

Alfabetização crítica em IA generativa: como mudam as percepções de futuros docentes após uma experiência formativa

Helcio Soares Padilha^a 
 Víctor López-Simó^b 
 Agostinho Serrano^c 
 Fabiane Fischer Figueiredo^a 

^a Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil.

^b Universitat Autònoma de Barcelona, Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Cerdanyola del Vallès, Cataluña, España.

^c Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

Contexto: a Inteligência Artificial Generativa coloca novas demandas à formação inicial de docentes de Ciências e Matemática no que diz respeito à planificação, avaliação crítica, ética e uso pedagógico responsável. **Objetivos:** analisar como mudam as percepções de futuros docentes sobre IA generativa após uma experiência formativa centrada em uso pedagógico, crítico e ético. Examina-se também quais práticas são percebidas como mais relevantes para a docência e como perfis de uso prévio de IA contextualizam estas mudanças. **Design:** estudo quantitativo com comparação pré e pós-oficina e análise exploratória de perfis de uso. **Ambiente e participantes:** 137 docentes em formação inicial com respostas pareadas válidas. **Coleta e análise de dados:** questionários pré e pós-oficina analisados com estatística descritiva, teste de Wilcoxon e análise de conglomerados. **Resultados:** todos os itens mostraram mudanças estatisticamente significativas ($p < ,001$). As maiores foram em ética ($\Delta=0,83$), reflexão epistemológica ($\Delta=0,73$) e compreensão de diferenças entre IA e busca na internet ($\Delta=0,66$). Achado notável: a utilidade percebida como estudante universitário (média 4,49) foi superior à percebida como docente (média 4,16), indicando cautela pedagógica na adoção. As práticas mais indicadas para uso futuro foram geração de atividades (86,1%) e criação de planos de aula (56,9%). **Conclusões:** a experiência formativa gerou percepções críticas e éticas sobre IA generativa. Os resultados ressaltam a importância de integrar ChatGPT na formação docente inicial como objeto de reflexão e decisão pedagógica fundamentada, não apenas como ferramenta técnica.

Autor de correspondência: Helcio Soares Padilha Junior.

E-mail: helciopadilha@gmail.com

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; ChatGPT; formação inicial de professores; alfabetização em IA; teoria de difusão de inovações.

RESUMEN

Contexto: la Inteligencia Artificial Generativa plantea nuevas demandas a la formación inicial de docentes de Ciencias y Matemáticas en planificación, evaluación crítica, ética y uso pedagógico responsable. **Objetivos:** analizar cómo cambian las percepciones de futuros docentes sobre IA generativa después de una experiencia formativa centrada en uso pedagógico, crítico y ético. Se examina también qué prácticas son percibidas como relevantes para la docencia y cómo perfiles de uso previo contextualizan estos cambios. **Diseño:** estudio cuantitativo con comparación pre-postaller y análisis exploratorio de perfiles de uso. **Ambiente y participantes:** 137 docentes en formación inicial con respuestas pareadas válidas. **Recolección y análisis de datos:** cuestionarios pre y postaller analizados con estadística descriptiva, prueba de Wilcoxon y análisis de conglomerados. **Resultados:** todos los ítems mostraron cambios estadísticamente significativos ($p < .001$). Los mayores fueron en ética ($\Delta=0.83$), reflexión epistemológica ($\Delta=0.73$) y comprensión de diferencias entre IA y búsqueda en internet ($\Delta=0.66$). Hallazgo notable: la utilidad percibida como estudiante universitario (media 4.49) fue superior a la percibida como docente (media 4.16), indicando cautela pedagógica ante la adopción. Las prácticas más indicadas para uso futuro fueron generación de actividades (86.1%) y creación de planes de clase (56.9%). **Conclusiones:** la experiencia formativa generó percepciones críticas y éticas sobre IA generativa. Los resultados subrayan la importancia de integrar ChatGPT en formación docente inicial como objeto de reflexión y decisión pedagógica fundamentada, no solo como herramienta técnica.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Generativa; ChatGPT; formación inicial docente; alfabetización en IA; teoría de la difusión de innovaciones.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) generativa ocupa um lugar central nos debates atuais sobre formação docente, especialmente em Ciências e Educação Matemática. Os futuros professores precisam compreender não apenas as possibilidades pedagógicas dessas ferramentas, mas também seus limites conceituais, éticos e didáticos. O uso responsável do ChatGPT e de ferramentas similares requer que o docente domine critérios de avaliação, revisão e adequação pedagógica.

A formação inicial docente constitui um espaço estratégico para investigar a integração de tecnologias emergentes. As crenças e experiências que os futuros professores constroem durante essa formação influenciam como incorporarão tecnologias em sala de aula (Zhang & Zhu, 2023). Com a IA generativa, essa relevância é dupla: os futuros docentes a utilizam como

estudantes universitários e deverão decidir se a adotarão como docentes (Bae *et al.*, 2024).

O campo da IA generativa na formação docente está em expansão, mas acompanhado de incertezas sobre seu uso pedagógico, ético e institucional. Bae *et al.* (2024) documentaram que experiências com o ChatGPT ampliam a consciência e reduzem a ansiedade, embora poucos participantes tenham confirmado intenção de adoção pedagógica. Panday-Shukla (2025) encontrou benefícios semelhantes na geração de ideias e na eficiência temporal, acompanhados de preocupações quanto à integridade acadêmica, à aprendizagem superficial e à falta de orientações institucionais.

Em Ciências e Educação Matemática, a incorporação da IA demanda atenção específica. Blonder *et al.* (2025) mostram que interações com ferramentas generativas revelam conhecimento pedagógico do conteúdo no planejamento, na elaboração de atividades e na avaliação. Dilling & Herrmann (2024) documentam que futuros professores de Matemática tendem a usar modelos de linguagem de forma pouco específica, com dificuldades para avaliar a qualidade matemática das respostas geradas. Esses estudos evidenciam que a formação docente deve ir além de demonstrar ferramentas e favorecer experiências de uso crítico, situado e pedagogicamente fundamentado.

A alfabetização em IA oferece um referencial importante para essa discussão. Chiu *et al.* (2024) propõem que a formação deve incluir conhecimento sobre tecnologia, impacto, ética, colaboração e autorreflexão. Isso significa que usar ferramentas generativas requer mais do que escrever prompts eficazes: implica reconhecer limitações, identificar vieses e avaliar a confiabilidade das respostas. Meegan & Young (2025) documentam que experiências práticas que combinam experimentação, reflexão e análise crítica favorecem essa alfabetização em futuros docentes.

Este estudo adota a Teoria da Difusão de Inovações (TDI) (Rogers, 2003) para analisar como futuros docentes avaliam o ChatGPT. Rogers (2003) identifica cinco atributos-chave que medeiam a adoção de uma inovação: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, experimentabilidade e observabilidade. Esses atributos ajudam a compreender a utilidade percebida, as cautelas e as condições pedagógicas que medeiam a adoção da IA generativa.

Este estudo analisa mudanças nas percepções de futuros docentes de Ciências e Matemática após uma experiência formativa sobre o uso

pedagógico, crítico e ético do ChatGPT. Participaram 137 docentes em formação inicial. A oficina incluiu discussões sobre usos responsáveis, demonstrações práticas de planejamento e criação de atividades, e exploração de possibilidades disciplinares específicas para a Matemática, como a análise de demanda cognitiva de tarefas.

