REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: UMA REFLEXÃO CRÍTICA SOBRE AS SUAS IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA NO ENSINO SECUNDÁRIO GERAL

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A CRITICAL REFLECTION ON ITS IMPLICATIONS FOR THE TEACHING AND LEARNING OF MATHEMATICS IN GENERAL SECONDARY EDUCATION

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas • 06/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/793688055

Honório Chitunda Nachingue Calando[1]

Félix Canhani Calembe[2]

Daniel Sebastião Celestino[3]

RESUMO

A Inteligência Artificial Generativa (IAGen) apresenta novas possibilidades e desafios para o processo de ensino-aprendizagem da Matemática no Ensino Secundário Geral. Este artigo tem como objetivo analisar criticamente as suas potencialidades pedagógicas, as limitações cognitivas e as implicações éticas associadas à sua utilização no contexto educativo, considerando particularmente a realidade angolana. A investigação caracteriza-se como qualitativa, bibliográfica, exploratória e descritiva, fundamentada na análise de artigos científicos e documentos institucionais relacionados com a inteligência artificial, a Educação Matemática e a mediação pedagógica. A análise da literatura evidencia que a IAGen pode apoiar a compreensão de conceitos, a resolução de problemas e a diversificação das estratégias didáticas. Contudo, também revela limitações relacionadas com a possibilidade de respostas incorretas, a dependência tecnológica e a redução do esforço cognitivo quando os alunos recorrem à ferramenta sem reflexão crítica. O estudo destaca que a integração pedagógica desta tecnologia exige validação dos conteúdos produzidos, formação docente e valorização do raciocínio matemático e da autonomia dos estudantes. Conclui-se que a IAGen constitui um recurso complementar ao ensino da Matemática, cuja utilização deve ser crítica, responsável e orientada por objetivos pedagógicos. A investigação também evidencia a necessidade de estudos empíricos que avaliem a utilização destas ferramentas nas instituições de ensino angolanas.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; Educação Matemática; Ensino Secundário; Mediação Pedagógica; Aprendizagem.

ABSTRACT

Generative Artificial Intelligence (GenAI) presents new opportunities and challenges for mathematics teaching and learning in general secondary education. This article aims to critically analyze its pedagogical potential, cognitive limitations, and ethical implications, with particular consideration of the Angolan educational context. The study adopts a qualitative, bibliographic, exploratory, and descriptive approach based on the analysis of scientific articles and institutional documents concerning artificial intelligence, mathematics education, and pedagogical mediation. The literature analysis indicates that GenAI can support conceptual understanding, problem-solving, and the diversification of teaching strategies. However, it also reveals limitations related to inaccurate responses, technological dependence, and reduced cognitive effort when students use these tools without critical reflection. The study highlights that the pedagogical integration of this technology requires content validation, teacher training, and the promotion of mathematical reasoning and student autonomy. It concludes that GenAI constitutes a complementary resource for mathematics education and should be used critically, responsibly, and in accordance with pedagogical objectives. The research also emphasizes the need for empirical studies examining the use of these tools in Angolan educational institutions.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; Mathematics Education; Secondary Education; Pedagogical Mediation; Learning.

1. INTRODUÇÃO

A expansão das tecnologias digitais tem provocado transformações significativas nos processos educativos, criando novas possibilidades de acesso, produção e apropriação do conhecimento. Entre essas

tecnologias, a Inteligência Artificial Generativa (IAGen) destaca-se pela capacidade de produzir textos, explicações, exemplos e soluções a partir de instruções dos utilizadores. No contexto educacional, essas ferramentas podem apoiar a elaboração de materiais didácticos e a explicação de conceitos, mas os seus benefícios dependem da finalidade pedagógica, das condições de utilização e da capacidade de avaliar criticamente as respostas produzidas (Miao; Holmes, 2023).

Na Educação Matemática, a utilização da IAGen suscita questões relevantes, uma vez que a aprendizagem não se limita à obtenção de respostas corretas, exigindo compreensão concetual, raciocínio lógico, resolução de problemas e argumentação. Embora os sistemas generativos consigam resolver equações, simplificar expressões algébricas e apresentar procedimentos matemáticos, permanece necessário compreender em que medida essas funcionalidades favorecem a aprendizagem ou podem substituir o esforço intelectual dos estudantes.

A investigação científica já apresenta resultados importantes sobre esta problemática. Pardos e Bhandari (2024) verificaram que a ajuda gerada pelo ChatGPT pode produzir ganhos de aprendizagem em competências matemáticas comparáveis aos obtidos com ajudas elaboradas por tutores humanos. Contudo, a utilização dessas ferramentas também exige atenção à qualidade das explicações e à fiabilidade das respostas. De forma complementar, Sapkota e Bondurant (2024) identificaram limitações nas tarefas matemáticas geradas pelo ChatGPT, particularmente quanto à profundidade concetual e à exigência cognitiva. Esses resultados demonstram que a capacidade de produzir soluções não equivale, necessariamente, à

capacidade de promover uma compreensão matemática consistente.

Deste modo, a integração da IAGen no ensino da Matemática apresenta potencialidades e riscos que precisam de ser analisados criticamente. Quando utilizada com orientação pedagógica, pode contribuir para diversificar explicações, apoiar a resolução de problemas e facilitar a identificação de erros. Entretanto, a aceitação acrítica das respostas automatizadas pode limitar as oportunidades de desenvolver estratégias próprias, justificar procedimentos e verificar a validade dos resultados. Por essa razão, a utilização da tecnologia deve estar associada à mediação do professor e a práticas que valorizem a autonomia intelectual, a argumentação matemática e o pensamento crítico.

No Ensino Secundário Geral, essa discussão assume particular importância, considerando a necessidade de consolidar conhecimentos algébricos, geométricos e funcionais, bem como desenvolver competências de análise e resolução autónoma de problemas. No contexto angolano, importa igualmente considerar as condições de acesso às tecnologias, a formação dos professores e os recursos disponíveis nas instituições escolares, sem presumir que essas condições sejam uniformes em todo o país. A orientação proposta pela UNESCO reforça a necessidade de uma abordagem centrada no ser humano, com atenção à utilização responsável da inteligência artificial, à proteção de dados e à preparação dos intervenientes educativos (Miao; Holmes, 2023).

A relevância deste estudo reside, portanto, na necessidade de compreender criticamente as implicações pedagógicas, cognitivas e didáticas da IAGen no ensino da Matemática, evitando tanto a sua

aceitação indiscriminada quanto a rejeição sem fundamento. A investigação procura contribuir para uma compreensão mais consistente das condições em que essas ferramentas podem apoiar a aprendizagem, preservando o rigor matemático e o papel orientador do professor.

Assim, o artigo tem como objetivo geral analisar criticamente as implicações da Inteligência Artificial Generativa no processo de ensino-aprendizagem da Matemática no Ensino Secundário Geral. Especificamente, pretende-se analisar as suas potencialidades pedagógicas, discutir os riscos associados à utilização acrítica das respostas automatizadas e identificar orientações para uma integração responsável no contexto educativo angolano. Para alcançar esses objetivos, adota-se uma abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica, baseada na análise crítica de publicações científicas e documentos institucionais pertinentes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Reconfiguração da Relação Pedagógica no Ensino da Matemática

O processo de ensino-aprendizagem da Matemática envolve a interação entre professor, estudante e conhecimento matemático, sendo influenciado pelas estratégias didáticas, pelos recursos utilizados e pelas condições em que a aprendizagem ocorre. A introdução da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) acrescenta novas possibilidades a essa relação, uma vez que os estudantes podem solicitar explicações, exemplos, procedimentos de resolução e diferentes formas de representação de um mesmo conceito. Essa transformação, entretanto, não deve ser compreendida como

substituição automática do professor, mas como uma alteração nas formas de acesso, interpretação e validação do conhecimento.

Miao e Holmes (2023) defendem uma abordagem centrada no ser humano para a integração da inteligência artificial na educação, ressaltando a necessidade de orientação pedagógica, proteção de dados e avaliação crítica das ferramentas utilizadas. No ensino da Matemática, essa perspectiva implica reconhecer que uma resposta produzida por um sistema generativo não constitui, por si só, uma demonstração da sua validade. O professor continua responsável por organizar situações de aprendizagem, selecionar tarefas adequadas, orientar a argumentação e ajudar os estudantes a distinguir respostas plausíveis de soluções matematicamente justificadas.

A IAGen também modifica a relação dos estudantes com as fontes de informação. Ao comparar uma explicação gerada por inteligência artificial com a apresentada pelo professor ou pelo livro didático, o estudante passa a lidar com diferentes representações do conhecimento matemático. Essa diversidade pode favorecer a análise e a formulação de perguntas, desde que seja acompanhada por critérios de verificação. Portanto, a principal questão pedagógica não consiste apenas em permitir ou proibir o uso da tecnologia, mas em estabelecer condições para que ela seja utilizada de maneira crítica, consciente e compatível com os objetivos de aprendizagem.

2.2. Potencialidades Pedagógicas da IAGen na Aprendizagem Matemática

A utilização da IAGen pode ampliar as possibilidades de apoio ao ensino da Matemática, sobretudo pela produção de explicações alternativas, exemplos graduados e orientações para a resolução de

problemas. Um estudante com dificuldades na compreensão de funções quadráticas, por exemplo, pode solicitar uma explicação algébrica, uma interpretação gráfica e uma aplicação contextualizada. Essa diversidade de representações pode contribuir para a compreensão das relações entre diferentes formas de expressar um mesmo objeto matemático.

A possibilidade de oferecer ajuda sob demanda também pode favorecer o acompanhamento individualizado, especialmente quando o estudante precisa rever determinado procedimento fora do tempo de atendimento direto do professor. Entretanto, a personalização proporcionada pela ferramenta deve ser entendida como uma possibilidade, e não como garantia de aprendizagem. A qualidade da resposta, a adequação ao nível de escolaridade e a capacidade do estudante de interpretar e utilizar a explicação continuam sendo fatores decisivos.

Pardos e Bhandari (2024), em um estudo experimental envolvendo 274 participantes, compararam o apoio gerado pelo ChatGPT com orientações elaboradas por tutores humanos em diferentes áreas da Matemática. Os autores observaram ganhos de aprendizagem na condição de apoio gerado pelo ChatGPT, sem diferenças estatisticamente significativas em relação à ajuda produzida por tutores humanos. Contudo, parte das respostas geradas não passou pelos critérios de qualidade utilizados na investigação. Esses resultados indicam que a IAGen pode funcionar como recurso complementar de aprendizagem, mas também evidenciam a necessidade de verificar a correção e a adequação das explicações fornecidas.

Outra possibilidade consiste na utilização da ferramenta para apoiar a elaboração de tarefas e situações-problema. O professor pode solicitar exemplos relacionados a contextos sociais, econômicos ou científicos, bem como variações de exercícios que mobilizem diferentes níveis de complexidade. Essa utilização, porém, exige revisão profissional, pois uma tarefa aparentemente adequada pode conter erros matemáticos, pressupostos inadequados ou exigências cognitivas inferiores às pretendidas.

Sapkota e Bondurant (2024), ao analisarem tarefas sobre multiplicação de frações geradas pelo ChatGPT, identificaram predominância de abordagens procedimentais e limitações na representação conceitual e na exigência cognitiva das atividades produzidas. O estudo reforça a importância de o professor examinar os materiais gerados antes de os incorporar ao planejamento didático. Assim, a contribuição pedagógica da IAGen depende não apenas da sua capacidade de produzir conteúdos, mas também da seleção, adaptação e validação desses conteúdos à luz dos objetivos curriculares.

2.3. Mediação Docente e Desenvolvimento do Pensamento Matemático

O desenvolvimento do pensamento matemático envolve a compreensão de conceitos, a formulação de conjeturas, a construção de argumentos e a verificação da validade dos procedimentos. Neste contexto, a utilização da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) deve promover a participação ativa dos estudantes, incentivando a análise, a comparação de estratégias e a justificação das soluções. McGalliard e Otten (2025) defendem que a interação com a inteligência artificial e a avaliação crítica das

respostas geradas podem favorecer oportunidades de aprendizagem matemática, desde que os estudantes sejam envolvidos na interpretação dos procedimentos e não apenas na obtenção de resultados.

A mediação docente assume, assim, um papel fundamental na integração pedagógica destas tecnologias. Dilling e Herrmann (2024), ao investigarem a utilização do ChatGPT no apoio à construção de demonstrações geométricas por futuros professores do ensino primário, identificaram diferentes formas de interação com a ferramenta e limitações na compreensão dos seus mecanismos de funcionamento. Estes resultados reforçam a importância de desenvolver competências para formular perguntas adequadas, interpretar as respostas e avaliar criticamente os conteúdos produzidos pela IAGen.

Por sua vez, Canonigo (2026), num estudo qualitativo realizado com professores de Matemática do ensino secundário, destaca a importância da mediação docente para promover a participação dos alunos, a análise crítica das respostas geradas e a construção de conhecimentos matemáticos. O autor evidencia que a utilização da tecnologia sem orientação pedagógica pode favorecer uma aprendizagem passiva e agravar desigualdades educativas.

Deste modo, o professor deve orientar atividades que preservem o esforço intelectual dos estudantes. Antes de recorrer à IAGen, o aluno pode interpretar o problema e elaborar uma estratégia própria; posteriormente, pode comparar a sua resolução com a resposta gerada, identificar eventuais erros e justificar as alterações necessárias. Essa abordagem transforma a ferramenta num recurso de investigação e reflexão matemática, mantendo a mediação

docente e a autonomia do estudante como elementos essenciais do processo de ensino-aprendizagem.

3. REFLEXÃO CRÍTICA: RISCOS E LIMITAÇÕES COGNITIVAS, EPISTEMOLÓGICAS E ÉTICAS

3.1. Dependência Tecnológica e Delegação do Raciocínio Matemático

Um dos principais desafios associados à utilização da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) no ensino da Matemática consiste na possibilidade de os estudantes transferirem para a ferramenta operações intelectuais fundamentais à resolução de problemas. Quando o sistema interpreta o enunciado, seleciona os procedimentos e apresenta uma resposta final, o estudante pode limitar-se a reproduzir a solução sem compreender os conceitos e as relações matemáticas envolvidos. Este risco torna-se particularmente relevante quando a consulta da ferramenta substitui, de forma recorrente, a tentativa de resolução autónoma.

Contudo, a utilização de recursos tecnológicos não implica necessariamente uma diminuição da aprendizagem. Pardos e Bhandari (2024), num estudo experimental com 274 participantes, verificaram que as ajudas matemáticas produzidas pelo ChatGPT estiveram associadas a ganhos de aprendizagem comparáveis aos obtidos com ajudas elaboradas por tutores humanos. Todavia, os autores identificaram também problemas de qualidade em parte das respostas geradas, evidenciando que os benefícios da ferramenta dependem da qualidade das explicações e dos mecanismos de verificação utilizados.

Assim, importa distinguir a utilização da tecnologia como apoio à aprendizagem da sua utilização como substituta do raciocínio matemático. Calculadoras, *softwares* e sistemas de inteligência artificial podem facilitar determinadas operações e disponibilizar explicações complementares. No entanto, quando o estudante delega integralmente a interpretação do problema, a seleção de estratégias e a validação dos resultados, pode reduzir as oportunidades de desenvolver competências de análise, argumentação e tomada de decisão matemática. Por conseguinte, a questão central não reside apenas no acesso à IAGen, mas também na forma como esta é integrada nas atividades de ensino e aprendizagem.

É igualmente necessário evitar a afirmação de que a IAGen provoca inevitavelmente a perda de autonomia intelectual ou a diminuição do raciocínio lógico. Os resultados de Pardos e Bhandari (2024) mostram que a assistência gerada por inteligência artificial pode contribuir para a aprendizagem em determinadas condições. Contudo, esses resultados não devem ser generalizados automaticamente a todos os estudantes, níveis de ensino ou contextos educativos, uma vez que a eficácia da ferramenta pode variar em função das tarefas propostas, da qualidade das respostas, da orientação docente e do envolvimento cognitivo dos aprendentes.

Esta preocupação é reforçada por Bastani et al. (2025), que realizaram uma experiência de campo com cerca de mil estudantes do ensino secundário. Os resultados indicaram que o acesso a uma versão convencional do sistema melhorou o desempenho durante a resolução assistida, mas esteve associado a resultados inferiores numa avaliação posterior sem acesso à ferramenta. Em

contrapartida, uma versão concebida para orientar os estudantes através de pistas, sem fornecer diretamente todas as respostas, reduziu esse efeito negativo. Estes resultados sugerem que o modo de utilização da IAGen pode ser determinante para a aprendizagem e para a consolidação das competências matemáticas.

Nesta perspetiva, propõe-se o princípio de construir antes de delegar: o estudante deve procurar interpretar o problema, apresentar uma estratégia inicial e identificar as suas dificuldades antes de recorrer à ferramenta. Após receber a resposta, deve analisar os procedimentos utilizados, verificar os cálculos e justificar matematicamente a aceitação ou rejeição da solução. Ao professor cabe organizar atividades que exijam explicação, comparação de estratégias e resolução autónoma de problemas, utilizando a IAGen como recurso de apoio, e não como substituta do pensamento do estudante. Assim, a integração pedagógica desta tecnologia deve privilegiar a compreensão conceptual, a autonomia intelectual e a capacidade de validar resultados.

3.2. Fiabilidade das Respostas e Ilusão de Compreensão

Os sistemas de IAGen produzem respostas com base em padrões aprendidos durante o treinamento e no processamento das instruções recebidas. Embora possam apresentar explicações coerentes e procedimentos matemáticos corretos, também podem gerar informações imprecisas, justificativas inconsistentes e soluções incorretas. A fluência textual da resposta não constitui, portanto, garantia de validade matemática.

Pardos e Bhandari (2024) identificaram limitações de qualidade em parte das ajudas matemáticas geradas pelo ChatGPT, enquanto

Sapkota e Bondurant (2024) encontraram imprecisões e insuficiências conceituais em tarefas matemáticas produzidas pela ferramenta. Esses resultados demonstram a importância de conferir as respostas antes de as utilizar como material de estudo ou recurso didático.

Outro risco consiste em confundir a facilidade de acompanhar uma explicação com a efetiva compreensão do conteúdo. Um estudante pode reconhecer os passos apresentados numa resolução e, ainda assim, não conseguir reproduzi-los autonomamente, explicar os princípios envolvidos ou aplicar o conhecimento numa situação diferente. A apresentação organizada de uma resposta pode produzir uma percepção de domínio que não corresponde necessariamente à capacidade de utilizar o conceito.

Para enfrentar esse problema, as atividades devem incluir momentos de explicação, justificação e verificação independente. Depois de consultar uma resposta gerada pela IAGen, o estudante pode ser solicitado a reconstruir a resolução sem auxílio, identificar as propriedades matemáticas utilizadas ou resolver um problema semelhante com condições diferentes. Essas práticas ajudam a distinguir a compreensão efetiva da simples familiaridade com uma solução apresentada.

A validação matemática deve constituir, assim, um princípio orientador da utilização da IAGen. Sempre que possível, as respostas devem ser confrontadas com propriedades conhecidas, cálculos independentes, representações gráficas, exemplos particulares e outras fontes confiáveis. A ferramenta pode apoiar a investigação, mas não deve ser considerada uma autoridade infalível sobre a validade dos resultados.

3.3. Implicações Éticas e Desigualdades de Acesso

A integração da IAGen na educação envolve questões éticas que ultrapassam o desempenho individual. O acesso desigual a dispositivos, conexão à internet e ferramentas digitais pode criar condições distintas de participação nas atividades escolares. Do mesmo modo, diferenças na formação dos professores e no apoio institucional podem influenciar a capacidade de integrar esses recursos de forma pedagogicamente consistente.

Miao e Holmes (2023) destacam a importância de uma abordagem centrada no ser humano, com atenção à proteção de dados, à segurança, à equidade e à adequação pedagógica. No ensino da Matemática, esses princípios implicam orientar os estudantes para a utilização responsável das ferramentas, evitar a partilha desnecessária de informações pessoais e explicitar os limites da assistência automatizada. Também é necessário estabelecer critérios transparentes para o uso da IAGen nas tarefas escolares, distinguindo apoio à aprendizagem de apresentação de respostas alheias como se fossem produção própria.

No contexto angolano, essas questões devem ser analisadas considerando a diversidade das condições institucionais e sociais. Não se deve presumir que todas as escolas disponham dos mesmos recursos tecnológicos ou que todos os professores tenham recebido formação específica para trabalhar com IAGen. A ausência de dados empíricos nacionais suficientes sobre essas condições constitui uma limitação para qualquer conclusão generalizada e reforça a necessidade de estudos contextualizados.

Uma integração responsável exige, portanto, que as propostas pedagógicas considerem não apenas as funcionalidades da tecnologia, mas também as condições reais de acesso, a preparação dos professores e a proteção dos estudantes. Sem essa atenção, a inovação tecnológica pode beneficiar de maneira desigual os diferentes grupos escolares e comprometer os princípios de inclusão e equidade educativa.

4. IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS: DA OBTENÇÃO DE RESPOSTAS À VALIDAÇÃO MATEMÁTICA

A utilização da IAGen no Ensino Secundário Geral requer estratégias didáticas que preservem o papel ativo do estudante e a responsabilidade pedagógica do professor. O objetivo não deve ser substituir o ensino dos procedimentos matemáticos pela utilização de sistemas generativos, mas integrar a tecnologia em atividades que promovam compreensão conceptual, resolução de problemas, argumentação e avaliação crítica.

4.1. Orientações para a Utilização Pedagógica da IAGen

A utilização pedagógica da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) no ensino da Matemática deve ser orientada por estratégias que promovam a compreensão conceptual, o pensamento crítico e a autonomia dos estudantes. Borba e Junior (2023) discutem as possibilidades e os desafios do ChatGPT na Educação Matemática, destacando a necessidade de refletir sobre as implicações da inteligência artificial nas práticas educativas. Nesse sentido, a ferramenta deve ser utilizada como recurso complementar, cujas respostas exigem análise e validação matemática.

Uma primeira orientação consiste em transformar as respostas geradas pela IAGen em objectos de análise. O professor pode apresentar uma resolução matemática e solicitar aos estudantes que verifiquem os cálculos, identifiquem possíveis erros e justifiquem as correções. Santos, Sant'Ana e Sant'Ana (2023) abordam o ChatGPT como recurso de apoio ao ensino da Matemática, perspetiva que permite considerar a ferramenta na preparação de atividades didáticas, desde que os materiais produzidos sejam examinados criticamente antes da sua utilização.

Uma segunda orientação consiste em valorizar o processo de resolução, e não apenas a resposta final. Caetano e Oliveira (2025) exploram a utilização do ChatGPT no ensino da Matemática, incluindo a elaboração de sequências didáticas. A partir desta possibilidade, propõe-se que as atividades escolares exijam a apresentação dos procedimentos utilizados, a explicação das estratégias escolhidas e a justificação dos resultados obtidos. A resolução oral e a comparação entre métodos podem ajudar o professor a avaliar a compreensão efetiva dos conteúdos.

Outra orientação refere-se à formulação de instruções claras para a IAGen. Em vez de solicitar diretamente a solução completa de um problema, o estudante pode pedir pistas graduais, explicações conceptuais ou exemplos semelhantes. Esta estratégia procura estimular a reflexão e a participação ativa, embora as respostas continuem a exigir verificação quanto à sua correção e adequação aos objetivos curriculares.

É igualmente importante preservar momentos de trabalho autónomo antes e depois da utilização da ferramenta. Inicialmente, o estudante deve interpretar o enunciado e elaborar uma estratégia

própria; posteriormente, pode comparar o seu raciocínio com a resposta gerada, identificar diferenças e justificar eventuais correções. Deste modo, a IAGen pode apoiar a aprendizagem sem substituir o esforço intelectual necessário à construção do conhecimento matemático.

Por fim, a integração destas ferramentas requer o desenvolvimento de uma literacia crítica em inteligência artificial, que permita reconhecer as suas potencialidades, limitações e riscos. No ensino da Matemática, essa competência envolve verificar cálculos, analisar procedimentos, comparar representações e avaliar a validade das conclusões. Assim, a utilização pedagógica da IAGen deve permanecer subordinada aos objetivos de aprendizagem e à mediação do professor, assegurando que a tecnologia contribua para o desenvolvimento do raciocínio matemático e da autonomia dos estudantes.

4.2. Síntese das Orientações Didáticas

A tabela seguinte sintetiza algumas diferenças entre uma utilização centrada na obtenção imediata de respostas e uma utilização pedagogicamente orientada da IAGen. A comparação representa uma proposta analítica dos autores deste artigo, e não o resultado de uma investigação empírica realizada em escolas.

Tabela 1. Orientações para a Integração da IAGen no Ensino da Matemática

Dimensão	Utilização centrada na resposta	Utilização pedagogicamente orientada

Resolução de problemas	Reprodução da solução gerada	Construção, comparação e justificação de estratégias
Compreensão conceptual	Aceitação da explicação apresentada	Verificação dos conceitos e das propriedades utilizadas
Tratamento do erro	Correção automática ou ignorância do erro	Identificação, análise e justificação da correção
Avaliação	Ênfase exclusiva na resposta final	Valorização do raciocínio, dos procedimentos e da argumentação
Papel do professor	Supervisão limitada do uso da ferramenta	Mediação, orientação e validação pedagógica
Autonomia do estudante	Dependência da resposta automatizada	Tentativa autónoma, consulta crítica e reconstrução da solução
Responsabilidade ética	Utilização sem critérios explícitos	Uso transparente, responsável e adequado aos objetivos escolares

Fonte: *Elaboração própria, com base na análise dos autores (2026).*

5. METODOLOGIA

A presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica e com objetivos exploratórios e descritivos, orientada para a análise crítica das implicações da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) no processo de ensino-aprendizagem da Matemática no Ensino Secundário Geral. Segundo Lösch, Rambo e Ferreira (2023), a pesquisa exploratória de abordagem qualitativa permite aprofundar a compreensão de determinada problemática por meio da análise e interpretação de conhecimentos já produzidos. Neste sentido, a abordagem adotada

mostrou-se adequada à reflexão sobre as potencialidades pedagógicas, as limitações e os desafios associados à utilização da IAGen no ensino da Matemática.

A investigação baseou-se na pesquisa bibliográfica, mediante a consulta de artigos científicos, livros e documentos institucionais relacionados com a Inteligência Artificial Generativa, a Educação Matemática, a mediação pedagógica e o desenvolvimento do pensamento lógico-matemático. Sousa et al. (2021) salientam a importância de definir e fundamentar as opções metodológicas de uma investigação qualitativa em contexto educacional, articulando a abordagem adotada com os objetivos e a natureza do problema estudado. Assim, a seleção das fontes considerou a pertinência temática, a identificação dos autores, a credibilidade científica e a contribuição das publicações para a compreensão do objeto de estudo.

Como critérios de inclusão, foram consideradas publicações com autoria identificável, fundamentação científica e relação direta com os objetivos da investigação. Foram excluídos materiais sem pertinência para a problemática em análise ou que não apresentassem informações suficientes para sustentar a discussão. O material selecionado foi submetido à leitura analítica, à comparação dos argumentos apresentados pelos autores e à síntese crítica dos principais contributos identificados. Este procedimento foi orientado pela necessidade de interpretar os diferentes posicionamentos teóricos e relacioná-los com as questões pedagógicas levantadas pela utilização da IAGen no ensino da Matemática.

A análise do material bibliográfico foi organizada em quatro dimensões temáticas: potencialidades pedagógicas da IAGen no ensino da Matemática; dependência tecnológica e implicações para o desenvolvimento do raciocínio matemático; fiabilidade das respostas geradas e possibilidade de ocorrência de erros; e desafios pedagógicos, éticos e de equidade no acesso às tecnologias. Esta organização permitiu estabelecer relações entre os contributos da literatura e os objetivos da investigação, identificando possibilidades de utilização pedagógica, limitações e aspetos que exigem uma intervenção consciente do professor. Em consonância com a reflexão metodológica de Tuzzo, Santos e Braga (2024), a interpretação qualitativa procurou valorizar a análise crítica e o diálogo entre perspetivas, em vez de se limitar à descrição isolada das fontes consultadas.

Por se tratar de uma investigação exclusivamente bibliográfica, não foram realizadas entrevistas, aplicados questionários ou desenvolvidas experiências com alunos e professores. Consequentemente, as conclusões resultam da interpretação crítica da literatura analisada e não constituem resultados empíricos obtidos em instituições de Ensino Secundário Geral em Angola. O contexto angolano foi considerado na discussão das implicações educativas da IAGen, particularmente no que respeita à formação dos professores, às condições de acesso às tecnologias e à necessidade de promover uma utilização crítica, responsável e pedagogicamente orientada da Inteligência Artificial Generativa no ensino da Matemática.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da literatura permitiu identificar potencialidades e limitações da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) no processo de ensino-aprendizagem da Matemática no Ensino Secundário Geral. A discussão organiza-se em quatro dimensões: potencialidades pedagógicas, desenvolvimento do raciocínio matemático, fiabilidade das respostas e implicações éticas e educacionais.

6.1. Potencialidades Pedagógicas da Inteligência Artificial Generativa

A IAGen pode apoiar o ensino da Matemática através da apresentação de explicações alternativas, exemplos, exercícios e orientações para a resolução de problemas. Estas possibilidades podem diversificar as estratégias didácticas e ajudar os alunos a esclarecer dúvidas, desde que os conteúdos gerados sejam adequados aos objectivos de aprendizagem.

Pardos e Bhandari (2024) verificaram que o apoio do ChatGPT produziu ganhos de aprendizagem matemática, sem diferenças estatisticamente significativas em relação ao apoio elaborado por tutores humanos. Contudo, os autores identificaram problemas de qualidade em parte das orientações geradas, demonstrando que a ferramenta não garante, por si só, respostas adequadas.

Assim, a IAGen deve ser utilizada como recurso complementar, articulado com os conteúdos curriculares e a orientação do professor. A sua contribuição depende da qualidade das respostas e da forma como estas são integradas nas atividades de aprendizagem.

6.2. Desenvolvimento do Raciocínio Matemático e Autonomia do Aluno

A aprendizagem da Matemática exige compreensão conceptual, capacidade de resolução de problemas, argumentação e justificação dos procedimentos utilizados. Neste sentido, Borba e Junior (2023) salientam a necessidade de analisar criticamente as possibilidades e os desafios da utilização do ChatGPT na Educação Matemática. Assim, a IAGen deve ser utilizada para estimular o envolvimento intelectual do aluno, e não apenas para fornecer respostas imediatas.

Quando orientada pedagogicamente, a ferramenta pode contribuir para a comparação de métodos de resolução, a identificação de erros e a compreensão das diferentes etapas de um procedimento matemático. Por exemplo, numa atividade sobre equações do primeiro grau, os alunos podem resolver inicialmente o problema e, posteriormente, comparar a sua resolução com a resposta gerada pela ferramenta, justificando as semelhanças e diferenças identificadas. Caetano e Oliveira (2025) também exploram possibilidades de utilização do ChatGPT no ensino da Matemática, evidenciando a importância de integrar estas ferramentas em propostas didáticas.

Em contrapartida, a utilização da IAGen sem reflexão crítica pode reduzir o esforço cognitivo e favorecer a dependência de soluções automáticas. Por essa razão, o professor deve propor tarefas que valorizem a resolução autónoma, a explicação dos procedimentos e a capacidade de aplicar os conhecimentos a novas situações. Deste modo, a tecnologia deve funcionar como um recurso complementar, subordinado aos objetivos de aprendizagem e à

mediação docente, contribuindo para o desenvolvimento do raciocínio matemático e da autonomia do aluno.

6.3. Fiabilidade das Respostas e Limitações da IAGen

A possibilidade de produzir respostas incorrectas ou explicações matemáticas inadequadas constitui uma das principais limitações da IAGen. A organização e a clareza da linguagem utilizada não garantem a validade dos cálculos, das demonstrações ou dos procedimentos apresentados.

Sapkota e Bondurant (2024), ao analisarem tarefas matemáticas geradas pelo ChatGPT, evidenciaram a importância de examinar os conceitos, os procedimentos e a exigência cognitiva dos materiais produzidos. Este contributo reforça a necessidade de avaliar criticamente as respostas antes de as utilizar no processo de ensino-aprendizagem.

No ensino da Matemática, essa verificação pode envolver a repetição dos cálculos, a confirmação das propriedades utilizadas e a comparação entre diferentes métodos de resolução. O professor deve orientar os alunos para que questionem e validem os resultados, desenvolvendo competências de análise e pensamento crítico. Deste modo, a IAGen deixa de ser uma fonte de respostas automaticamente aceites e passa a constituir um recurso para a reflexão matemática.

6.4. Implicações Éticas, Acesso Tecnológico e Contexto Angolano

A utilização da IAGen na educação levanta questões relacionadas com a privacidade, a responsabilidade na utilização da tecnologia, a formação docente e as desigualdades no acesso aos recursos

digitais. Miao e Holmes (2023), nas orientações da UNESCO, salientam a importância de uma abordagem centrada no ser humano, que considere a utilização responsável da inteligência artificial, a protecção de dados e a inclusão educativa.

No contexto do Ensino Secundário Geral em Angola, a integração destas ferramentas deve considerar as condições de acesso à Internet, a disponibilidade de dispositivos tecnológicos e a preparação dos professores. Estas questões constituem aspectos relevantes para o planeamento pedagógico, embora a presente investigação bibliográfica não permita afirmar que os seus efeitos já tenham sido empiricamente demonstrados nas escolas angolanas.

A formação dos professores é fundamental para assegurar que a IAGen seja utilizada de forma crítica e adequada aos objectivos curriculares. O docente deve avaliar os conteúdos produzidos, orientar a utilização ética das ferramentas e promover actividades que desenvolvam o raciocínio matemático. Consequentemente, a tecnologia deve complementar, e não substituir, a intervenção pedagógica.

Em síntese, a literatura analisada indica que a IAGen oferece possibilidades de apoio à aprendizagem matemática, mas também apresenta limitações que exigem acompanhamento e validação. A sua integração pedagógica deve valorizar a compreensão dos conceitos, a resolução autónoma de problemas e a análise crítica das respostas, mantendo o professor como responsável pela orientação do processo educativo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação permite concluir que a Inteligência Artificial Generativa constitui um recurso complementar com potencial para diversificar as estratégias de ensino e aprendizagem da Matemática no Ensino Secundário Geral. A sua contribuição depende, contudo, da utilização crítica, da validação das respostas produzidas e da articulação com os objetivos curriculares.

