiu a seguinte questão: o computador pode pensar? Um aplicativo que faz uso de inteligência artificial pode realizar qualquer atividade humana?

Essas questões culminam em um grande interesse na área de Educação, visto que o trabalho, de modo geral, está sendo impactado e tem alterado as formas de operacionalização. Ao mesmo tempo, é necessário compreender quais são os limites dessas ferramentas e como elas podem ser empregadas no trabalho.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: COMO SURTIU E COMO FUNCIONA?

Apesar dos primeiros computadores terem surgido efetivamente na década de 1950, os primeiros conceitos teóricos do computador remontam do século XIX. Charles Babbage e Ada Lovelace criaram uma máquina mecânica a vapor na década de 1830, sendo considerado o primeiro projeto conceitual do computador digital. A máquina foi projetada com os mesmos componentes de um computador

moderno, mas ela não foi completamente construída com base nas limitações de custo e precisão mecânica exigidas na época.

O Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) é conhecido como o primeiro computador moderno, construído na década de 1940 nos Estados Unidos da América. Contudo, um dos principais pesquisadores na corrida pela construção do primeiro computador foi Alan Turing, que trabalhou construindo tais máquinas durante a Segunda Guerra Mundial com o governo britânico, usando seus conhecimentos de estatística e combinatória para quebrar o código da máquina Enigma, usada pelas forças alemãs. Mesmo tendo construído seu modelo teórico e decifrado o código da Enigma, em razão da natureza sigilosa de seu trabalho, muitos avanços foram destruídos ao final da guerra (Teuscher, 2004).

Uma das contribuições de Turing foi o Teste de Turing, publicado em 1950 em seu artigo “Computing Machinery and Intelligence”, com o objetivo de determinar: as máquinas pensam? A ideia era verificar se era possível ter uma máquina que interagisse com pessoas e as pessoas não fossem capazes de identificar que estavam interagindo com um computador ou com uma pessoa.

Também conhecido como o “Jogo da Imitação”, esse teste deve ter três participantes: um computador, um humano respondendo a perguntas e um juiz humano. Os três devem estar em locais isolados e uma conversa com perguntas dadas pelo juiz humano ocorre por meio de texto. O juiz humano pode fazer qualquer pergunta, com o objetivo de identificar qual dos dois participantes é o computador (Teuscher, 2004).

O fato é que a máquina fica tentando se passar por algo que não é. A capacidade de imitar, de simular, está no centro do exercício. No entanto, é importante dizer que a conversa precisa ter outro humano participando para servir de linha de base de comparação. Assim, o computador precisa ser indistinguível do comportamento de um ser humano real. Se a máquina conseguir fazer isso, então considera-se

que ela é inteligente. Apesar de muitos denominarem esse teste como uma definição de inteligência, Turing afirmou que passar no teste não é uma condição necessária para o ato de pensar. Ele mede apenas a aparência de inteligência, sendo um dos limitantes desse teste.

Shieber (2004) destaca que a característica humana que demonstra inteligência é o comportamento verbal. Por esse motivo, o comportamento demonstrado pelas LLMs – como ChatGPT, Gemini e outros – é tão impactante para a população de forma geral: por demonstrar uma característica que é inerentemente humana – a comunicação verbal.

O que possibilita às LLMs terem o comportamento verbal muito semelhante ao humano é o fato de elas terem acesso a uma quantidade muito grande de informações disponíveis na Internet – diversos sites de notícias, livros, artigos científicos, entre outros. Esse volume de dados permite que essas ferramentas consigam identificar correlações nas informações que nós não conseguimos capturar de forma consciente. Isso é possível porque as LLMs utilizam cálculos estatísticos repetidos várias vezes e realizados de forma simultânea. Esses cálculos podem ser realizados em um curto espaço de tempo em virtude do uso de supercomputadores, que são capacitados para executar tais operações de forma simultânea. As respostas são calculadas com base em probabilidades estatísticas de quais palavras devem aparecer juntas, sem acesso ao real significado (Bender *et al.*, 2021). Apesar de todos os cálculos, essa tecnologia só se tornou viável após a inclusão do Aprendizado por Reforço com Feedback Humano, pois a LLM não possui referencial de certo ou errado, dependendo das regras fornecidas por humanos para não desviar seu propósito (Ouyang *et al.*, 2022). Por isso, existe um alto custo – ou limite – do uso das ferramentas de IA Generativa de forma gratuita.

