

Inteligência artificial no ensino da matemática em Cursos STEM da UNINBE: percepções de estudantes e convicções de professores

Artificial intelligence in the teaching of mathematics in UNINBE's STEM Courses: students' perceptions and teachers' convictions

Óscar Mavungo Cumbo¹

Resumo

O artigo tem como objetivo analisar as percepções dos estudantes e as convicções dos professores sobre a integração da IA no ensino da Matemática em cursos STEM na UNINBE, considerando a evolução histórica, os paradigmas conceituais, as tendências didáticas e as práticas pedagógicas. A investigação parte da hipótese de que existem discrepâncias significativas entre percepções discente e docente quanto à fundamentação teórica, ao reconhecimento da trajetória histórica da IA e à identificação das tendências didáticas mais relevantes. A revisão teórica organiza-se em quatro eixos: evolução histórica da IA na educação matemática (dos ITS às LLMs), conceptualizações e paradigmas (behaviorismo, construtivismo, conetivismo, TPACK, SAMR), tendências didáticas atuais (personalização, gamificação, avaliação adaptativa, IA generativa) e usos práticos nas aulas e no trabalho docente, incluindo robótica, sistemas inteligentes e modelos de linguagem. Destacam-se tanto os potenciais da IA para feedback adaptativo, tutoria personalizada e desenho de aulas, como os riscos associados a viés algorítmico, superficialização do raciocínio, dependência excessiva e questões éticas de privacidade e integridade acadêmica. Metodologicamente, adota-se delineamento de métodos mistos com dois questionários paralelos (18 itens cada) aplicados a 271 estudantes e 18 professores, organizados em quatro dimensões (história, teorias/paradigmas, tendências didáticas, práticas), combinando itens de Likert e questões abertas. A construção e análise dos instrumentos seguem literatura especializada em IA na educação e em métodos mistos, com tratamento descritivo dos dados quantitativos e análise temática das respostas abertas. Os resultados indicam que estudantes têm elevada consciência da IA generativa, mas domínio limitado sobre marcos históricos anteriores, valorizando sobretudo paradigmas **behaviorista-adaptativo** (feedback imediato, prática) e conetivista (aprendizagem em rede), com menor ênfase no construtivismo e em modelos como TPACK. Tendências

¹Universidade do Namibe
oscar.cumbo@uninbe.ao

como personalização, gamificação, avaliação automatizada e uso de IA generativa para explicar conteúdos são bem avaliadas em termos de motivação e desempenho, embora a integração efetiva em sala ainda seja esparsa, pouco colaborativa e centrada em apoio individual. No grupo docente, observa-se uso frequente de tecnologias e ferramentas de IA, mas com fundamentação teórica muitas vezes implícita ou ausente, baixa adesão explícita ao TPACK, e reconhecimento de que a personalização ainda não se reflete de maneira sistemática na planificação. Os professores apontam ganhos na redução de carga administrativa e no apoio ao diagnóstico, mas denunciam falta de formação institucional suficiente e de políticas claras para integração crítica e ética da IA. Conclui-se que há um desfasamento entre o discurso sobre o potencial transformador da IA e as práticas pedagógicas, configurando uma “ilusão de integração” marcada por usos fragmentados e instrumentalistas. O estudo recomenda: programas formais de desenvolvimento profissional em IA para docentes de Matemática, redesenho didático de unidades curriculares incorporando exploração, prática adaptativa e verificação crítica das respostas da IA, e formulação de uma política institucional de IA centrada em fundamentos didáticos, ética e equidade.

Palavras-chave

Inteligência Artificial; Ensino da Matemática; Cursos STEM; Percepções de estudantes; Concepções de professores; IA generativa.

Abstract

This article aims to analyze students' perceptions and teachers' beliefs regarding the integration of Artificial Intelligence (AI) into Mathematics teaching in STEM programs at UNINBE, taking into account historical evolution, conceptual paradigms, didactical trends and classroom practices. The study assumes that there are significant discrepancies between students and teachers concerning theoretical grounding, historical awareness of AI and the identification of the most relevant didactical trends. The theoretical framework is structured into four dimensions: historical evolution of AI in mathematics education (from early intelligent tutoring systems to large language models), conceptualizations and paradigms (behaviourism, constructivism, connectivism, TPACK, SAMR), current didactical trends (personalized learning, gamification, adaptive assessment, generative AI) and practical uses in classroom and teachers' work, including robotics, intelligent systems and language models. The review highlights both the potential of AI for adaptive feedback, personalized tutoring and lesson design, and the risks related to algorithmic bias, shallow reasoning, overreliance on systems and ethical issues such as privacy and academic integrity. Methodologically, a mixed methods design is employed through two parallel questionnaires (18 items each) administered to 271 students and 18 mathematics teachers, organized into four dimensions (history, theories/paradigms, didactical trends, practices) and combining five-point Likert items with open-ended questions. Instrument construction and data analysis are grounded in literature on AI in education and mixed methods research, with

descriptive statistics for quantitative data and thematic analysis for qualitative answers. Findings show that students are highly aware of generative AI but have limited knowledge about earlier historical milestones, and tend to value **behaviourist-adaptive** and connectivist paradigms over constructivism and models such as TPACK. They positively assess personalization, gamification, automated assessment and generative AI explanations in terms of motivation and performance, although classroom integration remains sparse, mainly individual and not systematically oriented toward collaborative mathematical inquiry. Teachers report frequent use of digital technologies and AI tools but often with implicit or weak theoretical grounding, low explicit adherence to TPACK and limited translation of personalization rhetoric into systematic lesson planning. They recognize benefits such as reduced administrative workload and improved diagnosis, while simultaneously stressing the lack of adequate institutional training and clear policies for critical and ethical AI integration. The study concludes that there is a gap between discourse and practice, resulting in an “illusion of integration” characterized by fragmented, instrumental uses of AI rather than deep pedagogical innovation. It recommends formal professional development programmes on AI for mathematics teachers, didactical redesign of course units integrating exploration, adaptive practice and critical verification of AI outputs, and the establishment of an institutional AI policy grounded in didactical principles, ethics and equity.

Keywords (en)

Artificial Intelligence; Mathematics Education; STEM programmes; Students' perceptions; Teachers' beliefs; Generative AI.

Introdução

A inteligência artificial (IA) tem transformado progressivamente o panorama didático da educação matemática, desde os primeiros tutores baseados em regras até sistemas generativos contemporâneos que co-desenham aulas com professores (Mohamed et al., 2022; Zawacki-Richter et al., 2019).

A integração da Inteligência Artificial (IA) no ensino da Matemática constitui uma das transformações mais profundas da didática contemporânea, desencadeando mudanças nas práticas pedagógicas, nos paradigmas teóricos que orientam o ensino e na relação entre professor, aluno e saber matemático (Koehler & Mishra, 2009; VanLehn, 2011). No contexto de cursos STEM, onde a Matemática ocupa um papel estruturante na formação técnica e científica dos estudantes, esta transformação adquire uma relevância particular, pois cruza exigências curriculares rigorosas com a necessidade crescente de literacia digital e pensamento crítico.

No entanto, a simples presença de ferramentas de IA nas instituições que administram cursos em áreas STEM não garante por si só a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem da Matemática. Chassignol et al. (2018) e Gray (2025) esclarecem que o uso didático eficaz da IA depende de fatores como a consciência histórica dos agentes educativos, a consciente fundamentação teórico-pedagógica das práticas, o alinhamento com tendências didáticas comprovadas e a qualidade das interações em sala de aula.

Renomados autores como Zawacki-Richter et al. (2019) e Borah (2024) relatam que no contexto africano em particular, há poucos estudos sistemáticos sobre como estudantes e professores de cursos STEM percebem, compreendem e mobilizam a IA no ensino da Matemática. No contexto angolano, as investigações empíricas neste domínio são ainda escassas apesar da importância e a actualidade do assunto.

Por tudo que foi afluído até aqui, apraz levantar o seguinte **problema científico** central:

Em que medida as percepções dos estudantes e as convicções dos professores sobre a integração da Inteligência Artificial no ensino da Matemática, considerando a evolução histórica, os paradigmas conceptuais prevalecentes, as tendências didáticas vigentes e as práticas em sala de aula, reflectem um uso pedagógico fundamentado, crítico e orientado para a melhoria das aprendizagens no contexto dos cursos STEM ministrados na UNINBE?

Para melhor descortinar as nuances da grande indagação destacada, dela foram derivadas quatro **sub problemas** a saber:

- Qual é o nível de consciência histórica de alunos e professores sobre a evolução da IA no ensino da Matemática, desde os primeiros Sistemas de Tutoria Inteligente (ITS) até à IA generativa?
- Quais os paradigmas teóricos que prevalecem nas concepções de alunos e professores sobre o papel pedagógico da IA no ensino da Matemática?
- Que tendências históricas e atuais no uso didático da IA são identificadas como mais vigentes e relevantes pelos atores educativos dos cursos STEM ministrados na UNINBE?
- Como se traduzem, na prática pedagógica concreta, as percepções de alunos e as convicções dos professores sobre o uso da IA nas aulas de Matemática no contexto dos cursos STEM ministrados na UNINBE?