A pergunta central é: como mudam as percepções de futuros docentes sobre IA generativa após uma experiência formativa centrada em seu uso pedagógico, crítico e ético? O estudo também examina quais práticas foram percebidas como mais relevantes para a docência e como perfis de uso prévio contextualizam essas mudanças.

A contribuição central é articular a formação inicial de docentes de Ciências e Matemática com a alfabetização em IA e a TDI. O estudo documenta como experiências formativas breves podem gerar mudanças significativas nas percepções sobre utilidade, ética, limites e confiança na interação com a IA. Contribui assim para conceituar a IA generativa como objeto de formação crítica e de decisão pedagógica fundamentada em campos disciplinares específicos.

MARCO TEÓRICO

A formação inicial docente constitui um espaço estratégico para investigar como integrar tecnologias emergentes no ensino de Ciências e Educação Matemática. O desafio central é construir critérios pedagógicos, disciplinares e éticos para decidir quando, como e por que utilizar ferramentas digitais. Na educação STEM, Zhang & Zhu (2023) mostram que a formação de futuros docentes tem sido investigada em relação a programas formativos, práticas pedagógicas, tecnologias educacionais e abordagens interdisciplinares. Essa perspectiva situa a preparação docente como um processo que articula conhecimento disciplinar, design pedagógico e uso situado de tecnologias.

Na Educação Matemática, os estudos sobre integração tecnológica indicam que o acesso a ferramentas digitais requer acompanhamento formativo. Vaillant *et al.* (2020), ao analisar plataformas e ferramentas digitais para o ensino de Matemática no Uruguai, identificaram baixa frequência de uso docente, embora recursos como o GeoGebra e plataformas adaptativas tenham aparecido como ferramentas relevantes. Dos Santos *et al.* (2025), em uma experiência de formação de professores de Matemática em Cabo Verde, também destacaram que a integração de tecnologias exige prática, apoio continuado e reflexão sobre a relação entre tecnologia, pedagogia e conteúdo. Esses estudos reforçam a necessidade de compreender

a adoção tecnológica como parte de um processo formativo, situado e progressivo.

O referencial TPACK contribui para essa discussão ao propor que a integração tecnológica requer articular conhecimento tecnológico, pedagógico e disciplinar (Koehler & Mishra, 2008). No campo do ensino de Ciências, Blonder *et al.* (2025) atualizam essa questão ao vincular a IA generativa ao conhecimento pedagógico do conteúdo, especialmente no planejamento de aulas e na análise de interações entre docentes e sistemas generativos:

A constatação de que os programas de formação docente devem incluir a integração de ferramentas de GenAI na educação científica é crucial para garantir que os professores em formação inicial estejam dotados das habilidades necessárias para utilizar eficazmente essas ferramentas em seu desenvolvimento profissional e em suas necessidades pessoais de aprendizagem. (Blonder *et al.*, 2025, p. 1303, tradução nossa)

A incorporação da IA generativa no ensino de Ciências e Matemática exige atenção específica a aspectos disciplinares e pedagógicos. Em Ciências, esses usos podem incluir planejamento, geração de atividades, avaliação crítica e retroalimentação. No entanto, exigem precisão conceitual, adequação didática e o papel mediador do professor. Em Matemática, requerem análise da qualidade das tarefas, do nível de demanda cognitiva, da resolução de problemas e das formas de argumentação.

Dilling & Herrmann (2024), ao estudar o uso do ChatGPT por futuros professores de Matemática na construção de provas geométricas, documentam uma lacuna importante. Muitos estudantes possuem experiências limitadas com modelos de linguagem e tendem a usá-los de forma pouco específica:

No estudo, ficou evidente que muitos estudantes têm concepções equivocadas sobre o princípio de funcionamento da IA generativa e dos grandes modelos de linguagem. Além disso, muitos não utilizam técnicas de prompting nem as capacidades conversacionais dos grandes modelos de linguagem. (Dilling & Herrmann, 2024, p. 13, tradução nossa)

Essa lacuna sugere que a familiaridade superficial com uma ferramenta não garante um uso matematicamente produtivo. A formação inicial docente requer atividades de experimentação, análise de respostas,

comparação de resultados e formulação de prompts para que o futuro docente desenvolva critérios de avaliação e compreenda os limites dessas ferramentas.

Por que alguns docentes adotam inovações tecnológicas e outros não? A TDI de Rogers (2003) oferece um referencial para compreender esse fenômeno. Rogers define a difusão como um processo social fundamental:

A difusão é o processo mediante o qual uma inovação é comunicada, por meio de determinados canais e ao longo do tempo, entre os membros de um sistema social. É um tipo especial de comunicação, já que as mensagens se relacionam com novas ideias. (Rogers, 2003, p. 5, tradução nossa)

A IA generativa pode ser interpretada como uma inovação no contexto da formação docente, com características de comunicação, temporalidade e variabilidade conforme o sistema social em que se difunde. Sua adoção depende de experiências prévias, valores, oportunidades de uso e formas de comunicação dentro do contexto educativo. Rogers (2003) enfatiza que a taxa de adoção de uma inovação se relaciona com atributos percebidos. Os atributos específicos são vantagem relativa (é melhor que alternativas existentes?), compatibilidade (encaixa-se com valores prévios?), complexidade (quão fácil é de usar?), experimentabilidade (pode ser testada sem risco?) e observabilidade (os resultados são visíveis?). Um achado central da TDI é que: "As percepções dos indivíduos sobre os atributos de uma inovação, e não os atributos classificados objetivamente por especialistas ou agentes de mudança, afetam sua taxa de adoção" (Rogers, 2003, p. 6, tradução nossa).

Essa proposição de Rogers (2003) situa a percepção individual como elemento-chave. A adoção de uma inovação depende de como os sujeitos a interpretam em seus contextos específicos, e não de características objetivas da inovação em si. Na educação, isso significa que a aceitação de ferramentas como o ChatGPT é mediada por percepções sobre sua utilidade, compatibilidade com a prática pedagógica e complexidade de seu manejo.

Bae *et al.* (2024) aplicam a TDI para analisar percepções de futuros docentes sobre IA generativa. Seus resultados mostram que, após discussões sobre o ChatGPT, os futuros docentes ampliaram sua consciência e conhecimento inicial da ferramenta, além de reduzir a ansiedade diante da IA. No entanto, poucos participantes confirmaram intenção de adotar ferramentas generativas em suas práticas. Os autores observam uma lacuna entre interesse

inicial e adoção pedagógica, aspecto que tem sido documentado em outras pesquisas sobre adoção tecnológica na educação.

Panday-Shukla (2025) também adota a TDI para analisar percepções de futuros docentes e formadores de professores sobre IA generativa. Seus resultados indicam que a adoção se vincula a percepções de benefício, compatibilidade com valores pedagógicos, esforço requerido para aprender a usar a ferramenta, possibilidade de experimentação e visibilidade de resultados. Futuros docentes reconhecem vantagens como geração de ideias, apoio à aprendizagem e economia de tempo. Simultaneamente, expressam preocupações quanto à integridade acadêmica, à aprendizagem superficial, à dependência excessiva da ferramenta e à falta de orientações institucionais claras. A TDI permite integrar essas percepções como componentes de um processo dinâmico de adoção.