Apesar de serem amplamente utilizadas, há riscos envolvidos no uso de LLMs: custo financeiro e ambiental em razão do enorme poder computacional necessário; viés da Internet, por realizarem

o treinamento das LLMs com uma quantidade enorme de dados da Internet, mas que não são documentados nem auditados, podendo trazer viés de visões preconceituosas e tóxicas; além de as LLMs não entenderem o que estão dizendo (Bender *et al.*, 2021). Outros riscos incluem vulnerabilidades de segurança das LLMs, por permitirem o acesso a informações confidenciais de forma maliciosa (Li *et al.*, 2027).

Após o surgimento dos LLMs, o computador passou a manter conversas com muita habilidade, fazendo com que o Teste de Turing fosse considerado obsoleto. Hoje, o desafio na área de IA não é mais enganar um humano, mas raciocinar e resolver problemas com precisão e sem alucinar. Com esse poder computacional disponível, e com a impressão que se tem que as ferramentas de IA Generativa podem responder a qualquer pergunta, como fica a educação hoje? A IA Generativa vai substituir os seres humanos nas atividades de trabalho?

EDUCAÇÃO NA ERA DA IA GENERATIVA

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, a educação tem por finalidade o pleno desenvolvimento humano e preparo para o exercício da cidadania e qualificação para o trabalho (Brasil, 1996). Além disso, a educação escolar deve estar vinculada ao mundo do trabalho e à prática social.

Quando olhamos para o contexto educacional, as revoluções que ocorreram ao longo da história transformaram e moldaram os conteúdos ministrados na escola. Na Educação 4.0, a era da Tecnologia da Informação – ou a 4ª Revolução Industrial – exige que tecnologias sejam utilizadas de forma produtiva, o que impulsiona o uso intensivo de ferramentas de IA (Schwab, 2016). Desse modo,

não apenas o conhecimento técnico e a aplicação das ferramentas de IA Generativa – chamadas competências técnicas – são necessários para o mundo do trabalho, mas também competências cognitivas, sociais e emocionais (conhecidas como *soft skills*) emergem como imprescindíveis para a aprendizagem do século XXI (Prasetya *et al.*, 2025). Conforme relatório da Unesco, as competências não técnicas mais importantes são: pensamento crítico e resolução de problemas, colaboração e liderança, agilidade e adaptabilidade, iniciativa e empreendedorismo, comunicação escrita e oral efetiva, curiosidade e imaginação (Scott, 2015). Na era da IA Generativa, em que muito do conhecimento técnico pode ser automatizado, verifica-se a importância de focar, cada vez mais, no que as máquinas não conseguem realizar. Currículos baseados em competências têm sido amplamente discutidos na educação superior, principalmente focando em desenhar um currículo que esteja integrado com as competências necessárias para a carreira pretendida (Boahin; Ismail 2023).

Um dos principais conceitos da Educação 4.0 são as metodologias ativas, que colocam o aluno como centro do aprendizado. Nesse contexto, surgem metodologias ativas, o aprender fazendo (*Learning by doing*) e o aprendizado baseado em projetos (Bacich; Moran, 2018). Tais metodologias geram a necessidade de inserir os alunos em experiências, projetos e atividades com muita prática envolvida. Conhecer os conteúdos teóricos não é mais o principal foco do ensino, mas sim fazer com que os alunos participem de atividades que envolvam o conhecimento teórico e sejam oportunidades para desenvolver as competências requeridas pelo mercado de trabalho.

Desde a educação básica, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a educação tem sido orientada por competências (Brasil, 2018). Na BNCC, competência envolve conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver alguma demanda complexa da vida cotidiana e do mundo do trabalho. Das 10 competências gerais para a educação básica, a quinta competência consiste em “Compreender,

utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva” (Brasil, 2018). A BNCC também destaca a necessidade de aprender a aprender, saber lidar com informações que estão cada vez mais disponíveis, agir com discernimento e responsabilidade, além de ter autonomia para tomar decisões e ser proativo. Desse modo, a educação básica continua fornecendo os conhecimentos básicos, como leitura e escrita, mas também está adequando os currículos para o desenvolvimento de competências necessárias para o século XXI.

Já na educação superior, o objetivo é formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento para inserção em setores profissionais. Assim, os egressos de cursos superiores precisam desenvolver as competências exigidas pelo mercado de trabalho na área de conhecimento escolhida. As competências, tanto técnicas quanto não técnicas, são previstas nos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Graduação, contudo há a necessidade de evoluir as metodologias empregadas para que os estudantes tenham a experiência necessária para alcançar as competências exigidas pelo mercado de trabalho.

EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO: RELATOS DA ENGENHARIA DE SOFTWARE

Na área de Computação, a Engenharia de Software aplica uma abordagem sistemática, disciplinada e mensurável ao desenvolvimento, operação e manutenção de software. O ensino da Engenharia de

Software acaba sendo muito prático, por preparar os profissionais para o mercado de trabalho (IEEE Computer Society, 2023). Os interesses da indústria de Engenharia de Software estão relacionados às competências técnicas e não técnicas (*soft skills*), uma vez que as atividades relacionadas ao desenvolvimento de software usualmente ocorram em grupo.

Segundo o IEEE Computer Society (2014) – Modelo de Competências de Engenharia de Software (SWEBOK) –, as competências esperadas para o profissional são divididas em competências cognitivas, comportamentais e técnicas. As competências cognitivas incluem: raciocínio, análise, resolução de problemas e inovação. As competências comportamentais (habilidades interpessoais ou *soft skills*) contemplam: aptidão, iniciativa, entusiasmo, ética no trabalho, boa vontade, confiabilidade, sensibilidade cultural, comunicação, espírito de equipe e liderança. E, por fim, as competências técnicas incluem o conhecimento das áreas enumeradas pelo SWEBOK (IEEE Computer Society, 2023).

O uso de metodologias ativas de ensino, aprendizado baseado em projetos e *learning by doing*, tem sido amplamente discutido para aplicação no ensino de Engenharia de Software (ES), de modo a exercitar competências como comunicação oral e escrita e trabalho em equipe (Thurner; Böttcher, 2012, Paiva; Carvalho, 2018, Souza, 2024). Outra forma usada no ensino de ES é o uso de projetos reais para fornecer uma experiência real aos alunos. Tais experiências têm sido muito encorajadas por promoverem não apenas uma aplicação dos conhecimentos teóricos, mas por reunir conhecimentos de diferentes disciplinas e desenvolver competências não técnicas, como colaboração, liderança e comunicação (Paiva *et al.*, 2024).

Um exemplo de aplicação de um projeto real de final de curso de ES ilustra como as competências não técnicas acabam associando-se ao resultado das competências técnicas: os alunos participaram de um projeto real, porém em ambiente controlado – dentro da Fábrica

de Software da UFG –, para terem que exercitar suas habilidades e competências para construir software em time para um cliente externo (Paiva *et al.*, 2024). Os estudantes foram divididos em grupos de trabalho separados por área de conhecimento da ES, mas realizavam entregas de trabalho individuais e revisadas pela equipe da Fábrica de Software, visando manter os padrões de qualidade estabelecidos. Dessa forma, o conhecimento técnico praticado pelos alunos fez com que habilidades cognitivas como compreensão, análise e comunicação fossem exercitadas; além das habilidades emocionais de iniciativa, entusiasmo, disponibilidade e ética; habilidades socioemocionais, como comunicação, trabalho em equipe e liderança, foram desenvolvidas. Ao empregar essas habilidades adequadamente, o resultado foi refletido na tarefa completada com sucesso.

Nesse exemplo de aplicação, os alunos podem ter feito uso de IA Generativa para apoiar a execução de suas atividades técnicas. O uso de tais ferramentas pode ter trazido ganhos em termos de tempo de realização das atividades e suprido a falta de conhecimento em algum elemento teórico e que era necessário para a realização do trabalho. Apesar disso, os estudantes podem ter exercitado o pensamento crítico ao avaliar os resultados da ferramenta, além de exercitar as *soft skills*, uma vez que era necessário colaborar com o time para a realização individual das tarefas que seriam revisadas e integradas posteriormente pelos profissionais da Fábrica de Software.

Um estudo prático recente comparou o desempenho do ChatGPT com estudantes em relação ao pensamento crítico durante a realização de atividades de argumentação, o resultado corroborou os resultados anteriores de que o ChatGPT apresenta melhor desempenho em questões que exigem pensamento de ordem inferior (recordação e compreensão) do que em tarefas que demandavam pensamento de ordem superior (aplicação, análise e síntese) (Chen, 2026). O resultado também corroborou os resultados anteriores, que demonstraram que os seres humanos superam o ChatGPT na

resolução de problemas complexos que exigem habilidade cognitivas de alto nível, compreensão contextual e capacidades de pensamento crítico. Os estudantes também tiveram melhor desempenho quanto à refutação de pontos de vista e na produção de trabalhos sofisticados que vão além dos requisitos mínimos das tarefas, uma vez que essa habilidade é aprendida por meio de estudo e experiência.