A análise permite reconhecer que a principal condição para a integração pedagógica da IAGen consiste em preservar o raciocínio matemático, a autonomia intelectual e a capacidade de argumentação dos alunos. Nesse sentido, a tecnologia deve favorecer a compreensão dos conceitos, a resolução de problemas e a verificação dos procedimentos, em vez de incentivar a reprodução automática de respostas.

O estudo também evidencia a importância da mediação docente, da formação dos professores e da atenção às condições de acesso tecnológico. No contexto angolano, a utilização da IAGen exige uma abordagem ajustada às realidades escolares, sem pressupor que os seus benefícios estejam igualmente assegurados em todas as instituições de ensino.

Considera-se, assim, que o objetivo da investigação é alcançado ao analisar criticamente as potencialidades, as limitações e as implicações pedagógicas da IAGen no ensino da Matemática. Como a pesquisa é bibliográfica, as conclusões não comprovam efeitos directos nas escolas angolanas. Recomenda-se, por isso, a realização de estudos empíricos que investiguem como professores e alunos utilizam estas ferramentas e de que modo essa utilização se relaciona com a aprendizagem matemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTANI, Hamsa; BASTANI, Osbert; SUNGU, Alp; GE, Haosen; KABAKCI, Özge; MARIMAN, Rei. Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 122, n. 26, e2422633122, 2025. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122.

BORBA, Marcelo de Carvalho; BALBINO JUNIOR, Valci Rodrigues. O ChatGPT e educação matemática. Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 142–156, 2023. DOI: https://doi.org/10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156.

CAETANO, Joyce Jaquelinne; OLIVEIRA, Paloma Gonçalves de. O uso do ChatGPT no ensino da matemática. Com a Palavra, o Professor, v. 9, n. 25, p. 150–169, 2025. DOI: https://doi.org/10.22481/cpp.v9i25.17438.

CANONIGO, Allan Mesa. Teacher mediation and the contingent promise of generative AI in mathematics education. Journal of Computer Assisted Learning, v. 42, n. 5, e70307, 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/jcal.70307.

DILLING, Frederik; HERRMANN, Marc. 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, v. 7, art. 1460337, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/frai.2024.1460337.

LÖSCH, Silmara; RAMBO, Carlos Alberto; FERREIRA, Jacques de Lima. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação,

Araraquara, v. 18, n. 00, e023141, 2023. DOI: https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958. Disponível em: https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/17958.

MCGALLIARD, William; OTTEN, Samuel. AI responses to challenging problems and educator responses to AI availability. Digital Experiences in Mathematics Education, v. 11, p. 319–332, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s40751-024-00167-4.

MIAO, Fengchun; HOLMES, Wayne. Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO, 2023. DOI: https://doi.org/10.54675/EWZM9535.

PARDOS, Zachary A.; BHANDARI, Shreya. ChatGPT-generated help produces learning gains equivalent to human tutor-authored help on mathematics skills. PLOS ONE, v. 19, n. 5, e0304013, 2024. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304013.

SANTOS, Renan Pereira; SANT'ANA, Claudinei de Camargo; SANT'ANA, Irani Parolin. O ChatGPT como recurso de apoio no ensino da Matemática. Revemop, v. 5, e202303, 2023. DOI: https://doi.org/10.33532/revemop.e202303.

SAPKOTA, Bima; BONDURANT, Liza. Assessing concepts, procedures, and cognitive demand of ChatGPT-generated mathematical tasks. International Journal of Technology in Education, v. 7, n. 2, p. 218–238, 2024. DOI: https://doi.org/10.46328/ijte.677.

SOUSA, Rafael; PIMENTA, Clara; BOGONI, Barbara; HENNING, Poul. Abordagem, projeto e métodos de investigação qualitativa em contexto educacional. New Trends in Qualitative Research, v. 7, p. 181–189, 2021. DOI: https://doi.org/10.36367/ntqr.7.2021.181-189. Disponível

em: https://www.publi.ludomedia.org/index.php/ntqr/pt/article/view/318.

TUZZO, Simone Antoniaci; SANTOS, Inês Guerra; BRAGA, Claudomilson Fernandes. O caráter dialógico da pesquisa qualitativa. New Trends in Qualitative Research, v. 19, e864, 2024. DOI: https://doi.org/10.36367/ntqr.19.2023.e864. Disponível em: https://scielo.pt/scielo.php?pid=S2184-77702024000100004&script=sci_arttext.

---

[1] Mestrando em Ciências da Educação na especialidade de Ensino da Matemática pelo Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla (ISCED-Huíla); Lubango, Angola. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-5643-1189

[2] Mestrando em Ciências da Educação na especialidade de Ensino da Matemática pelo Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla (ISCED-Huíla); Lubango, Angola. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5500-595X

[3] Mestrando em Ciências da Educação na especialidade de Ensino da Matemática pelo Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla (ISCED-Huíla); Lubango, Angola. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-3480-1361