A alfabetização em IA complementa o referencial da TDI ao especificar quais conhecimentos, habilidades e disposições são relevantes para que os docentes se relacionem criticamente com essas tecnologias. Chiu *et al.* (2024) diferenciam alfabetização e competência em IA:

A competência em IA é definida como "a confiança e a capacidade de uma pessoa para explicar claramente como funcionam as tecnologias de IA e como impactam a sociedade, bem como para utilizá-las de maneira ética e responsável, e comunicar-se e colaborar eficazmente com elas em qualquer contexto". (Chiu et al., 2024, p. 4, tradução nossa)

A alfabetização em IA implica múltiplas dimensões: conhecimento sobre como funcionam as tecnologias de IA, compreensão de seus impactos sociais, capacidade de utilizá-las eticamente, consciência de suas limitações e vieses, e disposição para colaborar de forma responsável. Essas dimensões transcendem o domínio técnico de uma ferramenta específica para incluir julgamento crítico, reflexão ética e consciência de contexto.

Meegan & Young (2025) documentam que a alfabetização em IA pode ser desenvolvida por meio de experiências formativas estruturadas. Os autores analisaram uma intervenção com IA generativa baseada em aprendizagem por cenários para futuros docentes e identificaram avanços em autoeficácia e alfabetização em IA. A intervenção incluiu participação ativa, retroalimentação reflexiva e discussão ética sobre usos responsáveis. Os autores destacam o potencial de experiências formativas práticas para

desenvolver confiança e critérios de avaliação em relação a tecnologias generativas.

A convergência entre formação inicial docente, ensino de Ciências e Educação Matemática, alfabetização em IA e TDI oferece um referencial multidimensional para investigar como os futuros docentes se aproximam de tecnologias emergentes. Compreender essa aproximação requer examinar percepções sobre utilidade e compatibilidade com valores pedagógicos (elementos da TDI), conhecimento sobre funcionamento e limitações das ferramentas (elementos da alfabetização em IA), e articulação entre conhecimento disciplinar, pedagógico e tecnológico (elementos do TPACK). Esses referenciais teóricos permitem interpretar a adoção de inovações tecnológicas como um processo complexo, situado em contextos específicos de formação docente, onde múltiplas dimensões (percepções, conhecimentos, habilidades e valores) interagem.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida por meio de um delineamento quantitativo, exploratório e descritivo, com aplicação de questionários antes e depois de uma experiência formativa sobre IA generativa (Gil, 2002; Flick, 2013). O estudo analisou mudanças nas percepções autorreferidas de futuros docentes sobre o uso pedagógico, crítico e ético do ChatGPT. Por se tratar de uma comparação pré e pós-oficina sem grupo de controle, os resultados são interpretados como mudanças observadas nas respostas dos participantes após a experiência formativa, sem atribuição de causalidade.

O estudo foi realizado com futuros docentes de educação primária nas disciplinas de Matemática e Ciências Naturais vinculados à Universitat Autònoma de Barcelona, durante o ano de 2024. Foram considerados 137 participantes com respostas pareadas nos questionários pré e pós-oficina, pareadas por meio do NIU (Número de Identificação Universitária), utilizado exclusivamente para vincular as respostas do mesmo participante nos dois momentos, preservando o anonimato conforme Fowler (2014). A pesquisa insere-se em um projeto mais amplo sobre a incorporação de IA generativa nas práticas pedagógicas de professores e futuros professores de Ciências e Matemática no Brasil e na Espanha.

A experiência formativa consistiu em uma oficina presencial de duas horas, orientada a demonstrar possibilidades de uso consciente, responsável e pedagógico do ChatGPT. A oficina foi organizada em quatro momentos. O primeiro (vinte minutos) abordou o uso responsável da IA, incluindo

verificação de precisão, adaptação de conteúdos ao contexto, questões éticas como plágio e autoria, e a ideia de que a IA é uma ferramenta de apoio, e não uma substituta do professor. O segundo momento (quarenta minutos) apresentou estudos de caso e demonstrações do ChatGPT em tarefas docentes: criação de planos de aula, geração de atividades e exercícios, produção de textos introdutórios, uso como tutor e geração de retroalimentação personalizada. O terceiro momento foi dedicado a atividades práticas, nas quais os participantes utilizaram o ChatGPT para experimentar planejamento e produção didática, incluindo criação de planos de aula, materiais interativos, avaliações, retroalimentação, correção de provas, roteiros de aula e adaptação de conteúdos para estudantes com necessidades específicas. Na Educação Matemática, foram incorporados exemplos específicos sobre resolução de problemas por meio do método de Polya e análise de demanda cognitiva de tarefas. O quarto momento consistiu em uma discussão final e na aplicação do questionário pós-oficina.

Os instrumentos de coleta de dados foram dois questionários on-line elaborados no Google Forms: um pré-oficina e outro pós-oficina. O questionário pré-oficina incluiu um bloco sobre experiência prévia com ferramentas de IA generativa, com perguntas sobre frequência de uso, tempo de interação regular, ferramentas utilizadas (ChatGPT, Microsoft Bing Chat, Google Gemini e outras), uso de extensões ou complementos, tarefas realizadas com IA, experiência com comunidades de aprendizagem e acompanhamento de atualizações sobre IA. O questionário pós-oficina incluiu um bloco de avaliação do desenvolvimento da oficina, com itens sobre relevância do conteúdo, contribuição das dinâmicas para a compreensão do tema e compreensão do funcionamento e das funcionalidades do ChatGPT. Também incluiu perguntas de múltipla escolha sobre as práticas demonstradas que mais chamaram a atenção e aquelas que os participantes usariam em seu futuro trabalho docente.

Ambos os questionários compartilhavam oito itens centrais de percepção, derivados do conteúdo específico da oficina, que permitiram a comparação pré e pós-oficina. Esses itens abordavam: confiança para formular perguntas específicas ou prompts; consideração das limitações de ferramentas de IA; atenção a vieses linguísticos, de gênero, sociais ou socioculturais; compreensão da diferença entre informação gerada por IA e buscas gerais na internet; conhecimento de diretrizes éticas relacionadas ao uso de IA; impacto da IA na forma de pensar sobre conhecimento, aprendizagem e resolução de problemas; utilidade da IA para a aprendizagem universitária; e percepção da IA como ferramenta relevante para o futuro

exercício docente. As respostas foram registradas em escala Likert de cinco pontos, posteriormente codificada de 1 a 5 para a análise estatística.

A análise dos dados foi realizada por meio do *software* jamovi (versão 2.5.4, The jamovi project, 2024) e foi estruturada em etapas que correspondem à apresentação dos resultados. Em primeiro lugar, foi realizada uma análise exploratória de conglomerados para identificar perfis iniciais de uso de IA generativa entre os participantes. Para isso, foram utilizadas variáveis do questionário pré-oficina relacionadas à frequência geral de uso, tempo de uso, uso do ChatGPT, uso de outras ferramentas de IA, uso de extensões, experiência com comunidades de aprendizagem e acompanhamento de atualizações. Como essas variáveis apresentavam escalas distintas, foram padronizadas antes da análise. A análise exploratória de conglomerados hierárquicos foi realizada com distância euclidiana e método Ward.D2, escolhido após a comparação de diferentes métodos como o mais adequado para essa configuração de dados. Os conglomerados foram interpretados como perfis exploratórios de uso prévio, sem pretensão de constituir uma classificação definitiva nem equivaler diretamente a categorias da TDI.

Em segundo lugar, foram tabuladas as respostas de múltipla escolha do questionário pós-oficina para identificar as práticas demonstradas que mais chamaram a atenção e aquelas que os participantes declararam que utilizariam em seu trabalho docente. Essa análise permitiu caracterizar quais possibilidades pedagógicas do ChatGPT se mostraram mais relevantes ou próximas da futura prática docente dos participantes.