Outro ponto importante é que as LLMs não conseguem realizar uma reflexão crítica de forma independente (Chen, 2026). Destaca-se também que alguns elementos fundamentais são inerentes aos seres humanos, como aspecto afetivo, motivação intrínseca e humildade intelectual, sendo características que influenciam o pensamento crítico. Estudos anteriores indicam que tarefas como argumentação devem permanecer centradas nos seres humanos, tendo a IA Generativa como um complemento. Foi sugerida a necessidade de aprimorar a capacidade de verificar o conteúdo gerado pelo ChatGPT por meio de treinamento para avaliação crítica das respostas da IA Generativa e cruzamento de informações com fontes confiáveis (Chen, 2026).

Quando olhamos para o cenário atual com IA Generativa e a educação, observamos a necessidade de orientar estudantes e professores para que utilizem tais ferramentas como apoio e não como um substituto para a realização de tarefas técnicas. Além disso, é importante desenvolver o pensamento crítico, capacidade de análise e síntese, criatividade na resolução de problemas, além de outras habilidades mencionadas como competências não técnicas, incluindo a ética no uso de IA Generativa, tornando os estudantes aptos às exigências do mercado de trabalho (Souza *et al.*, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando analisamos o histórico da evolução da computação, desde o princípio emergiu o questionamento se a máquina era capaz de pensar igual a um humano. Atualmente, vemos um cenário em que a IA Generativa mostra que pode raciocinar de forma semelhante a um ser humano quando exposta a uma base de conhecimento como a Internet, principalmente quando trata-se de recuperar e compreender os conteúdos. Contudo, quando se exige maior cognição – como análise, síntese, criatividade e poder de argumentação –, as LLMs ainda estão aquém do poder de raciocínio humano.

Mesmo assim, a IA Generativa pode servir como um apoio às atividades técnicas de trabalho sem substituir a atividade humana. Portanto, é necessário treinar estudantes e professores para que conheçam os limites de tais ferramentas e estejam capacitados no pensamento crítico para avaliar os resultados fornecidos pela IA Generativa.

As notícias indicam que estamos em meio à transformação tecnológica proporcionada pela IA e ainda não temos todas as respostas. É certo que atividades rotineiras e mecânicas serão totalmente desenvolvidas por ferramentas de IA. Os resultados da IA Generativa não são completamente confiáveis e é necessário exercitar o pensamento crítico sobre as respostas fornecidas.

O desafio da Educação 4.0 situa-se no desenvolvimento de profissionais com competências que vão além do saber técnico de uma área do conhecimento, mas que estão relacionadas ao comportamento inerentemente humano: criatividade, resolução de problemas complexos, pensamento crítico e habilidades interpessoais são essenciais para a formação daqueles que atuarão no mercado de trabalho a partir de agora.

REFERÊNCIAS

BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BENDER, E. M.; GEBRU, T.; MCMILLAN-MAJOR, A.; SHMITCHELL, S. On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? *In*: ACM CONFERENCE ON FAIRNESS, ACCOUNTABILITY, AND TRANSPARENCY (FAccT '21), 2021, New York. **Proceedings** [...]. New York: Association for Computing Machinery, 2021. p. 610-623.

BOAHIN, P.; BOAHIN, P. Competency-based curriculum: a framework for bridging the gap in teaching, assessment and the world of work. **International Journal of Vocational and Technical Education Research**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 1-15, 2018.

BRASIL. **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 30 jul. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

HARVARD BUSINESS REVIEW. **Generative AI**: The Insights You Need from Harvard Business Review. Boston: HBR Press, 2024.

IEEE COMPUTER SOCIETY. **SWEBOK - Guide to the Software Engineering Body of Knowledge**. v. 4. [s. l.]: IEEE Computer Society, 2023. Disponível em: <https://www.computer.org/web/swebok>. Acesso em: 30 jul. 2026.

IEEE COMPUTER SOCIETY. **SWECOM**: Software Engineering Competency Model. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2014. Disponível em: <https://www.computer.org/web/peb/swecom>. Acesso em: 30 jul. 2026.

ISMAIL, D. H.; NUGROHO, J.; ROHAYATI, T. Literature review: Soft skill needed by Gen Z in the era RI 4.0 and Society 5.0. **Majalah Ilmiah Bijak**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 119-131, 2023.

LEVY, S. **In the Plex: How Google Thinks, Works, and Shapes Our Lives**. Nova York: Simon & Schuster, 2011.

LI, J.; WANG, J.; ZHAO, Z.; WEI, Z. Large Language Models in practice: a comprehensive review of privacy risks, attacks, and defense mechanisms for intelligent system deployment. **Computer Standards & Interfaces**, [s. l.], v. 99, p. 104181, 2027.