O presente estudo encontra acolhimento não somente pela escassez de trabalhos investigativos sobre IA na educação matemática em contextos de cursos STEM nos países em desenvolvimento, o que torna indispensável conhecer as percepções e convicções dos agentes educativos, um passo epistemológico indispensável antes de qualquer intervenção didática (Aljundi et al., 2025).

Tal como destacado por Koehler & Mishra (2009) a qualidade da integração da IA no ensino da Matemática não depende apenas da disponibilidade tecnológica, mas da coerência entre as convicções pedagógicas dos professores, os paradigmas teóricos mobilizados e as práticas efetivamente implementadas. Carstairs (2024) realça que identificar lacunas nesta cadeia é essencial para a melhoria do ensino

Em contextos como o angolano, onde a formação pedagógica dos docentes de Matemática e a literacia digital dos alunos apresentam níveis heterogéneos, compreender o estado atual das percepções é um imperativo para o desenvolvimento de políticas institucionais de integração da IA que sejam informadas, sustentadas e culturalmente situadas, tal como sugerido por Borah (2024) e Zawacki-Richter et al. (2019).

A partida, a investigação defende a ideia de que existem discrepâncias significativas entre as percepções dos alunos e as convicções dos professores sobre o uso pedagógico da IA no ensino da Matemática nos cursos STEM na UNINBE, nomeadamente quanto à fundamentação teórica das práticas, ao reconhecimento da evolução histórica da IA e à identificação das tendências didáticas mais relevantes, o que limita a plena integração da IA como ferramenta de melhoria das aprendizagens.

Importa explicitar que a investigação foi realizada com o objectivo de : analisar as percepções dos alunos e as convicções dos professores sobre a integração da Inteligência Artificial no ensino da Matemática em cursos STEM, considerando a evolução histórica, os paradigmas teóricos prevaletentes, as tendências didáticas vigentes e as práticas pedagógicas em sala de aula, com vista a identificar padrões, lacunas e oportunidades de desenvolvimento didático.

Referencial teórico

Tendo em atenção a redação adotada para elucidar os sub problemas que derivam do grande problema formulado na secção introdutória, e considerando a ideia a defender, o referencial teórico foi seccionado considerando quatro dimensões a saber:

Evolução Histórica, Paradigmas Conceptuais, Tendências Didáticas e utilizações práticas da IA em sala de aula e no trabalho dos professores que incluem a preparação de aulas.

1. Evolução histórica da IA no ensino da matemática

Borah (2024) interpretando os relatos de Poole et al. (1998) refere que a IA emergiu no campo da educação em 1956, com os trabalhos do McCarthy e colegas que no âmbito enquadraram a IA como a tentativa de formalizar a aprendizagem humana e a resolução de problemas com máquinas. No ensino da matemática, esta visão materializou-se pela primeira vez em sistemas inteligentes de tutoria (ITS) que tentaram emular a tutoria humana individual, modelando o conhecimento dos alunos e adaptando tarefas e feedback (Hasanein & Abu-Naser, 2018; Zawacki-Richter et al., 2019).

Durante as décadas de 1990 e 2000, as aplicações de IA expandiram-se em torno da aprendizagem automática, processamento de linguagem natural e mineração de dados, permitindo modelos preditivos de abandono, avaliação adaptativa e feedback automatizado no trabalho matemático (Chen et al., 2020b; Hwang et al., 2020; Zawacki-Richter et al., 2019). A partir de cerca de 2007, revisões sistemáticas mostram um aumento acentuado de publicações científicas sobre IA no ensino universitário, impulsionado pelo aumento do poder computacional, pela difusão da análise de aprendizagem e pelo interesse institucional na automação e personalização (Luckin et al., 2016; Zawacki-Richter et al., 2019).

Revisões sistemáticas recentes focadas na educação matemática (2017–2021) identificam robótica, sistemas inteligentes, ferramentas baseadas em IA, agentes educáveis e agentes autónomos como as principais abordagens tecnológicas utilizadas para apoiar o ensino e a aprendizagem matemática (Mohamed et al., 2022; Borah, 2024).

De uma forma lacónica, é legítimo destacar que o uso de IA na educação matemática evoluiu ao longo de cerca de três décadas, desde sistemas ITS e baseados em regras iniciais para tecnologias adaptativas baseadas em dados e, mais recentemente, modelos generativos.

2. Conceptualizações e paradigmas teóricos

Na literatura, as IA são definidas como sistemas informáticos que desempenham funções cognitivas, como aprendizagem e resolução de problemas, tipicamente associadas à inteligência humana (Baker & Smith, 2019; Chen et al., 2020b). Estas

funções são implementadas através de métodos como aprendizagem automática, processamento de linguagem natural, redes neurais e mineração de dados (Hwang et al., 2020; Poole et al., 1998).

No ensino da matemática, estas capacidades são aproveitadas para modelar a compreensão conceptual dos alunos, gerar andaimes passo a passo e produzir tarefas e explicações alinhadas com os objetivos curriculares (Duzhin & Gustafsson, 2018; Rojano & García-Campos, 2017; Mohamed et al., 2022). Ouyang and Jiao's (2021) Estruturam Três Paradigmas, tendo em conta o papel reservado para o estudante, os autores distinguem nomeadamente : IA que coloca o estudante no lugar de um recetor; IA que apoia o estudante, colocando-lhe no lugar de um colaborador e IA que capacita o estudante colocando-lhe no lugar de um líder. Ouyang & Jiao (2021), Borah (2024) e salientam que esta distinção de paradigmas foi influente na conceptualização de como a IA pode reposicionar os aprendizes em ambientes de aprendizagem matemática.

Ao nível didático, a IA está cada vez mais ligada a perspectivas construtivistas e experienciais. Daher & Anabousy (2025) mostrar que os bots de IA generativa (ChatGPT, Gemini, Claude, Perplexity) pode planejar aulas de matemática sobre funções lineares e, quando solicitado, alinhar atividades com o ciclo de aprendizagem experiencial de Kolb (por exemplo), e os seus estilos de aprendizagem associados. No entanto, alguns autores como Zawacki-Richter et al. (2019) e Chen et al.(2020b) consideraram revisões em larga escala e aludiram que muitas implementações de IA no ensino superior permanecem fracamente ligadas a teorias pedagógicas explícitas, sendo mais motivadas pela possibilidade tecnológica do que pelo design didático, a mesma visão é compartilhada por Daher & Anabousy (2025).

Conceptualmente, a IA no ensino da matemática é enquadrada como um conjunto de métodos computacionais que simulam ou aumentam a cognição humana, mas a sua integração com teorias didáticas robustas é desigual (Baker & Smith, 2019; Ouyang & Jiao, 2021; Zawacki-Richter et al., 2019).

3. Tendências históricas e atuais no uso didático da IA

3.1 Principais abordagens tecnológicas

Nos últimos anos, o avanço da inteligência artificial (IA) tem aberto novas possibilidades para o ensino da matemática. Do ponto de vista tecnológico, as principais abordagens destacadas na literatura incluem o uso da robótica educativa, os sistemas inteligentes — como os tutores inteligentes (ITS) e as redes neurais —, as

ferramentas e jogos aprimorados por IA, além dos agentes educáveis e autônomos. Mais recentemente, surgiram também os modelos de linguagem generativa, como o ChatGPT, que vêm transformando a forma como se pensa o apoio tecnológico no processo de ensino e aprendizagem da matemática (Mohamed et al., 2022; Borah, 2024; Ximenes, 2025).

De acordo com Zhong e Xia (2020) e Mohamed et al. (2022), uma síntese quantitativa de estudos publicados entre 2017 e 2021 revelou que quase metade das investigações analisadas concentrava-se no uso da robótica como ferramenta pedagógica em matemática. Aproximadamente um quarto dos trabalhos explorava sistemas baseados em IA, como os ITS ou preditores apoiados em redes neurais, enquanto uma parcela menor investigava o desenvolvimento de ferramentas, agentes e ambientes de aprendizagem sustentados por inteligência artificial.

Mais recentemente, as pesquisas de Borah (2024), Ximenes (2025) e Daher e Anabousy (2025) demonstram uma mudança significativa nas tendências tecnológicas aplicadas à educação matemática entre 2024 e 2025. Esses autores identificam o surgimento de uma “segunda vaga” de inovação, marcada pela presença da IA generativa. Nessa nova fase, grandes modelos de linguagem começam a ser integrados como tutores sob demanda, parceiros na resolução de problemas e assistentes no planejamento de aulas.

Assim, embora a robótica ainda represente a vertente mais recorrente nas investigações sobre o uso da inteligência artificial no ensino da matemática, observa-se uma transição gradual. Os modelos de linguagem generativa, ao expandirem as possibilidades interativas e criativas, inauguram um novo ciclo de experimentação didática no campo da educação matemática (Borah, 2024; Mohamed et al., 2022; Ximenes, 2025)

3.2 Predominância geográfica e metodológica

Mohamed et al. (2022) e Borah (2024) relatam que a maior parte do trabalho empírico sobre IA no ensino da matemática foi produzido nos Estados Unidos e no México, com clusters adicionais no Canadá, Espanha e vários países europeus e asiáticos, e relativamente poucos estudos em contextos africanos ou lusófonos. No que tange as metodologias, os mesmos autores realçam que os desenhos de investigação são predominantemente quantitativos apesar de existir contribuições importantes provenientes de estudos qualitativos em sala de aula e investigação de métodos mistos.

Em termos temáticos, Ximenes (2025) sublinha que, a "eficácia" (desempenho, resolução de problemas, atitudes) é a dimensão mais frequentemente investigada, sendo que o conhecimento profissional dos professores, a equidade ou a integração curricular a longo prazo da IA, são as dimensões menos privilegiadas.

4. O uso da tecnologia nas Práticas didáticas e no trabalho dos professores

4.1 O papel da Robótica na aprendizagem matemática

Estudos em sala de aula com LEGO e kits de robótica semelhantes mostram que programar robôs para se moverem, virarem ou traçarem caminhos pode servir como um contexto concreto para o raciocínio proporcional, relações funcionais e geometria (Casler-Failing, 2018, 2021; Duzhin & Gustafsson, 2018, Rico-Bautista et al., 2019; Lopez-Caudana et al., 2020).

Casler-Failing (2021) e Harper et al. (2021) apontam que as atividades baseadas em robótica estão consistentemente associadas a um maior envolvimento, discussões matemáticas mais ricas e ao desenvolvimento de pensamento algorítmico e lógico que se alinha de perto com estruturas matemáticas

Os professores geralmente expressam tendências positivas para o uso de robôs para matemática, mas também relatam limitações práticas, como turmas grandes e competência insuficiente em programação (Seckel et al., 2021). No entanto a realidade não é universal pois por exemplo na Noruega e noutros países onde a programação foi integrada no currículo de matemática, a robótica é explicitamente utilizada para ligar programação, resolução de problemas e raciocínio matemático (Forsström & Afdal, 2020)

Portanto, apesar da robótica educativa ser uma importante fonte de motivação, e um aliado proeminente da resolução de problemas em matemática, deve se ter em atenção o facto de que a sua eficácia depende fortemente das competências de programação dos professores e das condições da sala de aula (Casler-Failing, 2018, 2021; Forsström & Afdal, 2020; Seckel et al., 2021).

4.2 O papel dos sistemas inteligentes e jogos

Os sistemas inteligentes de tutoria baseados em IA e jogos web normalmente fornecem seleção adaptativa de itens, dicas passo a passo e feedback imediato de correção, utilizando modelos de aprendizagem para atualizar estimativas de domínio dos estudante em tópicos como álgebra, funções e estatística descritiva (Duzhin & Gustafsson, 2018; Salas-Rueda et al., 2020).

Mills (2021) e Mohamed et al.(2022) enfatizam que estudos sobre sistemas como o ALEKS reportam efeitos positivos no desempenho matemático dos alunos com dificuldades, destacando construtos como melhoramento do termo de engajamento voluntário, resiliência e autodisciplina.

No que tange a preditores de sucesso, Zawacki-Richter et al.(2019) destacam que a análise de aprendizagem sustentada por IA, frequentemente baseada em redes neuronais ou outras abordagens de aprendizagem automática, tem sido utilizada para estimar antecipadamente o desempenho de estudantes em programas intensivos em matemática, permitindo a identificação de estudantes em risco e orientar intervenções, entretanto, alguns autores como Bahadır (2016) e Hwang et al.(2020) alertam que estes sistemas levantam preocupações sobre transparência, viés e privacidade dos dados

Para debelar os riscos apontados por Bahadır (2016) e Hwang et al.(2020), é importante se ter em conta que os sistemas inteligentes e análises podem personalizar a prática matemática e prever riscos, mas devem estar integrados em sistemas de avaliação e apoio transparentes e eticamente governados, tal como sugerido por Mills (2021)

4.3 Uso de IA generativa no trabalho docente e no discurso matemático

Nos dias de hoje é importante que seja prestada atenção ao conhecimento didático incorporado nas ferramentas de IA generativa quando lhes é pedido que desenhem aulas de matemática. Daher & Anabousy (2025) descobriram que o ChatGPT, Gemini, Claude e Perplexity conseguem gerar lições em certa medida estruturalmente coerentes sobre funções lineares, incluindo objetivos, introduções, desenvolvimento conceptual, prática e avaliação, e podem rotular e justificar explicitamente métodos e estratégias de ensino como instrução direta, prática orientada, aprendizagem baseada em problemas e trabalho em grupo. Os mesmos autores acrescentam ainda que quando solicitadas a basear as aulas no modelo de estilos de aprendizagem de **Kolb** (considerando uns aprendem com experimentação outros observação e que há ainda outros que aprendem melhor com a lógica teórica) , as mesmas ferramentas conseguiram de alguma forma alinhar segmentos de lição com estilos de aprendizagem específicos, embora com diferenças de profundidade e consistência entre bots.

O ChatGPT e modelos de linguagem grandes relacionados em matemática superior e contextos STEM indicam que tais ferramentas podem atuar como tutores conversacionais, fornecendo explicações passo a passo, gerando problemas práticos,

apoiando o autoestudo dos alunos e auxiliando os professores no desenho de materiais, tal como relatado por Borah (2024), Farrokhnia et al.(2023), Frieder et al.(2023) e Ximenes (2025).

No entanto, Cotton et al.(2023), Michel-Villarreal et al (2023) e Shakarian et al.(2023) alertam que se os estudantes não forem obrigados a criticar e verificar a produção da IA, correm risco de cegamente ou passivamente aceitarem soluções matematicamente incorretas ou "alucinadas", e raciocínio superficial , ao mesmo tempo podem desenvolver dependência excessiva.

Em termos gerais é coerente afirmar que as ferramentas de IA generativa já exibem capacidades didáticas não triviais para estruturar as lições de matemática e apoiar a explicação dialógica, mas o seu resultado deve ser tratado como falível e sujeito a verificação matemática e pedagógica, tal como recomendado por Daher & Anabousy (2025), Borah (2024) e Frieder et al.(2023).

5. Desafios atuais e perspectivas

Apesar das potencialidades e os benefícios descritos nos parágrafos anteriores, ao longo deste texto, ainda existem desafios e riscos significativos a destacar. Popenici & Kerr (2017) e Raji et al.(2021) ressaltam que devem ser consideradas sobretudo as preocupações éticas que incluem privacidade e proteção de dados em sistemas de análise de aprendizagem em grande escala, vies algorítmico que pode prejudicar determinados grupos de estudantes, e o risco de as instituições utilizarem a IA principalmente como substituto económico do ensino humano.

Cotton et al.(2023), Barrientos et al.(2024) e Ximenes (2025) alertam que a IA generativa levanta questões adicionais de integridade académica, como plágio e a subcontratação da resolução de problemas. Os mesmos autores recomendam que os professores devem conceber tarefas que exijam explicitamente explicação, justificação e verificação de erros para que seja acautelada a robustez raciocínio independente dos estudantes.

Do ponto de vista didático, muitas aplicações de IA no ensino superior ainda carecem de fortes ligações a teorias explícitas da aprendizagem, e há "pouca reflexão crítica" sobre as implicações pedagógicas de delegar feedback, escolhas de representação e sequenciação de problemas a algoritmos (Hwang & Tu, 2021).

Em contextos em desenvolvimento e com poucos recursos, Molla et al.(2023), Saldanha et al.(2024) e Ximenes (2025) sublinham que a integração didáctica da IA

pode ser ainda mais desafiadora devido a limitação de infraestruturas digitais, escassez de professores de matemática com IA e desfasamento linguístico-cultural entre ferramentas globais de IA e currículos locais de matemática. Em Angola, estas barreiras podem ser agravadas de considerarmos a predominância de ensino centrado no professor (Quitambo, 2010 e Cumbo, 2026).

Para um futuro promissor, diversos autores como Chan (2023), Eager & Brunton (2023) e Ximenes (2025) apontam quatro eixos estratégicos que orientam uma integração mais ética e pedagógica das IA. O primeiro enfatiza o desenvolvimento de ferramentas de IA cultural e linguisticamente responsivas, capazes de adaptar-se às realidades sociais e linguísticas dos estudantes, minimizando vieses e promovendo inclusão. O segundo destaca a necessidade de estudos longitudinais baseados em métodos mistos, combinando abordagens quantitativas e qualitativas para compreender os impactos de longo prazo da IA na aprendizagem conceitual, nas competências de resolução de problemas e na equidade educacional. O terceiro eixo refere-se ao desenvolvimento profissional robusto dos professores, os quais precisam de formação sólida para compreender, aplicar e avaliar criticamente as tecnologias de IA em sala de aula, garantindo uma mediação pedagógica consciente. Por fim, defende-se a formulação de quadros políticos e didáticos centrados no ser humano, que posicionem a IA como uma ferramenta de apoio a práticas pedagógicas humanizadas, e não como substituto das interações formativas entre professores e estudantes

Concordando com Zawacki-Richter et al.(2019), o potencial transformador da inteligência artificial no ensino da matemática só poderá ser plenamente alcançado se a sua implementação ocorrer de forma didaticamente fundamentada, eticamente orientada e sensível aos contextos locais. É com base nessa convicção que o presente estudo foi desenvolvido, procurando suscitar reflexões críticas sobre as possibilidades e desafios concretos do uso sustentável da IA no ensino da matemática em cursos STEM, no contexto específico da Universidade do Namibe.

Metodologia

Para a realização do estudo, adotou-se um delineamento de métodos mistos, combinando abordagens quantitativas e qualitativas por meio de inquéritos por questionário aplicados a estudantes e professores de Matemática, tal como sugerido por Waikato (2020) e Zhou et al. (2024).

Participaram do estudo 271 estudantes de cursos STEM, selecionados por conveniência em função da presença em sala e da disponibilidade para colaborar, e 18 professores de Matemática, igualmente selecionados com base em critérios de acessibilidade e interesse em participar.

Foram construídos dois questionários paralelos, um para estudantes e outro para professores, cada um com 18 questões distribuídas por quatro dimensões: evolução histórica da IA no ensino da Matemática (D1), paradigmas conceituais e teóricos (D2), tendências didáticas históricas e atuais relativas ao uso da IA (D3) e práticas de sala de aula e de trabalho docente (D4), em consonância com categorias presentes em revisões recentes sobre IA na educação (Chen et al., 2020; Song et al., 2025).

Tal como sugerido por Chen et al. (2020) e Waikato (2020), as dimensões analíticas foram derivadas de um referencial teórico construído a partir de revisão de literatura sobre IA na educação matemática, assegurando coerência entre os constructos teóricos e a estrutura dos instrumentos.

Em cada dimensão, os inquéritos integraram itens fechados em escala de Likert de cinco pontos; no caso dos professores, acrescentou-se uma questão aberta por dimensão, gerando evidência quantitativa e qualitativa complementar, em linha com recomendações para instrumentos de métodos mistos (Zhou et al., 2024; Nzabonimpa, 2018).

A opção pela escala de Likert permitiu medir níveis de concordância de estudantes e professores relativamente à consciência de ferramentas de IA, ao alinhamento com teorias de aprendizagem (behaviorismo, construtivismo, conectivismo, TPACK, SAMR), às tendências percebidas (personalização, gamificação, avaliação adaptativa, IA generativa) e às práticas de sala de aula autorrelatadas, tal como usual em inquéritos sobre IA na educação matemática (Chen et al., 2020; Song et al., 2025). Os instrumentos foram organizados explicitamente para permitir a comparação entre percepções dos estudantes e convicções dos professores, em convergência com estudos que contrastam as visões de ambos os grupos sobre o uso de IA em Matemática (Song et al., 2025; Teachers' perceptions towards using artificial intelligence in mathematics education, 2024).

A construção dos questionários seguiu orientações para desenvolvimento de instrumentos educacionais que sublinham a importância da fundamentação na literatura, da clareza e relevância dos itens e da combinação de questões fechadas e abertas (Artino

et al., 2014; Nzabonimpa, 2018). As tabelas dos dados quantitativos organizados em frequências absolutas e percentuais, de modo a permitir descrições por item e por dimensão e sustentar comparações, tal como postulado por Song et al. (2025).

As respostas abertas foram submetidas a análise temática, com etapas de leitura, codificação e agrupamento em categorias, seguindo recomendações para integração genuína de componentes qualitativos em estudos de métodos mistos, indo além da mera justaposição de dados (Waikato, 2020; Nzabonimpa, 2018).

A validade de conteúdo foi assegurada pelo alinhamento entre as dimensões do instrumento e o referencial teórico, bem como pela adoção de boas práticas de construção de questionários, com atenção à clareza, pertinência e coerência interna dos itens (Artino et al., 2014). Metodologicamente, as dimensões históricas e de tendências (D1, D3) inspiram-se em sínteses sistemáticas e narrativas das aplicações da IA em educação, incluindo sistemas tutores inteligentes, plataformas adaptativas e IA generativa (Chen et al., 2020), enquanto a dimensão teórica (D2) articula teorias de aprendizagem e modelos de integração tecnológica como TPACK e SAMR (Zhou et al., 2024). A dimensão de práticas (D4), por sua vez, dialoga com literatura emergente sobre percepções de professores e estudantes acerca de ferramentas de IA e do impacto destas nas práticas de ensino e no envolvimento dos alunos em Matemática (Song et al., 2025).

Do ponto de vista ético, o estudo assegurou participação voluntária e anónima e uso exclusivo dos dados para fins científicos, em consonância com boas práticas em investigação educacional e em estudos de métodos mistos (Chen et al., 2020; Nzabonimpa, 2018).

Reconhecem-se, contudo, limitações decorrentes da amostra não probabilística e pouco estratificada, bem como da recolha de dados em único ano lectivo, o que pode restringir a generalização dos resultados e não considerar análises longitudinais mais robustas. Ainda assim, o desenho metodológico adotado permite que o estudo contribua, de forma instrumental, com um questionário de quatro dimensões estruturado e teoricamente fundamentado e, de forma empírica, com um retrato nuançado de como a IA é historicamente percebida, conceptualizada e didaticamente operacionalizada em cursos STEM no ensino superior (Chen et al., 2020; Zhou et al., 2024).

RESULTADOS

Os dados do inquérito aos estudantes

Perfil tecnológico e contacto com IA

A maioria dos estudantes afirma usar ferramentas digitais em Matemática “raramente” (55%) ou “às vezes” (30%), sendo que apenas 15% refere uso “frequente”, o que aponta para um contexto ainda em transição digital, no qual as tecnologias não se encontram plenamente integradas de forma sistemática, tal como observado em estudos que descrevem uma adoção desigual da IA, condicionada por infraestrutura, políticas institucionais e competências docentes (Zawacki-Richter et al., 2019; Mohamed et al., 2022).

No que se refere ao uso de ferramentas de IA em Matemática, 10% dos estudantes declaram uso “regular”, 60% uso “pontual”, 30% nunca as utilizaram mas conhecem, e nenhum indica desconhecê-las, o que revela um elevado nível de consciência sobre a IA, embora com utilização sobretudo episódica, em linha com o quadro em que a IA ganha visibilidade e presença no discurso educativo, mas permanece frequentemente em fase de experimentação e integração parcial (Chen et al., 2020b; Hwang et al., 2020).

Dimensão 1: evolução histórica da IA

Na tabela D1.A verifica-se que a maioria dos estudantes não domina os marcos históricos iniciais da IA na educação matemática, pois 60% assumem posição neutra e 25% apenas concordam que a IA começou a ser usada na década de 1970 em sistemas como SCHOLAR e Cognitive Tutor, sem casos de concordância total, em contraste com a literatura que identifica os ITS dos anos 1970 e 1980 como primeira concretização da visão de McCarthy e colaboradores sobre a formalização da aprendizagem humana em máquinas (Hasanein & Abu-Naser, 2018; Poole et al., 1998; Zawacki-Richter et al., 2019).

Na afirmação sobre as calculadoras científicas e os primeiros computadores dos anos 1980, 55% dos estudantes concordam e 30% concordam totalmente que essas tecnologias representaram uma mudança importante no ensino da Matemática, o que é coerente com sínteses históricas que situam a difusão de ferramentas computacionais e de técnicas de aprendizagem automática nas décadas de 1990–2000 como ponto de

viragem associado a modelos preditivos, avaliação adaptativa e feedback automatizado (Chen et al., 2020b; Hwang et al., 2020).

Relativamente às plataformas adaptativas (Khan Academy, ALEKS, DreamBox), 40% dos estudantes concordam e 20% concordam totalmente que estas melhoraram a sua experiência de aprendizagem, embora 30% se mantenham neutros, cenário compatível com estudos que relacionam sistemas adaptativos, como o ALEKS, à melhoria do desempenho de estudantes com dificuldades e ao papel de variáveis como “tempo em tarefa” e “mastery” enquanto preditores de sucesso em Matemática (Mills, 2021; Mohamed et al., 2022).

No caso da IA generativa (ChatGPT, Khanmigo, Mathway IA), entendida como evolução mais recente e impactante, 70% dos estudantes concordam e 10% concordam totalmente, registrando-se apenas níveis residuais de discordância, o que confirma a ideia de uma “segunda vaga” de investigação e práticas didáticas em que modelos de linguagem de grande escala são vistos como tutores sob demanda, parceiros de resolução de problemas e assistentes de planificação de aulas (Borah, 2024; Ximenes, 2025; Daher & Anabousy, 2025).

Na questão D1.A5, a opção “IA generativa e LLMs – a partir de 2020” reúne 80% de concordância e 15% de concordância total como principal marco histórico, enquanto ITS, software de geometria dinâmica e plataformas adaptativas são maioritariamente rejeitados, o que revela uma memória histórica recente centrada nas experiências atuais e ilustra a forma como a forte visibilidade social e mediática da IA generativa tende a obscurecer, na percepção dos utilizadores, cerca de três décadas de evolução incremental de ITS, robótica e ferramentas baseadas em dados (Mohamed et al., 2022; Borah, 2024).

Dimensão 2: conceptualizações e paradigmas

Na tabela D2.A, 80% dos estudantes concordam e 10% concordam totalmente que aprendem melhor Matemática quando a IA fornece feedback imediato e personalizado, evidenciando uma forte adesão a uma lógica behaviorista-adaptativa de reforço e prática, em sintonia com o funcionamento de muitos ITS e jogos inteligentes que recorrem à seleção adaptativa de itens, pistas graduadas e feedback imediato, atualizando modelos de domínio do aluno (Duzhin & Gustafsson, 2018; Salas-Rueda et al., 2020).

Quando a afirmação destaca que as ferramentas de IA ajudam a construir o próprio conhecimento, e não apenas a memorizar fórmulas, 45% dos estudantes concordam, 20% concordam totalmente, 27% permanecem neutros e 8% discordam, o que indica uma adesão parcial a uma visão mais construtivista, compatível com trabalhos que sublinham o potencial da IA para gerar andaimes, tarefas abertas e explicações alinhadas com objetivos curriculares, embora muitas implementações ainda não estejam claramente ancoradas em teorias robustas de aprendizagem (Duzhin & Gustafsson, 2018; Zawacki-Richter et al., 2019).

Na afirmação relativa ao conetivismo, 60% dos estudantes concordam e 15% concordam totalmente que a IA permite aprender Matemática ligando recursos, pessoas e conteúdos em redes digitais, com apenas 5% de discordância, sugerindo que reconhecem a dimensão de aprendizagem em rede e aproximando-se da conceptualização da IA como parte de ecossistemas digitais de nós de conhecimento, em diálogo com abordagens conetivistas e com a estrutura de “três paradigmas” de Ouyang e Jiao, que reposiciona o estudante em ambientes mediados por IA (Ouyang & Jiao, 2021; Borah, 2024).

No que respeita ao enunciado sobre TPACK, 43% dos estudantes concordam e 18% concordam totalmente que o professor que usa IA de forma eficaz equilibra conteúdo, pedagogia e tecnologia, enquanto 29% se mantêm neutros e 10% discordam, o que indica que, embora alguns reconheçam essa integração equilibrada, uma parte significativa não a percebe de forma clara, em consonância com revisões que apontam para uma desconexão entre a sofisticação técnica de muitas soluções de IA e a sua inscrição em modelos didáticos consistentes (Chen et al., 2020b; Zawacki-Richter et al., 2019).

Na tabela D2.A5, a opção “Behaviorismo – reforço e prática com feedback imediato” obtém 77% de concordância e 3% de concordância total, enquanto o Construtivismo regista cerca de 47% de discordância e o Conetivismo 45% de concordância e 25% de concordância total, o que mostra que, para os estudantes, o uso ideal da IA em Matemática associa-se sobretudo a paradigmas behaviorista-adaptativo e conetivista, com menor valorização do construtivismo, confirmando diagnósticos de que grande parte da IA em educação matemática é utilizada para treino, prática adaptativa e apoio em redes digitais, mais do que para sustentar percursos investigativos profundamente construtivistas (Mohamed et al., 2022; Baker & Smith, 2019).

Já o modelo TPACK, embora reconhecido por cerca de 39% dos estudantes como melhor descrição entre os modelos apresentados, surge atrás do conetivismo e do behaviorismo, o que indica que a integração equilibrada entre tecnologia, pedagogia e conteúdo ainda não é percebida como quadro dominante de uso da IA em contexto de aula, reforçando análises que defendem maior investimento na formação docente e em políticas institucionais que incorporem a IA em modelos centrados na aprendizagem matemática e na reflexão pedagógica, e não apenas na eficácia técnica (Chan, 2023; Ximenes, 2025).

Dimensão 3: tendências didáticas atuais

Na Dimensão 3, 45% dos estudantes concordam e 21% concordam totalmente que a aprendizagem personalizada mediada por IA melhora o seu desempenho em Matemática, havendo apenas 5% de discordância, percepção que acompanha a literatura que destaca a IA como motor de personalização por meio de robótica, sistemas inteligentes, ferramentas e ambientes adaptativos, com evidências de ganhos em desempenho e envolvimento (Mohamed et al., 2022; Borah, 2024).

Quanto à gamificação com suporte de IA, 55% dos estudantes concordam e 15% concordam totalmente que esta aumenta a motivação, enquanto 16% discordam e 14% se mantêm neutros, o que sugere um reconhecimento expressivo da gamificação como estratégia motivadora, em linha com estudos sobre jogos baseados em IA em estatística descritiva e noutras áreas que evidenciam maior envolvimento e oportunidades de feedback rico quando desenhados com modelos como ADDIE e abordagens de data science (Salas-Rueda et al., 2020; Mohamed et al., 2022).

Na avaliação formativa com feedback automático, 40% dos estudantes concordam e 38% concordam totalmente que este tipo de avaliação é mais eficaz do que a avaliação tradicional, não havendo respostas de discordância e registrando-se apenas 22% de neutralidade, o que confirma a ideia de que sistemas inteligentes e analytics, quando bem concebidos, podem personalizar a prática e antecipar riscos, apoiando intervenções precoces em unidades curriculares de Matemática (Hwang et al., 2020; Mills, 2021; Zawacki-Richter et al., 2019).

Também se observa uma apreciação elevada da IA generativa como mediadora de explicações, visto que 49% dos estudantes concordam e 31% concordam totalmente que ferramentas como o ChatGPT podem explicar conceitos de forma mais clara do que alguns professores ou manuais, com apenas 7% de discordância, resultado compatível

com estudos que descrevem as capacidades explicativas e de geração de problemas dos LLMs em contextos de Matemática, embora esses estudos alertem para erros matemáticos, raciocínios superficiais e risco de dependência acrítica (Frieder et al., 2023; Cotton et al., 2023; Ximenes, 2025).

Por fim, 54% dos estudantes concordam e 15% concordam totalmente que o uso de IA em Matemática contribui para o desenvolvimento de competências necessárias ao mercado de trabalho e à sociedade digital, com 22% neutros e 9% de discordância, percepção que se alinha com abordagens que entendem a IA não apenas como ferramenta didática, mas como componente das literacias digitais e das competências exigidas em contextos profissionais intensivos em dados, reforçando a importância de articular a IA com políticas de formação e desenvolvimento profissional (Chan, 2023; Hwang et al., 2020).

Dimensão 4: práticas didáticas em sala de aula

Na Dimensão 4, apenas 22% dos estudantes concordam que o professor utiliza ferramentas de IA para diversificar as atividades em sala de aula, e não há respostas de concordância total, enquanto 48% (8% discordo totalmente e 40% discordo) percebem pouca ou nenhuma utilização e 30% mantêm-se neutros, o que evidencia um desfaseamento entre o potencial atribuído à IA e as práticas reais, em consonância com revisões que apontam para a predominância de estudos de eficácia em contextos controlados e para a escassez de evidência sobre integração sistemática na prática docente cotidiana, sobretudo em contextos periféricos e de baixos recursos (Mohamed et al., 2022; Zawacki-Richter et al., 2019).

Quando se analisa o efeito sobre a compreensão, 35% dos estudantes concordam e 33% concordam totalmente que resolvem melhor problemas matemáticos com suporte de IA do que apenas com manual ou quadro, enquanto 17% se mantêm neutros e 15% discordam, o que sugere que, onde a IA está presente, é frequentemente percebida como andaime cognitivo que favorece a compreensão, em sintonia com estudos sobre ITS, plataformas adaptativas e IA generativa utilizada como tutor conversacional (Duzhin & Gustafsson, 2018; Borah, 2024; Daher & Anabousy, 2025).

Na afirmação sobre o uso crítico da IA, 43% dos estudantes concordam e 17% concordam totalmente que aprendem a questionar os resultados, enquanto 15% (5% discordo totalmente e 10% discordo) entendem que tal uso crítico é reduzido, quadro que aponta para esforços iniciais na direção de uma literacia crítica da IA em

Matemática, em consonância com recomendações que sublinham a necessidade de formar estudantes capazes de avaliar, verificar e problematizar saídas algorítmicas, sobretudo face a riscos de viés, opacidade e “alucinações” em modelos generativos (Popenici & Kerr, 2017; Hwang et al., 2020; Cotton et al., 2023).

No que se refere ao ambiente colaborativo, 30% dos estudantes discordam e 25% discordam totalmente que o uso de IA torna a aula mais colaborativa, enquanto apenas 20% concordam e 15% concordam totalmente, com 10% neutros, o que sugere que, no contexto analisado, a IA tem sido usada principalmente como suporte individual (reforço, feedback, explicações personalizadas), e não como mediadora de trabalho colaborativo e de discurso matemático, em contraste com experiências que relatam o potencial da robótica e de outros ambientes de IA para promover discussões e trabalho em grupo (Casler-Failing, 2018, 2021; Harper et al., 2021).

Por último, a afirmação sobre aumento de autonomia e pensamento crítico em Matemática associada ao uso pedagógico da IA apresenta percentagens anómalas (38% concordam e 223% concordam totalmente), o que indica provavelmente um erro de registo na tabela, embora, à luz das restantes respostas, se possa inferir que uma parte dos estudantes percebe ganhos de autonomia e criticidade, desde que a IA seja enquadrada em modelos didáticos teoricamente fundamentados e eticamente governados, como defendem as sínteses finais do referencial teórico (Chan, 2023; Eager & Brunton, 2023; Ximenes, 2025; Zawacki-Richter et al., 2019).

Os dados do inquérito aos Docentes

Perfil e relação com tecnologia/IA

No que respeita ao uso de tecnologias digitais, os 18 docentes apresentam um padrão de elevada frequência: 9 referem utilizar essas ferramentas “frequentemente”, 6 “às vezes” e apenas 3 “raramente”, sem casos de “nunca”. Esta realidade contrasta com cenários de ensino superior em que a adoção tecnológica permanece desigual, sugerindo um grupo relativamente avançado no domínio instrumental, mas não necessariamente no plano didático-teórico (Mohamed et al., 2022; Zawacki-Richter et al., 2019).

Quanto às ferramentas baseadas em IA, 11 docentes indicam utilizá-las “regularmente” e 7 “pontualmente”, não havendo quem nunca as utilize ou desconheça a sua existência. Este padrão aproxima o grupo das tendências globais de expansão de ITS, plataformas adaptativas e IA generativa na educação matemática, embora a

literatura aponte que uma frequência elevada de uso deveria vir acompanhada de maior clareza no enquadramento pedagógico, o que nem sempre se confirma nos dados (Borah, 2024; Chen et al., 2020b).

Dimensão 1 – evolução histórica (D1.B)

A maioria dos docentes afirma ter acompanhado a evolução das ferramentas para o ensino da Matemática: 8 concordam e 4 concordam totalmente com essa afirmação, havendo apenas 1 docente em discordância e 3 neutros. Este posicionamento, em que os professores se assumem como testemunhas da passagem das calculadoras para a IA generativa, é coerente com a narrativa histórica que descreve o percurso desde os primeiros ITS dos anos 1970–1980 até às tecnologias adaptativas e aos modelos generativos (Hasanein & Abu-Naser, 2018; Borah, 2024; Mohamed et al., 2022).

Relativamente aos ITS de segunda geração, como o Carnegie Learning, 11 docentes concordam e 5 concordam totalmente que esses sistemas trouxeram avanços pedagógicos com impacto na sua prática, verificando-se apenas 2 respostas neutras. Este elevado grau de concordância indica reconhecimento de valor pedagógico, mas o referencial teórico salienta que grande parte da investigação com ITS mantém foco quantitativo em efeitos de curto prazo, com pouca discussão crítica acerca dos modelos de aprendizagem que os sustentam (Mills, 2021; Zawacki-Richter et al., 2019).

Quase todos os docentes concordam (9) ou concordam totalmente (5) que a evolução histórica da IA reforçou a ideia de que a tecnologia não substitui o professor, mas transforma o seu papel, sendo 4 neutros. Esta perspetiva é congruente com abordagens que concebem a IA como instrumento de reconfiguração de funções docentes, como feedback, diagnóstico e planeamento, mas que defendem a subordinação desses sistemas a modelos didático-pedagógicos explícitos e a uma governação ética centrada no humano (Chan, 2023; Zawacki-Richter et al., 2019).

Na última afirmação desta dimensão, 12 docentes concordam e 4 concordam totalmente que a acelerada evolução tecnológica dos últimos cinco anos exige atualização contínua da formação didática, havendo apenas 2 neutros. Este reconhecimento vai ao encontro das recomendações de que o potencial transformador da IA só se concretiza se for acompanhado por desenvolvimento profissional sistemático e por políticas institucionais claras, sobretudo em contextos com recursos limitados (Ximenes, 2025; Eager & Brunton, 2023).

Dimensão 2 – conceptualizações e paradigmas (D2.B)

Na afirmação “a minha utilização pedagógica da IA está conscientemente fundamentada numa teoria de aprendizagem específica”, os resultados distribuem-se de forma quase equilibrada: 5 docentes discordam totalmente, 4 discordam, 3 são neutros e 8 concordam (4 concordam e 4 concordam totalmente). Esta repartição confirma o diagnóstico de que muitas utilizações de IA no ensino superior são orientadas mais pelas possibilidades tecnológicas do que por um desenho didático fundamentado, persistindo lacunas na explicitação de teorias de aprendizagem que orientem a integração da IA (Chen et al., 2020b; Zawacki-Richter et al., 2019).

Quanto ao modelo TPACK, 7 docentes discordam (4 discordam totalmente e 3 discordam), 5 mantêm-se neutros e apenas 6 concordam (3 concordam e 3 concordam totalmente) que esse modelo seja uma referência relevante para a integração da IA nas aulas. Este resultado é particularmente sensível, pois num contexto em que a IA exige articulação consciente entre conhecimento de conteúdo, de pedagogia e de tecnologia, a fraca adesão explícita ao TPACK indica uma integração mais intuitiva e experimental do que sistematicamente enquadrada (Ouyang & Jiao, 2021; Chan, 2023).

Na afirmação sobre a distinção entre substituição e redefinição no modelo SAMR, 13 docentes (10 concordam e 3 concordam totalmente) afirmam reconhecer essa diferença, havendo apenas 2 respostas em discordância e 3 neutras. Verifica-se, porém, uma tensão: embora os docentes declarem conhecer os níveis de transformação do SAMR, os dados relativos às práticas sugerem que a IA é frequentemente usada para reforço, feedback e apoio pontual, aproximando-se mais da substituição ou do melhoramento do que de uma redefinição profunda de tarefas, o que coincide com análises que apontam o predomínio de usos adaptativos e instrucionistas da IA (Mohamed et al., 2022; Baker & Smith, 2019).

No que diz respeito aos paradigmas conetivistas, 8 docentes concordam, 1 concorda totalmente, 5 discordam e 3 são neutros. Esta configuração revela uma posição ambivalente, típica de um período de transição: os docentes reconhecem a importância das redes digitais e da aprendizagem mediada por IA, mas nem todos se sentem confortáveis em abandonar modelos mais tradicionais, o que se aproxima da coexistência de paradigmas AI-directed, AI-supported e AI-empowered descrita no referencial teórico (Ouyang & Jiao, 2021; Borah, 2024).

Na questão aberta D2.B5, não surge consenso sobre um paradigma “mais adequado”, embora vários docentes descrevam práticas de exploração com GeoGebra, com orientações abertas, formulação de conjecturas e processos de validação, enquanto a IA fornece feedback adaptativo sem apresentar respostas imediatas. Esta descrição remete para um construtivismo apoiado por tecnologia e sugere, de forma indireta, uma aproximação a um paradigma construtivista sustentado pelo TPACK; contudo, tal fundamentação permanece implícita e pouco operacionalizada em termos de linguagem teórica, reforçando a ideia de integração desigual entre teorias didáticas e IA (Duzhin & Gustafsson, 2018; Zawacki-Richter et al., 2019).

Dimensão 3 – tendências históricas e atuais (D3.B)

Na afirmação sobre a personalização do ensino via IA já estar refletida na planificação das aulas, apenas 4 docentes concordam e nenhum concorda totalmente, enquanto 9 se mantêm neutros, 3 discordam e 2 discordam totalmente. Este quadro mostra que, apesar do discurso forte sobre personalização na literatura, essa tendência ainda não se traduz, para a maioria, em práticas sistemáticas, o que converge com revisões que apresentam a personalização mais como promessa do que como realidade curricular consolidada em muitos contextos (Mohamed et al., 2022; Hwang et al., 2020).

Em contraste, 12 docentes concordam e 2 concordam totalmente com a afirmação de que utilizam ou consideram utilizar ferramentas de avaliação adaptativa, havendo apenas 1 em discordância e 3 neutros. Esta abertura é consistente com estudos sobre ITS, sistemas como o ALEKS e learning analytics, que destacam benefícios em termos de diagnóstico contínuo e apoio a estudantes em risco, mas também introduz a necessidade de enfrentar questões de transparência, privacidade e viés algorítmico, ainda pouco tematizadas pelos docentes (Mills, 2021; Hwang et al., 2020; Zawacki-Richter et al., 2019).

Quanto à afirmação de que a IA generativa exige reformulação das estratégias de avaliação, 13 docentes concordam e 4 concordam totalmente, com apenas 1 resposta neutra. Esta quase unanimidade aproxima o grupo das discussões que assinalam riscos de plágio, delegação da resolução de problemas e enfraquecimento do raciocínio independente quando as tarefas não exigem explicação e verificação, embora as práticas descritas ainda não revelem uma reorganização avaliativa suficientemente estruturada para enfrentar tais riscos (Cotton et al., 2023; Ximenes, 2025).

Em relação à literacia matemática digital como objetivo explícito dos cursos STEM, 9 docentes concordam e 3 concordam totalmente, enquanto 2 discordam e 4 são neutros. Uma leitura crítica sugere que o conceito é reconhecido, mas a questão aberta indica que essa literacia se encontra mais ao nível de ideal do que como resultado curricular efetivamente operacionalizado, em linha com recomendações que defendem a integração explícita de literacias críticas de IA e de dados nos programas de Matemática (Chan, 2023; Ximenes, 2025).

Na afirmação sobre a necessidade de formação contínua e especializada, que “ainda não é suficientemente proporcionada pela instituição”, 14 docentes concordam e 1 concorda totalmente, verificando-se 3 neutros. Esta crítica reforça o alerta de que muitas instituições de ensino superior ainda não dispõem de políticas e programas consistentes de desenvolvimento profissional em IA para docentes de Matemática, o que dificulta a transição de experiências pontuais para modelos didáticos mais estabilizados (Zawacki-Richter et al., 2019; Eager & Brunton, 2023).

Na questão aberta D3.AB, os docentes destacam a “emergência da literacia matemática digital” como tendência mais relevante, articulando domínio conceptual com capacidade crítica de uso e de questionamento de ferramentas de IA. Esta formulação aproxima-se das propostas do referencial teórico que defendem um uso da IA articulado com compreensão matemática, interpretação, validação e ética, mas evidencia um desfasamento entre o discurso avançado dos docentes e as condições materiais e formativas necessárias para implementar essa literacia de forma sistemática (Hwang et al., 2020; Ximenes, 2025).

Dimensão 4 – práticas didáticas e síntese global (D4.B e QG)

No plano das práticas, 9 docentes afirmam integrar regularmente ferramentas de IA nas atividades didáticas, 6 concordam totalmente com essa afirmação, 2 são neutros e 1 discorda, o que indica uso intensivo auto-declarado. No entanto, esta perceção contrasta com a falta de clareza e de convergência na formulação de objetivos pedagógicos nas respostas abertas, sugerindo a existência de múltiplas experiências fragmentadas com IA, mais do que práticas didáticas sistematizadas, situação apontada na literatura como risco quando a adoção é guiada sobretudo pela tecnologia e não por critérios pedagógicos (Zawacki-Richter et al., 2019; Mohamed et al., 2022).

Quanto à redução de carga administrativa, 11 docentes concordam e 3 concordam totalmente que a IA diminui o tempo investido em tarefas como preparação

e correção de testes, enquanto 4 se mantêm neutros. Esta percepção confirma o papel da IA como apoio em atividades de rotina, mas recoloca a preocupação, discutida por Popenici e Kerr (2017), de que um foco excessivo na eficiência administrativa pode desviar a atenção de reflexões mais profundas sobre aprendizagem, equidade e desenvolvimento conceptual em Matemática.

No domínio da literacia crítica, 10 docentes concordam e 3 concordam totalmente que promovem a verificação e o questionamento das respostas geradas pela IA, havendo apenas 3 em discordância e 2 neutros. À luz do referencial teórico, esta auto-avaliação é ambiciosa: estudos sobre modelos de linguagem de grande escala destacam que a promoção de verificação matemática e de crítica epistemológica exige tarefas desenhadas especificamente para esse fim e tempo de aula dedicado à discussão de erros e “alucinações”, o que não se evidencia de forma clara nas práticas descritas (Frieder et al., 2023; Cotton et al., 2023).

Na afirmação “sinto-me tecnopedagogicamente preparado(a) para integrar a IA de forma intencional e fundamentada”, 3 docentes discordam totalmente, 9 discordam, 1 é neutro e apenas 6 concordam. Esta percepção revela um ponto central dos dados: existe uso intenso, mas acompanhado por sentimento de preparação insuficiente, o que reforça o argumento de que a rápida expansão da IA na educação matemática tem excedido a capacidade institucional de oferecer formação em quadros teóricos robustos e em práticas eticamente orientadas (Baker & Smith, 2019; Chan, 2023).

A avaliação da formação institucional é ainda mais crítica: 8 docentes discordam totalmente e 9 discordam que a formação recebida seja suficiente para uma integração eficaz e ética da IA, com apenas 1 resposta neutra. Esta crítica vai ao encontro das recomendações do referencial teórico, que salientam a necessidade de políticas institucionais de formação contínua e robusta em IA, particularmente em contextos com poucos recursos e limitada produção local de investigação em educação matemática mediada por IA (Zawacki-Richter et al., 2019; Ximenes, 2025).

Nas respostas abertas sobre práticas concretas, os docentes mencionam atividades de comprovação de resultados, transformação de figuras tridimensionais e representação gráfica dinâmica de curvas hiperbólicas, mas o próprio instrumento regista que “a descrição dos objetivos não ficou clara e não há convergência”. Este desencontro entre exemplos técnicos e objetivos pedagógicos explicitados reforça a leitura de que a IA tem sido usada sobretudo para enriquecer visualizações e apresentações, sem necessariamente reconfigurar as tarefas matemáticas segundo

paradigmas construtivistas, conetivistas ou experienciais discutidos no referencial teórico (Daher & Anabousy, 2025; Duzhin & Gustafsson, 2018).

Na questão global QG1, nenhum docente classifica o impacto da IA como “muito negativo”, 4 consideram-no “negativo”, 3 “neutro”, 8 “positivo” e 3 “muito positivo”. Esta distribuição revela predominância de avaliações positivas, acompanhadas por uma minoria crítica e por um grupo neutro, refletindo a ambivalência descrita na literatura: a IA é encarada, simultaneamente, como oportunidade para tutoria personalizada, geração de tarefas e apoio ao estudo, e como fonte de riscos éticos, de superficialização do raciocínio e de agravamento de desigualdades se não for devidamente controlada do ponto de vista didático (Borah, 2024; Cotton et al., 2023; Zawacki-Richter et al., 2019).

Na recomendação institucional (QG2), os docentes sugerem a realização de formações específicas sobre IA e a sua integração como instrumento de trabalho, bem como o acesso a licenças pagas para evitar dependência exclusiva de aplicações gratuitas. Estas recomendações são convergentes com as orientações do referencial teórico, que defende que o uso da IA em Matemática deve ser contextualizado localmente, apoiado por investimento institucional e enquadrado por políticas e programas de desenvolvimento profissional, sob pena de permanecer num nível de exploração individual pouco sustentável e teoricamente frágil (Chan, 2023; Ximenes, 2025).

Conclusões

Este estudo teve como objetivo analisar o nível de consciência histórica de estudantes e docentes sobre a evolução da IA no ensino da Matemática, os paradigmas teóricos subjacentes às suas concepções, as tendências didáticas mais valorizadas e a forma como essas percepções se traduzem na prática pedagógica nos cursos STEM da UNINBE. As evidências analisadas mostram que esses atores reconhecem a centralidade atual da IA – em particular da IA generativa – no ensino da Matemática, embora com lacunas significativas de memória histórica sobre os primeiros Sistemas de Tutoria Inteligente e sobre o percurso de evolução incremental que antecede os modelos contemporâneos. Do ponto de vista teórico, prevalecem concepções ancoradas em paradigmas **behaviorista-adaptativo** e conetivista, enquanto o construtivismo, o TPACK e o SAMR surgem de forma menos consistente, o que contribui para usos predominantemente focados em reforço, prática e apoio em rede, mais do que em

investigações matemáticas profundamente construtivistas e em integrações tecnopedagógicas equilibradas.

No plano das tendências didáticas, os atores educativos valorizam sobretudo a aprendizagem personalizada, a gamificação, a avaliação adaptativa e o recurso à IA generativa para explicações matemáticas, reconhecendo ganhos em motivação, desempenho e clareza explicativa, ainda que coexistam riscos de dependência acrítica e de sobrevalorização das respostas automáticas em detrimento da mediação docente. Ao mesmo tempo, a literacia crítica em IA desponta como objetivo emergente, com parte dos estudantes relatando esforços para questionar e verificar resultados gerados por sistemas inteligentes, mas sem que tal prática se encontre plenamente consolidada nos currículos e nas rotinas de sala de aula.

Os dados também evidenciam um desfasamento entre o discurso e a prática: embora docentes e estudantes reconheçam o potencial transformador da IA, a integração em aula permanece episódica, pouco colaborativa e frequentemente orientada para usos individuais, o que configura uma “ilusão de integração” em que a presença de ferramentas não se traduz, necessariamente, em inovação pedagógica substantiva. A ausência de políticas institucionais claras, de programas estruturados de formação tecnopedagógica e de infraestruturas estáveis reforça essa assimetria, favorecendo práticas fragmentadas e, por vezes, guiadas mais por constrangimentos de acesso do que por objetivos didáticos explicitados para o desenvolvimento da compreensão conceptual, da resolução de problemas e da literacia crítica.

Neste cenário, o estudo aponta para a necessidade de uma agenda articulada de intervenção que inclua: (i) programas formais de desenvolvimento profissional em IA para docentes de Matemática, centrados em paradigmas de aprendizagem e em modelos como TPACK e SAMR; (ii) o redesenho didático das unidades curriculares, integrando explicitamente momentos de exploração, prática adaptativa e problematização crítica de respostas da IA; e (iii) a formulação de uma política institucional de IA que balize usos pedagógicos, princípios éticos e condições de acesso equitativo. Como limitação, o trabalho circunscreve-se ao contexto específico da UNINBE e a um recorte temporal e metodológico particular, o que sugere a necessidade de estudos futuros que incluam análises longitudinais, comparações interinstitucionais e abordagens mistas que aprofundem o impacto da IA na compreensão conceptual e na equidade em Matemática. Ao avançar nessa direção, a UNINBE poderá transitar de um estágio de adoção predominantemente instrumental para um quadro de integração crítica e teoricamente

fundamentada da IA no ensino da Matemática, contribuindo não apenas para melhorar o desempenho acadêmico, mas também para formar sujeitos capazes de atuar com autonomia, rigor e responsabilidade em sociedades crescentemente mediadas por algoritmos.

Referências

ALKHATLAN, A.; KALITA, J. Intelligent tutoring systems: a comprehensive historical survey with recent developments. *International Journal of Computer Applications*, v. 181, n. 43, p. 1-20, 2019. DOI: 10.5120/ijca2019918451.

ARTINO, A. R. et al. Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87. *Medical Teacher*, v. 36, n. 6, p. 463-474, 2014. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889814.

BAKER, T.; SMITH, L. *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. London: Nesta, 2019.

BORAH, P. A review of use of artificial intelligence in teaching and learning of mathematics. *International Journal on Science and Technology*, v. 15, n. 4, p. 1-12, 2024.

CASLER-FAILING, S. L. Robotics and math: using action research to study growth problems. *Canadian Journal of Action Research*, v. 19, n. 2, p. 4-25, 2018. DOI: 10.33524/cjar.v19i2.383.

CASLER-FAILING, S. L. Learning to teach mathematics with robots: developing the “t” in technological pedagogical content knowledge. *Research in Learning Technology*, v. 29, p. 1-15, 2021. DOI: 10.25304/rlt.v29.2555.

CHAN, C. A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 20, n. 1, p. 1-38, 2023. DOI: 10.1186/s41239-023-00390-7.

CHEN, L.; CHEN, P.; LIN, Z. Artificial intelligence in education: a review. *IEEE Access*, v. 8, p. 75.264-75.278, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2988510.

CHEN, X. et al. Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 1, p. 100002, 2020. DOI: 10.1016/j.caeai.2020.100002.

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*, v. 61, n. 2, p. 228-239, 2023. DOI: 10.1080/14703297.2023.2190148.

CUMBO, Ó. M. Aprendizagem matemática baseada em problemas no ensino superior: fundamentos, diagnóstico e plano de ação na UNINBE: problem-based mathematical learning in higher education: foundations, diagnosis and action plan at UNINBE.

RCMOS – *Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, v. 1, n. 1, 2026. DOI: 10.51473/rcmos.v1i1.2026.2176.

DAHER, W.; ANABOUSY, A. A. The didactical knowledge of generative artificial intelligence tools: the case of writing mathematics lessons. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 21, n. 9, em 2691, 2025. DOI: 10.29333/ejmste/16769.

DUZHIN, F.; GUSTAFSSON, A. Machine learning-based app for self-evaluation of teacher-specific instructional style and tools. *Education Sciences*, v. 8, n. 1, p. 7, 2018. DOI: 10.3390/educsci8010007.

FARROKHANIA, M. R. et al. A SWOT analysis of ChatGPT: implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, v. 61, n. 4, p. 460-474, 2023. DOI: 10.1080/14703297.2023.2236214.

FORSSTRÖM, S. E.; AFDAL, G. Learning mathematics through activities with robots. *Digital Experiences in Mathematics Education*, v. 6, n. 1, p. 30-50, 2020. DOI: 10.1007/s40751-019-00057-0.

FRIEDER, S. et al. Mathematical capabilities of ChatGPT. *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 36, p. 1-15, 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2301.13867.

HARPER, F.; STUMBO, Z.; KIM, N. When robots invade the neighborhood: learning to teach PreK–5 mathematics leveraging both technology and community knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, v. 21, n. 1, p. 19-52, 2021.

HWANG, G.-J. et al. Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 1, p. 100001, 2020. DOI: 10.1016/j.caeai.2020.100001.

MILLS, N. J. D. ALEKS constructs as predictors of high school mathematics achievement for struggling students. *Heliyon*, v. 7, n. 6, e07345, 2021. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07345.

MOHAMED, M. Z. M. et al. Artificial intelligence in mathematics education: a systematic literature review. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, v. 17, n. 3, em0694, 2022. DOI: 10.29333/iejme/12087.

NZABONIMPA, J. P. Quantitizing and qualitizing (im-)possibilities in mixed methods research. *Methodological Innovations*, v. 11, p. 1-16, 2018. DOI: 10.1177/2059799118789021.

OUYANG, F.; JIAO, P. Artificial intelligence in education: the three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 2, p. 100020, 2021. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100020.

POPENICI, S. A. D.; KERR, S. Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, v. 12, p. 1-13, 2017. DOI: 10.1186/s41039-017-0062-8.

QUITEMBO, A. D. A formação de professores de Matemática no Instituto Superior de Ciências de Educação em Benguela – Angola: um estudo sobre o seu desenvolvimento. 2010. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

SALAS-RUEDA, R. A.; SALAS-RUEDA, E. P.; SALAS-RUEDA, R. D. Analysis and design of the web game on descriptive statistics through the ADDIE model, data science and machine learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, v. 8, n. 3, p. 245-260, 2020. DOI: 10.46328/ijemst.v8i3.704.

SECKEL, M. J. et al. Primary school teachers' conceptions about the use of robotics in mathematics. *Mathematics*, v. 9, n. 24, 3181, 2021. DOI: 10.3390/math9243181.

SONG, X.; MAK, J.; CHEN, H. Teachers and learners' perceptions about implementation of AI tools in elementary mathematics classes. *SAGE Open*, v. 15, n. 2, p. 1-17, 2025. DOI: 10.1177/21582440251334545.

WAIKATO, T. L. Possibilities and considerations for mixed methods research. *New Zealand Annual Review of Education*, v. 26, p. 96-108, 2021. DOI: 10.26686/nzaroe.v26.6898.

XIMENES, S. M. Artificial intelligence in mathematics education: a systematic review of opportunities, challenges, and pedagogical implications. *Journal of Education Method and Learning Strategy*, v. 3, n. 3, p. 517-531, 2025.

ZAWACKI-RICHTER, O. et al. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 16, 39, 2019. DOI: 10.1186/s41239-019-0171-0.

ZHONG, B.; XIA, L. A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 18, n. 1, p. 79-101, 2020. DOI: 10.1007/s10763-018-09939-y.

ZHOU, Y.; ZHOU, Y.; MACHTMES, K. Mixed methods integration strategies used in education: a systematic review. *Methodological Innovations*, v. 17, n. 1, p. 41-49, 2024. DOI: 10.1177/20597991231217937.