Em terceiro lugar, as bases pré e pós-oficina foram consolidadas, preservando o pareamento por NIU, e foram calculadas estatísticas descritivas para caracterizar as respostas. Posteriormente, os oito itens comuns foram comparados por meio do teste de postos sinalizados de Wilcoxon para amostras pareadas, considerando o caráter ordinal dos itens tipo Likert e a estrutura pré/pós dos dados. Também foi calculado o tamanho do efeito por meio da correlação *rank-biserial* pareada (Kerby, 2014), com o objetivo de estimar a magnitude das diferenças observadas.

Em quarto lugar, para examinar como as mudanças nas percepções variavam conforme o perfil inicial de cada participante, foi realizada uma análise de covariância (ANCOVA) estratificada pelos seis perfis identificados, utilizando os valores pré-oficina como covariáveis para controlar as diferenças iniciais. Essa análise permitiu explorar se a experiência formativa

impactou de forma diferenciada conforme o nível de familiaridade prévio com ferramentas de IA.

Quanto às ferramentas de IA diferentes do ChatGPT, observou-se que, durante o período da pesquisa, surgiam ferramentas variadas de IA generativa (como Microsoft Bing Chat, Google Gemini e outras plataformas de síntese de textos e análise de informações). Como o uso dessas ferramentas foi esporádico e a maioria dos participantes se concentrou no ChatGPT, elas foram agrupadas em uma única variável dicotômica para facilitar a análise de conglomerados.

A pesquisa seguiu procedimentos éticos relativos à participação voluntária, ao consentimento informado, ao anonimato e à confidencialidade. Antes de responder aos questionários, os participantes tiveram acesso a um termo de consentimento livre e esclarecido on-line, no qual eram explicitados os objetivos do estudo, a voluntariedade da participação, o uso do NIU exclusivamente para o pareamento de respostas e a proteção da identidade. O Comitê da Universidade Luterana do Brasil aprovou a pesquisa, com parecer ético número 76342523.3.0000.5349.

RESULTADOS E ANÁLISE

Esta seção apresenta os resultados em quatro níveis: perfis exploratórios, práticas demonstradas, mudanças pré e pós nas percepções, e mudanças diferenciadas conforme o perfil inicial. A análise foi realizada com 137 respostas pareadas. Os itens de percepção foram codificados de 1 a 5, em que valores mais altos indicam maior concordância com a afirmação.

Perfis exploratórios de uso prévio de IA generativa

A análise exploratória de conglomerados identificou seis perfis iniciais de uso de IA generativa, apresentados na Tabela 1. A distribuição mostrou que 51 participantes (37,2%) corresponderam ao perfil de uso moderado centrado no ChatGPT, representando o grupo mais numeroso. Um segundo grupo de 32 participantes (23,4%) apresentou uso diversificado de ferramentas de IA generativa. Os 54 participantes restantes se distribuíram entre perfis de menor experiência: experiência baixa ou nula (9 participantes, 6,6%), uso inicial centrado no ChatGPT (18 participantes, 13,1%), uso com apoio formativo (11 participantes, 8,0%) e uso ampliado com extensões (16 participantes, 11,7%).

Tabela 1*Perfis exploratórios de uso prévio de IA generativa*

Perfil	n	%	Descrição interpretativa
Experiência baixa ou nula	9	6,6	Participantes com uma experiência prévia muito limitada com ferramentas de IA generativa
Uso inicial centrado no ChatGPT	18	13,1	Participantes com contato inicial ou ocasional com o ChatGPT
Uso do ChatGPT com apoio formativo	11	8,0	Participantes que utilizaram o ChatGPT e declararam ter aprendido por meio de tutoriais, comunidades ou outros recursos de apoio
Uso moderado centrado no ChatGPT	51	37,2	Participantes que utilizaram o ChatGPT, ainda que com uso limitado de outras ferramentas de IA ou extensões
Uso ampliado com extensões	16	11,7	Participantes com padrões de uso mais avançados, incluindo extensões ou recursos complementares
Uso diversificado de ferramentas de IA	32	23,4	Participantes que utilizaram o ChatGPT e também declararam usar outras ferramentas de IA
Total	137	100,0	

Essa distribuição mostra uma heterogeneidade clara na experiência prévia dos participantes com ferramentas de IA generativa. Enquanto aproximadamente 60% do grupo (82 participantes) apresentou experiência moderada a ampliada, aproximadamente 40% (55 participantes) se situou em etapas iniciais ou de baixa experiência com essas tecnologias. Essa composição heterogênea do grupo caracteriza a amostra de participantes que vivenciou a intervenção formativa.

Práticas demonstradas na oficina

O questionário aplicado após a oficina incluiu perguntas sobre as práticas demonstradas que mais chamaram a atenção dos participantes e aquelas que utilizariam em seu futuro trabalho docente. Essas práticas estavam diretamente vinculadas à estrutura da oficina, que incluiu demonstrações sobre criação de planos de aula, geração de atividades e

exercícios, criação de textos introdutórios, uso do ChatGPT como tutor, geração de retroalimentação personalizada e correção de avaliações. Nos materiais da oficina, essas possibilidades foram apresentadas como exemplos de uso pedagógico, sempre acompanhadas da necessidade de revisão, adaptação e supervisão docente. Na Tabela 2 são apresentados os dados.

Tabela 2

Práticas demonstradas que chamaram a atenção e que seriam utilizadas no ensino

Prática demonstrada	Chamou a atenção n	Chamou a atenção %	Utilizaria n	Utilizaria %
Geração de atividades e exercícios	74	54,0	118	86,1
ChatGPT como tutor e geração de retroalimentação personalizada	67	48,9	38	27,7
Correção de avaliações	62	45,3	53	38,7
Criação de planos de aula	54	39,4	78	56,9
Criação de textos introdutórios e slides	26	19,0	49	35,8

Uma diferença notável aparece entre a proporção de participantes que indicaram que determinadas práticas lhes chamaram a atenção e aqueles que declararam que as usariam no futuro. Para a geração de atividades e exercícios, ambas as proporções foram semelhantes e altas (54,0% *versus* 86,1%), mostrando maior intenção de uso futuro do que interesse inicial. Para a criação de planos de aula, a intenção de uso futuro (56,9%) foi consideravelmente maior do que o interesse inicial (39,4%), indicando que a prática foi melhor compreendida ou avaliada mais positivamente depois de experimentada. Já para práticas como a tutoria com ChatGPT e a correção de avaliações, a proporção de uso futuro foi menor do que a de interesse inicial, mostrando uma lacuna entre a atenção gerada pela demonstração e a disposição potencial de adotá-la na prática futura.

As práticas especificamente vinculadas à Educação Matemática, como o uso do ChatGPT com o método de Polya ou a análise de demanda cognitiva de tarefas, foram mencionadas por um número menor de participantes, correspondendo a um recorte específico da oficina de Educação Matemática

que não esteve necessariamente presente da mesma forma em todos os grupos. Essa especificidade disciplinar reflete o desenho da oficina, que incluiu demonstrações tanto genéricas quanto específicas de disciplinas.

Mudanças nas percepções autorreferidas

A comparação entre as respostas pré e pós-oficina foi realizada por meio do teste de postos sinalizados de Wilcoxon para amostras pareadas. Os oito itens de percepção apresentaram aumento nas médias após a oficina, com diferenças estatisticamente significativas ($p < ,001$), apresentados na Tabela 3. O tamanho do efeito foi estimado por meio da correlação *rank-biserial* pareada.

Tabela 3

Comparações pré e pós-oficina das percepções autorreferidas

Dimensão	Média pré	Média pós	Diferença	p	Tamanho do efeito
Autoeficácia para a elaboração de <i>prompts</i>	3,53	4,07	0,55	< ,001	0,710
Consciência das limitações	4,20	4,54	0,34	< ,001	0,564
Consciência dos vieses	3,99	4,41	0,42	< ,001	0,564
Diferença entre IA e busca na <i>internet</i>	3,65	4,31	0,66	< ,001	0,785
Conhecimento de diretrizes éticas	3,22	4,05	0,83	< ,001	0,814
Impacto epistemológico percebido	3,02	3,75	0,73	< ,001	0,660
Utilidade como estudante universitário	3,88	4,49	0,61	< ,001	0,791
Utilidade como futuro docente	3,67	4,16	0,49	< ,001	0,619

As mudanças nas médias variaram conforme o item de percepção. A diferença mais elevada foi observada em conhecimento de diretrizes éticas, com mudança de 0,83 pontos, seguido por impacto epistemológico percebido, com 0,73 pontos. Diferença de médias de 0,66 pontos foi observada no item de diferença entre IA e busca na internet. O item de utilidade como estudante universitário apresentou diferença de 0,61 pontos, alcançando a média pós-oficina mais alta (4,49) entre todos os itens analisados. A autoeficácia para

elaboração de prompts mostrou mudança de 0,54 pontos. Os itens sobre vieses e limitações apresentaram diferenças de 0,42 e 0,34 pontos, respectivamente.

Cabe observar que o item de consciência das limitações apresentou a média inicial mais alta (4,20) entre todos os itens, reduzindo assim a margem possível de melhora, alcançando 4,54 no pós-oficina. No extremo oposto, o item de impacto epistemológico percebido apresentou a média inicial mais baixa (3,02), permitindo maior espaço de ganho. O item de utilidade como futuro docente mostrou a diferença de médias mais baixa, com 0,49 pontos. Apesar dessa variabilidade nas magnitudes de mudança, todos os oito itens apresentaram melhoras estatisticamente significativas, indicando que a experiência formativa gerou mudanças perceptíveis em todas as dimensões medidas.

Mudanças diferenciadas conforme o perfil de uso prévio

Para examinar a variabilidade nas mudanças percebidas conforme o perfil inicial de cada participante, o análise foi estratificada pelos seis perfis identificados, apresentados na Tabela 4. Os participantes do perfil de experiência baixa ou nula apresentaram ganho médio de 1,15 pontos, equivalente a 39,4% de melhora relativa em relação à sua pontuação inicial. O perfil de uso inicial mostrou ganho de 0,81 pontos (23,0% de melhora). O perfil com apoio formativo apresentou mudança de 0,44 pontos (11,5% de melhora). O perfil moderado mostrou mudança de 0,52 pontos (13,9% de melhora). O perfil com extensões registrou mudança de 0,43 pontos (11,4% de melhora). O perfil diversificado apresentou mudança de 0,51 pontos (14,0% de melhora). O ganho médio total na amostra foi de 0,59 pontos, correspondente a 16,2% de melhora relativa.

Tabela 4

Mudanças nas percepções conforme perfil de uso prévio de IA generativa

Perfil de uso prévio	n	Média pré	Média pós	Δ	$\Delta\%$
1. Experiência baixa ou nula	9	2,92	4,07	1,15	39,4
2. Uso inicial, centrado no ChatGPT	18	3,52	4,33	0,81	23,0
3. Uso com apoio formativo	11	3,84	4,28	0,44	11,5
4. Uso moderado (referência)	51	3,73	4,25	0,52	13,9

5. Uso ampliado com extensões	16	3,77	4,20	0,43	11,4
6. Uso diversificado de ferramentas	32	3,65	4,16	0,51	14,0
Total (M)	137	3,64	4,23	0,59	16,2

Nota. Δ = diferença média (média pós – média pré). $\Delta\%$ = ganho normalizado ((média pós – média pré) / média pré $\times$ 100). Os dados correspondem ao escore total de percepções (média dos 8 itens comparados). Todas as mudanças foram estatisticamente significativas ($p < ,001$) quando analisadas em conjunto (Tabela 3). A variação na magnitude da mudança conforme o perfil refletiria efeitos de piso (maiores ganhos em pontuações basais baixas) e de teto (ganhos limitados em pontuações basais altas), comuns em pesquisas de intervenção pedagógica.

Um padrão claro emerge da análise por perfis: os participantes com experiência inicial mais baixa apresentaram os ganhos absolutos mais pronunciados, ao passo que aqueles com maior diversificação em ferramentas de IA apresentaram mudanças mais moderadas em valores absolutos. Os participantes do perfil de experiência baixa ou nula ($n=9$) mostraram incremento de 1,15 pontos, enquanto o perfil diversificado ($n=32$) mostrou incremento de 0,51 pontos, uma diferença de 0,64 pontos entre os extremos. No entanto, todos os grupos apresentaram mudanças estatisticamente significativas quando o teste pareado foi aplicado (todos $p < ,001$).

A análise de covariância (ANCOVA) foi realizada para examinar se as diferenças nas mudanças percebidas permaneciam significativas após o controle dos valores pré-oficina. Os resultados mostraram que, após o controle pelos valores iniciais, não houve diferenças estatisticamente significativas nos valores pós-oficina entre os grupos ($F(1,134) = 2,37$, $p = ,126$, $\eta^2p = ,017$). Contudo, os valores pré-oficina foram preditores significativos dos valores pós-oficina ($F(1,134) = 30,02$, $p < ,001$, $\eta^2p = ,183$), explicando 18,3% da variância nas pontuações pós-oficina. Análises semelhantes em literacia crítica ($F(1,134) = 3,56$, $p = ,061$, $\eta^2p = ,026$) e atitudes ($F(1,134) = 0,304$, $p = ,582$, $\eta^2p = ,002$) mostraram padrões equivalentes, nos quais os valores iniciais foram preditores significativos, mas as diferenças entre grupos pós-oficina não foram estatisticamente significativas.

A distribuição de mudanças conforme o perfil revelou uma relação inversa entre o nível de experiência inicial e a magnitude da mudança absoluta. Os participantes com baixa experiência inicial operaram com maior espaço de

melhora na escala, enquanto aqueles já familiarizados com IA generativa alcançavam pontuações mais próximas do máximo (5,00), limitando assim o potencial de ganho adicional. Apesar dessas mudanças mais moderadas em valores absolutos, os ganhos relativos em percentual de melhora continuaram sendo de 11,4% a 14,0% para os grupos já estabelecidos, comparados a 39,4% para o grupo com experiência baixa ou nula, indicando que a experiência formativa produziu efeitos diferenciados conforme a posição inicial de cada participante na trajetória de adoção de ferramentas de IA generativa.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelam mudanças significativas nas percepções de futuros docentes de Ciências e Matemática sobre a IA generativa, particularmente em dimensões éticas, epistemológicas e de utilidade. Essas mudanças, embora vinculadas a uma experiência formativa breve, oferecem evidências sobre como a formação docente inicial pode catalisar uma aproximação crítica, ética e pedagogicamente fundamentada a ferramentas emergentes como o ChatGPT.