LINDEN, G.; SMITH, B.; YORK, J. Amazon.com recommendations: item-to-item collaborative filtering. **IEEE Internet Computing**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 76-80, jan./fev. 2003.

MANNING, C. D.; SCHÜTZE, H. **Foundations of Statistical Natural Language Processing**. Cambridge: MIT Press, 2003.

OUYANG, L.; WU, J.; JIANG, X.; ALMEIDA, D.; WAINWRIGHT, C. L.; MISHKIN, P.; ZHANG, C.; AGARWAL, S.; SLAMA, K.; RAY, A.; SCHULMAN, J.; HILTON, J.; KELTON, F.; MILLER, L.; SIMENS, M.; ASKELL, A.; WELINDER, P.; CHRISTIANO, P.; LEIKE, J.; LOWE, R. Training language models to follow instructions with human feedback. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS (NIPS '22), 36., 2022, Red Hook. **Proceedings** [...]. Red Hook: Curran Associates Inc., 2022. p. 27730-27744.

PAIVA, S. C.; CARVALHO, D. B. F. Software creation workshop: a cap-stone course for business-oriented software engineering teaching. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON SOFTWARE ENGINEERING (SBES '18), 32., 2018, New York. **Proceedings** [...]. New York: Association for Computing Machinery, 2018. p. 280-288.

PAIVA, S. L. C.; SOUZA, A. S.; OLIVEIRA, J. L.; RAMADA, M. S.; LUZ, M. L. An undergraduate Software Engineering practice course: bridging the academia-industry gap. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE (SBES), 38., 2024, Curitiba. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 410-421.

PRASETYA, T. A.; MUNADI, S.; SUKARDI, T.; SETIYAWAN, A. Essential Soft Skills for Engineering in Industry 4.0: A Systematic Literature Review. **International Journal of Engineering Education**, [s. l.], v. 41, n. 5, p. 1376-1385, 2025.

SHIEBER, S. M. (ed.). **The Turing Test**: Verbal Behavior as the Hallmark of Intelligence. Cambridge: The MIT Press, 2004.

SOUZA, A. S.; OLIVEIRA, J. L.; PAIVA, S. L. C.; VASCONCELOS, A. M. L. Software Engineering Competency Challenges. *In*: WORKSHOP SOBRE ASPECTOS SOCIAIS, HUMANOS E ECONÔMICOS DE SOFTWARE (WASHES), 9., 2024, Brasília, DF. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 181-186.

TEUSCHER, C.; HOFSTADTER, D. **Alan Turing**: life and legacy of a great thinker. [s. l.]: Springer, 2004.

THURNER, V.; BÖTTCHER, A. Expectations and deficiencies in soft skills. *In*: GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON), 2012, Marrakech. **Proceedings [...]**. [s. l.]: IEEE, 2012. p. 1-7.

Este livro foi composto na tipografia Adobe Aldine.
Editora IF GOIANO, 2026.



A Inteligência Artificial já não pertence ao horizonte das promessas futuras. Ela está entre nós — nas formas de pesquisar, escrever, criar, resolver problemas e acessar informações. No campo educacional, sua presença provoca uma questão incontornável: diante de tecnologias capazes de produzir respostas cada vez mais rápidas e sofisticadas, o que significa, afinal, ensinar e aprender?

Inteligência Artificial (IA) no Processo Educacional: desafios e possibilidades nasce desse tempo de inquietações. Reunindo pesquisadores que observam a IA a partir de diferentes perspectivas, a obra percorre temas como produção científica, formação crítica, letramento digital, aprendizagem matemática, pesquisa escolar, autoria, ética e os conhecimentos necessários à educação em uma sociedade cada vez mais mediada por algoritmos.

Mais do que celebrar as possibilidades da tecnologia ou anunciar seus riscos, os capítulos reunidos neste livro convidam a pensar sobre aquilo que permanece essencialmente humano no processo educativo: a curiosidade que antecede a pergunta, o pensamento que não se satisfaz com respostas prontas, a capacidade de investigar, criar, duvidar, argumentar e construir conhecimento.

Porque, em uma época na qual apertar um botão pode produzir uma resposta, educar talvez seja, mais do que nunca, ensinar a formular boas perguntas — e a pensar criticamente sobre as respostas que recebemos.

Uma obra destinada a professores, pesquisadores, estudantes, gestores e a todos aqueles que compreendem que discutir Inteligência Artificial na educação é, sobretudo, discutir qual educação e qual formação humana desejamos construir para o futuro.



INSTITUTO FEDERAL
Goiano



EDITORA
IF GOIANO



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás