



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS**

MARIA LARISSA DE OLIVEIRA SILVA SOUSA

**O IMPACTO DA TUTORIA INDIVIDUALIZADA POR IA NO ENGAJAMENTO E
DESEMPENHO DE ESTUDANTES DE PROGRAMAÇÃO INTRODUTÓRIA: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA**

**PICOS, PIAUÍ
2026**

MARIA LARISSA DE OLIVEIRA SILVA SOUSA

**O IMPACTO DA TUTORIA INDIVIDUALIZADA POR IA NO ENGAJAMENTO
E DESEMPENHO DE ESTUDANTES DE PROGRAMAÇÃO
INTRODUTÓRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Monografia apresentada como exigência para aprovação na disciplina de TCC II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Orientador(a): Prof. Dr. Dênis Costa Paiva
Coorientador(a): Prof. Dr. Rogério Figueiredo de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sousa, Maria Larissa de Oliveira Silva

S725i O impacto da tutoria individualizada por IA no engajamento e desempenho de estudantes de programação introdutória : uma revisão sistemática / Maria Larissa de Oliveira Silva Sousa. - 2026.
46 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos, 2026.

Orientador : Prof Dr. Dênis Costa Paiva.

Coorientador : Prof Dr. Rogério Figueiredo de Sousa.

1. Inteligência Artificial. 2. Sistemas de tutoria Inteligente. 3. Ensino de programação. 4. Desempenho acadêmico. I.Título.

CDD - 004.21

Elaborado por Silvio de Carvalho Gomes Coutinho CRB 3/1362

MARIA LARISSA DE OLIVEIRA SILVA SOUSA

**O IMPACTO DA TUTORIA INDIVIDUALIZADA POR IA NO
ENGAJAMENTO E DESEMPENHO DE ESTUDANTES DE
PROGRAMAÇÃO INTRODUTÓRIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Monografia apresentada como exigência para aprovação na disciplina de TCC II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Aprovada em: 07/ 08/ 2026.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

DENIS COSTA PAIVA

Data: 18/08/2026 17:05:08-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Dênis Costa Paiva
(Orientador) Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Documento assinado digitalmente



ROGERIO FIGUEREDO DE SOUSA

Data: 18/08/2026 17:49:40-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rogério Figueiredo de Sousa
(Coorientador) Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Documento assinado digitalmente

ISRAEL CARDOSO ARAUJO

Data: 19/08/2026 13:39:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Israel Cardoso Araújo
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Documento assinado digitalmente

JORGE LUIS DA ROCHA LIMA

Data: 19/08/2026 08:57:44-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Jorge Luis da Rocha Lima
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos.....	24
Quadro 2 - Artigos incluídos na Revisão Sistemática da Literatura.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ChatGPT	Modelo de linguagem baseado em Inteligência Artificial Generativa desenvolvido pela OpenAI.
IA	Inteligência Artificial.
IAG	Inteligência Artificial Generativa.
ITS	<i>Intelligent Tutoring System</i> (Sistema de Tutoria Inteligente).
LLM	<i>Large Language Model</i> (Modelo de Linguagem de Grande Escala).
RSL	Revisão Sistemática da Literatura.
STI	Sistema de Tutoria Inteligente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Base de dados Google acadêmico.....	21
Figura 2- Base de dados Scielo.....	22
Figura 3- Base de dados Portal CAPES.....	22
Figura 4- Fluxograma 1- Processo de seleção dos artigos.....	25

RESUMO

A Inteligência Artificial (IA) tem se consolidado como uma das principais inovações tecnológicas aplicadas à educação, especialmente no ensino de programação. Nesse contexto, destacam-se os Sistemas de Tutoria Inteligente e as ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, que possibilitam experiências de aprendizagem mais personalizadas e adaptadas às necessidades dos estudantes. O presente estudo tem como objetivo analisar a contribuição da tutoria individualizada por Inteligência Artificial no ensino de programação introdutória, investigando de que forma o uso da IA favorece o engajamento dos estudantes, mostrando potencialidade para o desempenho acadêmico e para o desenvolvimento da lógica de programação. Além disso, busca apontar desafios relacionados à utilização dessas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem, considerando aspectos como a mediação docente, a confiabilidade das respostas geradas e o uso responsável da Inteligência Artificial no ambiente educacional.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Sistemas de Tutoria Inteligente; Inteligência Artificial Generativa; Ensino de Programação; Engajamento Discente; Desempenho Acadêmico.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) has emerged as one of the leading technological innovations applied to education, particularly in programming education. In this context, Intelligent Tutoring Systems and Generative Artificial Intelligence tools stand out for enabling more personalized learning experiences tailored to students' individual needs. This study aims to analyze the contribution of AI-based individualized tutoring to introductory programming education, investigating how the use of AI promotes student engagement while demonstrating its potential to enhance academic performance and the development of programming logic. Furthermore, the study seeks to identify challenges related to the use of these technologies in the teaching and learning process, considering aspects such as teacher mediation, the reliability of AI-generated responses, and the responsible use of Artificial Intelligence in educational environments.

Keywords: *Artificial Intelligence; Intelligent Tutoring Systems; Generative Artificial Intelligence; Programming Education; Student Engagement; Academic Performance.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO.....	12
2.1.1 Sistemas de Tutoria Inteligente (STI).....	12
2.1.1.1 <i>Tutoria inteligente e ensino de programação</i>	13
2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO.....	14
2.3 ENGAJAMENTO, DESEMPENHO E AUTONOMIA DO ESTUDANTE.....	14
2.4 PERSONALIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM MEDIADA POR IA.....	15
2.5 <i>FEEDBACK</i> IMEDIATO, APRENDIZAGEM ATIVA E DESAFIOS DO USO DA IA NA EDUCAÇÃO.....	16
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 MODALIDADE DE PESQUISA.....	20
3.2 BASES DE DADOS.....	20
3.3 <i>STRINGS</i> DE BUSCA.....	23
3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	23
3.5 FLUXO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	25
3.6 ARTIGOS INCLUÍDOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	28
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
4.1 ENGAJAMENTO DISCENTE MEDIADO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL....	30
4.2 IMPACTOS NO DESEMPENHO ACADÊMICO E APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO.....	32
4.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: POTENCIALIDADES E LIMITES	35
4.4 DESENVOLVIMENTO DA AUTONOMIA E DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL.....	37
4.5 DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O ensino da lógica de programação, disciplina introdutória que ensina os conceitos iniciais e essenciais para o desenvolvimento de *softwares*, constitui um dos principais desafios nos cursos da área de Computação, especialmente em função das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no desenvolvimento da lógica de programação, na compreensão de conceitos complexos e na manutenção do engajamento ao longo do processo de aprendizagem. Essas dificuldades frequentemente refletem-se em baixo desempenho acadêmico e elevada taxa de evasão nas disciplinas iniciais, evidenciando a necessidade de estratégias educacionais mais eficazes e personalizadas.

Com os avanços da Inteligência Artificial, especialmente por meio dos Sistemas de Tutoria Inteligente e das ferramentas de IA Generativa, surgem novas possibilidades de apoio ao ensino. Essas tecnologias oferecem *feedback* imediato, adaptação ao ritmo do aluno e acompanhamento contínuo, o que pode favorecer tanto o engajamento quanto o desempenho acadêmico.

A literatura recente reforça esse potencial. Conforme apontam Silva *et al.* (2024, p. 262), “Pesquisas apontam que abordagens baseadas em IA podem aumentar o envolvimento, a motivação e as habilidades de pensamento crítico dos alunos.” Essa perspectiva fortalece a importância de estratégias mais personalizadas e interativas no processo de aprendizagem.

No entanto, embora os avanços da Inteligência Artificial aplicada à educação tenham ampliado as possibilidades de personalização da aprendizagem, observa-se na literatura a necessidade de ampliar e sistematizar as evidências acerca dos impactos dessas ferramentas no desempenho acadêmico dos estudantes. Além disso, os estudos apresentam diferentes abordagens metodológicas e contextos de aplicação, o que dificulta a consolidação de conclusões mais abrangentes sobre seus efeitos no ensino de programação introdutória. Nesse cenário, torna-se relevante reunir e analisar criticamente as pesquisas disponíveis, buscando compreender de forma mais consistente as contribuições e limitações da tutoria individualizada mediada por Inteligência Artificial.

Diante desse contexto, torna-se essencial compreender com mais profundidade como o uso da IA pode realmente influenciar o engajamento e o desempenho dos estudantes nas disciplinas iniciais de programação. Parte-se da ideia de que o uso frequente desses recursos pode contribuir para melhores

resultados em lógica, mas é preciso olhar para as evidências com atenção. Assim, este trabalho busca reunir e analisar estudos já publicados, fortalecendo a discussão teórica e incentivando novas reflexões e pesquisas.