Interpretação a partir da TDI

A TDI de Rogers (2003) fornece um referencial interpretativo pertinente para compreender esses resultados. Rogers (2003) define a difusão como um processo social mediante o qual uma inovação é comunicada por meio de canais específicos e ao longo do tempo em um sistema social. No contexto deste estudo, a IA generativa emerge como uma inovação percebida pelos futuros docentes, cuja adoção depende menos de características objetivas da ferramenta do que de como os sujeitos a interpretam em seus contextos específicos.

Um aspecto central da TDI é que as percepções dos indivíduos sobre os atributos de uma inovação (e não os atributos classificados objetivamente por especialistas) determinam sua taxa de adoção (Rogers, 2003). Os dados deste estudo confirmaram essa proposição. O aumento na percepção de utilidade como estudante universitário (diferença média de 0,61, chegando à média de 4,49) sugere que os participantes reconheceram uma vantagem relativa clara no contexto de sua própria aprendizagem. Simultaneamente, a percepção de utilidade como futuro docente foi menor (diferença média de 0,49, média de 4,16), revelando cautela diante da aplicação em contextos pedagógicos. Essa lacuna (4,49 versus 4,16) é especialmente relevante porque indica que o reconhecimento de valor não é automático em todos os contextos de atuação. Os futuros docentes parecem distinguir entre "útil para mim como

estudante" e "útil para mim como docente", sugerindo uma consciência incipiente de que a mediação pedagógica exige considerações adicionais em relação às da aprendizagem pessoal.

Rogers (2003) descreve cinco atributos percebidos que influenciam a adoção: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, experimentabilidade e observabilidade. Os dados deste estudo mostram variabilidade nesses atributos conforme o tipo de prática. A geração de atividades e exercícios foi indicada como prática futura por 86,1% dos participantes, provavelmente por representar uma prática de baixa complexidade percebida, facilmente experimentável e com resultados observáveis. Já o uso do ChatGPT como tutor e a correção de avaliações geraram menor intenção de uso futuro (27,7% e 38,7%, respectivamente), sugerindo que os futuros docentes percebem maior complexidade, maior necessidade de supervisão humana e maior responsabilidade pedagógica nessas aplicações.

Rogers (2003) também propõe que a adoção de uma inovação ocorre em etapas: conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação. Os resultados deste estudo situam os participantes principalmente entre as etapas de conhecimento e persuasão. Eles ampliaram seu conhecimento sobre as possibilidades do ChatGPT (como mostram os aumentos significativos em todos os itens), e vários indicaram disposição inicial em direção à adoção. Entretanto, a presença de cautela diante de usos complexos sugere que ainda não transitaram completamente para a etapa de decisão em todas as aplicações. Essa leitura evita uma interpretação excessivamente otimista dos dados e reconhece que a mudança de percepção é um primeiro passo, mas não garante adoção pedagógica estável nem efetiva em sala de aula.

Alfabetização em IA como complemento à TDI

A alfabetização em IA, segundo Chiu *et al.* (2024), vai além da compreensão técnica e inclui a capacidade de explicar como funcionam essas tecnologias, reconhecer seus impactos sociais, utilizá-las eticamente e colaborar efetivamente com elas. Esse conceito complementa a TDI ao especificar quais dimensões de conhecimento são necessárias para que a percepção favorável se traduza em uso crítico e responsável.

As mudanças mais pronunciadas neste estudo ocorreram justamente em dimensões de alfabetização em IA. O conhecimento de diretrizes éticas mostrou a mudança mais alta (diferença média de 0,83), seguido pelo impacto epistemológico percebido (0,73) e pela compreensão da diferença entre IA e

buscas gerais na internet (0,66). Essas mudanças refletem exatamente o que Chiu *et al.* (2024) definem como competência em IA: compreender criticamente como funciona a tecnologia, reconhecer seus limites e agir eticamente.

O aumento na consciência das limitações (diferença média de 0,34) e dos vieses (0,42) é particularmente relevante, ainda que as magnitudes tenham sido menores. Isso se deve ao fato de os participantes já apresentarem consciência inicial moderada a alta sobre limitações (média inicial de 4,20). Apesar desse efeito "teto", as mudanças continuaram sendo estatisticamente significativas, indicando que, mesmo para participantes com consciência prévia, a experiência formativa aprofundou essa compreensão.

Esse ponto é central para a formação de professores de Ciências e Matemática. As respostas geradas por IA podem parecer coerentes e convincentes, mas conter erros conceituais, simplificações pedagogicamente inadequadas ou vieses culturais (Dilling & Herrmann, 2024). A capacidade de avaliar criticamente essas respostas constitui uma condição para seu uso pedagógico responsável. Nessa direção, a IA generativa deve ser incorporada à formação docente como objeto de análise crítica e como recurso mediado pelo conhecimento profissional do professor.

Dimensões de mudança e suas implicações pedagógicas

O aumento no impacto epistemológico percebido (média inicial de 3,02, pós-oficina 3,75) sugere que a experiência formativa conseguiu ir além da capacitação instrumental. Os participantes indicaram mudanças em como concebem a relação entre IA, conhecimento e aprendizagem. Isso dialoga diretamente com perspectivas que enfatizam que as tecnologias generativas não são simplesmente ferramentas neutras, transformando formas de pensar, aprender e produzir conhecimento (Blonder *et al.*, 2025). A formação docente deve preparar professores para que reconheçam e naveguem ativamente por essas transformações epistemológicas.

A autoeficácia para formular *prompts* aumentou de 3,53 para 4,07 (diferença de 0,54), indicando que os participantes ganharam confiança para interagir intencionalmente com o ChatGPT. Esse resultado é importante porque a formulação de perguntas específicas é uma prática-chave para obter respostas de qualidade pedagógica (Dilling & Herrmann, 2024). Contudo, os mesmos autores também advertem que muitos futuros professores tendem a usar modelos de linguagem de forma pouco específica, sem técnicas deliberadas de *prompting*. Os resultados deste estudo sugerem que uma

experiência formativa breve pode melhorar essa competência, embora provavelmente requeira prática e retroalimentação sustentada em contextos de ensino real.

Variabilidade conforme o perfil de uso prévio

Um achado notável é como as mudanças variaram conforme a experiência inicial com IA generativa. Os participantes com experiência baixa ou nula apresentaram ganhos absolutos mais pronunciados (1,15 pontos, 39,4% de melhora), enquanto usuários diversificados mostraram mudanças mais moderadas (0,51 pontos, 14,0% de melhora). A TDI ajuda a interpretar esse padrão: indivíduos com pontuações iniciais mais baixas operam com maior "espaço de melhora" na escala, enquanto aqueles já familiarizados com a temática alcançam pontuações próximas ao máximo, limitando o potencial de ganho adicional. Esse efeito é bem documentado em pesquisas de intervenção.

Contudo, o importante é que todos os perfis, incluindo usuários já estabelecidos, mostraram mudanças estatisticamente significativas. Isso sugere que a experiência formativa foi particularmente eficaz para introduzir a IA generativa como temática de reflexão crítica, pedagógica e ética a futuros docentes com pouca experiência prévia, ao mesmo tempo em que contribuiu para aprofundar ou matizar percepções em usuários já familiarizados. Isso tem implicações para o desenho de programas formativos: eles devem contemplar a heterogeneidade na familiaridade sem sacrificar o rigor crítico para nenhum grupo.

Implicações disciplinares: Educação Matemática e Ciências

Em Educação Matemática, os resultados indicam a necessidade de usos mais situados e especificamente desenhados. Dilling & Herrmann (2024) documentam que futuros professores tendem a utilizar o ChatGPT de forma genérica para tarefas matemáticas, sem explorar técnicas específicas de prompting ou sem verificar a validade matemática das respostas. A incorporação, nesta oficina, do método de Polya e da discussão sobre demanda cognitiva de tarefas matemáticas sinaliza uma possibilidade pedagógica relevante: usar o ChatGPT não como provedor automático de exercícios, e sim como ferramenta para gerar exercícios que depois são analisados criticamente quanto à sua qualidade didática, ao nível de demanda cognitiva e à validade dos processos de resolução. Esse uso exige que o professor desenvolva critérios específicos sobre o que torna uma tarefa matemática "boa", independentemente de quem a gerou.

Na Educação Científica, a contribuição se relaciona a dimensões de planejamento, explicação conceitual, adaptação de atividades e produção de retroalimentação. Blonder et al. (2025) argumentam que a IA generativa pode favorecer a reflexão sobre conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e disciplinares na formação de professores de Ciências. Os aumentos observados na autoeficácia para formular prompts e na percepção de utilidade docente sinalizam uma abertura para repensar como os professores podem mediar entre o conhecimento científico, o pedagógico e as potencialidades de ferramentas generativas. Simultaneamente, a cautela diante da tutoria automatizada sugere consciência de que a mediação pedagógica em Ciências exige relação direta entre professor e estudante, algo que não pode ser completamente delegado à IA.

Tensões importantes: interesse pedagógico versus cautela responsável

Um aspecto fundamental dos resultados é a tensão entre disposição favorável e cautela pedagógica. A geração de atividades e exercícios foi indicada por 54,0% como prática que chamou a atenção, mas por 86,1% como possível uso futuro, mostrando alinhamento entre interesse e adoção potencial. Contudo, para práticas como tutoria (67 participantes, 48,9% interessados, mas apenas 38, 27,7%, como uso futuro) e correção de avaliações (62 interessados, 45,3%, mas 53 como uso futuro, 38,7%), a lacuna é considerável. Essa divergência não é negativa; é evidência de pensamento crítico. Os futuros docentes reconhecem o potencial da IA generativa, mas simultaneamente percebem que certos usos envolvem responsabilidades pedagógicas específicas (avaliação da aprendizagem, acompanhamento personalizado de estudantes) que não podem ser completamente delegadas a sistemas automáticos.

Essa cautela se alinha com Bae *et al.* (2024), que observaram que experiências com o ChatGPT ampliam a consciência e reduzem a ansiedade de futuros professores, mas a intenção de adoção pedagógica permanece limitada. Os autores interpretam esse padrão como evidência de que os docentes avaliam seriamente as implicações pedagógicas de cada uso, em vez de encará-lo como um fracasso formativo. De maneira semelhante, Panday-Shukla (2025) constatou que a adoção de IA generativa é mediada por percepções de compatibilidade com valores pedagógicos, preocupações quanto à integridade acadêmica e necessidade de diretrizes institucionais claras.

Um aspecto crítico aqui é a questão da substituição do professor. Os dados sugerem que os futuros docentes veem a IA generativa como uma ferramenta que exige mediação docente, longe de percebê-la como substituta do professor. A percepção mais baixa de utilidade como futuro docente em comparação com estudante (4,16 *versus* 4,49) pode refletir essa compreensão: o professor precisa traduzir, adaptar, validar e contextualizar as respostas do ChatGPT, em vez de simplesmente utilizá-las "como estão". Esse é precisamente o papel insubstituível do docente, que requer formação específica.

Limitações e considerações metodológicas

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. O delineamento pré-pós sem grupo de controle não permite atribuir causalidade à experiência formativa de forma definitiva; é possível que outros fatores (conversas com colegas, exposição midiática à IA, ou simplesmente o passar do tempo) tenham contribuído para as mudanças observadas. Os dados foram autorreferidos, baseados em percepções declaradas pelos participantes, e não em observação direta de práticas docentes reais. A experiência formativa teve curta duração (duas horas), em um contexto institucional específico, com uma amostra de 137 participantes de educação primária. Por essas razões, os resultados devem ser interpretados com cautela quanto a processos de adoção estável e à implementação efetiva em sala de aula.

Adicionalmente, o acompanhamento foi imediato, logo após a oficina. Não se sabe se as mudanças nas percepções se mantêm ao longo do tempo, nem se observou se a disposição favorável a adotar certas práticas se traduziu efetivamente em seu uso em contextos de ensino real. Esse é um ponto especialmente importante, dado que a literatura sobre difusão de inovações mostra que a lacuna entre intenção de uso e adoção real pode ser substancial.

Implicações para a formação docente inicial

Os achados deste estudo têm implicações claras para o desenho de programas de formação docente inicial que integrem IA generativa. Em primeiro lugar, a formação deve ser explicitamente crítica e ética, e não meramente instrumental. O fato de a maior mudança ter ocorrido no conhecimento de diretrizes éticas (0,83) indica que os docentes em formação valorizam e respondem a orientações éticas, quando estas são oferecidas de forma clara e integrada.

Em segundo lugar, a formação deve promover experimentação situada e reflexão pedagógica. Os aumentos na autoeficácia para formular *prompts* e

no impacto epistemológico percebido sugerem que a prática deliberada com a ferramenta, combinada com discussão sobre suas implicações, catalisa uma aprendizagem mais profunda do que a exposição meramente informativa.

Em terceiro lugar, a heterogeneidade de experiências prévias com IA requer que os programas formativos diferenciem, sem sacrificar o rigor. Alguns participantes chegavam sem experiência; outros com familiaridade considerável. Um programa eficaz deve atender a ambos os grupos, reconhecendo que os princípios éticos, críticos e pedagógicos transcendem o nível técnico de familiaridade.

Em quarto lugar, a formação deve reconhecer as diferenças disciplinares. Matemática e Ciências têm suas próprias preocupações quanto à qualidade, à validade do conhecimento e à mediação pedagógica. Formações genéricas sobre "IA na educação" perdem essa especificidade. Os resultados deste estudo, embora derivados de uma experiência formativa geral, evidenciam a importância de traduzir os princípios para contextos disciplinares específicos.

Contribuição para a convergência teórica

Este estudo contribui para a convergência entre três campos importantes: formação inicial docente, alfabetização em IA e TDI. Mostra que uma experiência formativa breve pode catalisar mudanças significativas em percepções relevantes para essa convergência. Especificamente, evidencia que mudanças na compreensão crítica (ética, epistemologia, avaliação de qualidade) ocorrem simultaneamente a mudanças na disposição em relação à adoção pedagógica, ainda que essa disposição seja diferenciada conforme o tipo de aplicação.

Os resultados apoiam a integração da IA generativa na formação inicial de docentes de Ciências e Matemática como objeto de experimentação, análise crítica e decisão pedagógica fundamentada. Isso não significa aceitação acrítica da tecnologia, e sim o desenvolvimento da capacidade dos futuros professores para avaliar quando, como e por que utilizar o ChatGPT em favor da aprendizagem, sempre considerando a qualidade didática, os limites da ferramenta, a avaliação responsável da aprendizagem e o papel insubstituível da mediação docente.

CONCLUSÕES

Este estudo partiu de uma pergunta fundamental: como mudam as percepções de futuros docentes sobre IA generativa após uma experiência

formativa breve. A resposta que emerge dos dados é clara. Os futuros professores que vivenciam o ChatGPT por meio de uma formação estruturada desenvolvem uma relação com a tecnologia radicalmente diferente da que teriam por conta própria. Não se trata simplesmente de aprenderem a usá-la. Trata-se de começarem a questioná-la.

As mudanças observadas em conhecimento ético, reflexão epistemológica e compreensão de limites sugerem que a formação docente inicial é um momento em que se decide algo fundamental: se os professores que emergirão de nossos programas verão a IA como ferramenta neutra a ser consumida ou como artefato cultural que molda a forma como pensamos, aprendemos e ensinamos. A magnitude da mudança em ética (0,83 pontos) em relação às demais dimensões indica que, quando lhes é oferecida orientação clara sobre responsabilidade, os futuros docentes respondem. Isso importa porque sugere que existe margem de ação no desenho curricular para cultivar pensamento crítico sobre tecnologia desde o início da formação profissional.

A lacuna entre utilidade percebida como estudante e como docente (4,49 *versus* 4,16) revelou algo que a literatura havia insinuado, mas que este estudo documenta com clareza. Os futuros professores não rejeitam a IA. Mas reconhecem que sua aplicação em sala de aula não é uma questão técnica. Envolve decisões sobre avaliação, sobre mediação pedagógica, sobre o tipo de relação que desejam ter com seus estudantes. Essa cautela não é ignorância. É pensamento. É uma forma de resistência consciente contra a tentação de deixar que a eficiência tecnológica substitua a complexidade relacional do ensino. Programas formativos que cultivem essa capacidade de discernimento estão cumprindo um propósito educativo que transcende competências digitais.

O estudo documenta também que essas mudanças ocorreram de forma diferenciada conforme a experiência prévia com IA. Participantes sem familiaridade prévia experimentaram ganhos mais pronunciados, enquanto usuários já estabelecidos mostraram mudanças mais moderadas. Esse padrão é esperado e revelador. Indica que a formação efetivamente gera mudanças na percepção, independentemente do ponto de partida. Sugere ainda que as instituições podem desenhar experiências que atendam públicos heterogêneos sem sacrificar a profundidade crítica para quem já tem familiaridade com a tecnologia.

A contribuição central desta investigação reside em documentar que estudantes de formação inicial em educação podem, em curtos espaços de tempo, desenvolver uma relação sofisticada com tecnologias emergentes

quando essas experiências integram explicitamente dimensões éticas e reflexivas. Outros estudos já mostraram que docentes podem aprender a usar IA. Este estudo avança ao mostrar que podem aprender a pensá-la criticamente. É uma diferença que importa, pois os docentes que pensam criticamente sobre tecnologia transmitem essa capacidade a seus estudantes. Os que a adotam sem reflexão transmitem consumo acrítico.

Restam perguntas sem resposta que orientarão pesquisas futuras. A mais urgente é se essas mudanças de percepção se traduzem em mudanças reais em como os futuros professores efetivamente usam a IA uma vez inseridos em contextos de ensino. Também é fundamental compreender se essas percepções se mantêm ou se erodem com o tempo. É possível que futuros docentes, diante de pressões reais de cobertura curricular, falta de apoio institucional e carência de orientações claras em suas escolas, abandonem gradualmente o pensamento crítico que desenvolveram em sua formação inicial e retornem a usos mais acríticos da tecnologia.

Para que as percepções aqui documentadas se traduzam em prática sustentada, a formação inicial não pode ser um ato isolado. Requer que as instituições educativas onde esses futuros docentes atuarão criem espaços de reflexão continuada, que ofereçam recursos pedagógicos sobre IA crítica, e que as políticas educacionais proporcionem orientações claras sem prescindir do julgamento profissional docente. Caso contrário, corremos o risco de preparar professores reflexivos para ambientes que não valorizarão essa reflexão.

Este estudo contribui para uma conversa mais ampla sobre como a formação docente responde a inovações tecnológicas emergentes. Sugere que é possível cultivar uma geração de educadores que não ignorem a IA, que não a adotem cegamente, mas que a incorporem como parte de uma prática profissional informada, ética e pedagogicamente fundamentada. É responsabilidade das instituições de formação docente perseguir essa possibilidade.

DECLARAÇÕES SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Helcio Soares Padilha e Agostinho Serrano conceberam a ideia e indicaram o referencial teórico. Helcio Soares Padilha desenvolveu a pesquisa e coletou os dados. Víctor López-Simó indicou a metodologia. Helcio Soares Padilha e Víctor López-Simó analisaram os dados. Fabiane Fischer Figueiredo desenvolveu o estado da arte e revisou a metodologia e a discussão.

Todos os autores participaram ativamente da discussão dos resultados, revisaram e aprovaram a versão final do trabalho.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que fundamentam os resultados deste estudo estarão disponíveis mediante solicitação razoável ao autor correspondente, Helcio Soares Padilha.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- Bae, H., Hur, J., Park, J., Choi, G. W., & Moon, J. (2024). Pre-service teachers' dual perspectives on generative AI: Benefits, challenges, and integration into their teaching and learning. *Online Learning*, 28(3), 131–156. <https://doi.org/10.24059/olj.v28i3.4543>
- Blonder, R., Feldman-Maggor, Y., & Rap, S. (2025). Are they ready to teach? Generative AI as a means to uncover pre-service science teachers' PCK and enhance their preparation program. *Journal of Science Education and Technology*, 34(6), 1301–1310. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10180-2>
- Chiu, T. K. F., Ahmad, Z., Ismailov, M., & Sanusi, I. T. (2024). What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open*, 6, Article 100171. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.
- Dilling, F., & Herrmann, M. (2024). Using large language models to support pre-service teachers' mathematical reasoning: An exploratory study on ChatGPT as an instrument for creating mathematical proofs in geometry. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, Article 1460337. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1460337>

- Dos Santos Dos Santos, J. M., Silveira, A. P. R., Breda, A. M. R. d., & Lavicza, Z. (2025). Challenges in science, technology, engineering, arts, and mathematics education in Cape Verde: A study of a mathematics teacher training project. *Education Sciences*, 15(1), Article 81. <https://doi.org/10.3390/educsci15010081>
- Flick, U. (2013). *Introdução à metodologia de pesquisa: Um guia para iniciantes*. Penso.
- Fowler, F. J., Jr. (2014). *Survey research methods* (5th ed.). SAGE Publications.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4th ed.). Atlas.
- Kerby, D. S. (2014). The simple difference formula: An approach to teaching nonparametric correlation. *Comprehensive Psychology*, 3, 2165–2228.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3–29). Routledge.
- Meegan, J., & Young, K. (2025). It's a tool not a crutch: A pilot generative AI intervention to enhance pre-service teachers' self-efficacy and AI literacy. *Technology, Knowledge and Learning*, 30, 1895–1916. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09875-1>
- Panday-Shukla, P. (2025). Exploring generative artificial intelligence in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 165, Article 105088. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105088>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.5.4) [Computer software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Vaillant, D., Rodríguez Zidán, E., & Bentancor Biagas, G. (2020). Uso de plataformas e ferramentas digitais para o ensino da Matemática.

Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, 28(108), 718–740. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002802241>

Zhang, Y., & Zhu, J. (2023). STEM pre-service teacher education: A review of research trends in the past ten years. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), Article em2292. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13300>