Assim, esse estudo tem como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão sistemática, o impacto da tutoria individualizada por Inteligência Artificial no engajamento e no desempenho de estudantes em disciplinas de programação introdutória, com ênfase no desenvolvimento da lógica de programação. Seus objetivos específicos são: identificar estudos científicos sobre o uso de Sistemas de Tutoria Inteligente e de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa no ensino de programação; compreender como a presença da IA pode tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e significativo, influenciando a forma como o aluno se envolve com a disciplina e analisar os impactos no desempenho acadêmico e no desenvolvimento da lógica.

O estudo se justificou pelo fato de que o ensino de programação para iniciantes nos cursos de Computação tem muitos desafios. Isso inclui dificuldades em aprender a lógica da programação, pouco interesse e muitas reprovações e desistências. É evidente a necessidade de novas estratégias de ensino que ajudem os estudantes a aprender de maneira mais eficaz, personalizada e de acordo com as suas necessidades individuais.

Nesse contexto, os avanços da Inteligência Artificial, especialmente por meio dos Sistemas de Tutoria Inteligente e das ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, são muito importantes. Eles ampliam as possibilidades de apoio ao ensino de programação de maneira significativa.

De acordo com Silva *et al.* (2024), a aplicação da Inteligência Artificial no ensino de programação tem demonstrado potencial para promover maior envolvimento dos estudantes, além de possibilitar experiências de aprendizagem mais personalizadas e adaptativas. Do ponto de vista acadêmico, a lógica de programação introdutória exige que o aluno desenvolva habilidades cognitivas como raciocínio lógico, abstração e resolução de problemas, competências que nem sempre são plenamente atendidas por modelos tradicionais de ensino. Nesse cenário, a tutoria individualizada por meio de sistemas baseados em Inteligência Artificial apresenta-se como uma alternativa promissora, ao oferecer acompanhamento contínuo, *feedback* imediato e adaptação ao ritmo e às necessidades do estudante. Investigar o impacto real desse tipo de tutoria no desempenho acadêmico, mensurado por meio de notas finais, contribui para

o aprofundamento teórico e empírico das pesquisas na área de Tecnologia Educacional e Inteligência Artificial aplicada à educação.

Do ponto de vista educacional, o trabalho também pode auxiliar instituições e professores na tomada de decisões sobre a adoção de tecnologias baseadas em IA. Ao compreender melhor seus impactos, torna-se possível aprimorar as práticas pedagógicas, minimizar dificuldades de aprendizagem e favorecer o sucesso acadêmico dos alunos. Além disso, o uso consciente dessas ferramentas pode colaborar para a formação de profissionais mais preparados para um mercado cada vez mais digital.

Dessa forma, a pesquisa se justifica tanto pelo seu valor científico quanto pela sua contribuição social, ao ampliar a discussão sobre o papel da Inteligência Artificial no ensino e na melhoria da qualidade da aprendizagem no ensino superior.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico apresenta os principais conceitos, abordagens e fundamentos que sustentam a pesquisa sobre o impacto da tutoria individualizada por Inteligência Artificial no engajamento e no desempenho de estudantes de programação introdutória. Para isso, são discutidos aspectos relacionados à Inteligência Artificial na educação, aos Sistemas de Tutoria Inteligente, à Inteligência Artificial Generativa aplicada ao ensino de programação e às questões envolvidas em envolvimento, desempenho e autonomia dos estudantes.

2.1 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) aplicada à educação não é um fenômeno recente, tendo suas origens associadas aos primeiros estudos da área ainda no século XX. Desde então, o desenvolvimento tecnológico possibilitou a criação de sistemas capazes de apoiar o processo de ensino e aprendizagem por meio da personalização de conteúdos, monitoramento do desempenho e adaptação às necessidades individuais dos estudantes.

Segundo Santos e Silva (2024), a aproximação entre a IA e a educação tem como principal objetivo a criação de ambientes de aprendizagem mais eficazes, capazes de considerar as características individuais dos alunos e de oferecer suporte contínuo ao processo educativo. Esses sistemas utilizam técnicas como aprendizado de máquina, mineração de dados e processamento de linguagem natural para compreender como ocorre a aprendizagem e, a partir disso, aprimorar as práticas pedagógicas.

Além disso, Santos e Silva (2024) apontam que o uso da IA na educação pode contribuir para o aumento do engajamento, da motivação e da autoeficácia dos estudantes, especialmente quando utilizada como ferramenta de apoio ao docente e não como substituta da mediação pedagógica humana.

2.1.1 Sistemas de Tutoria Inteligente (STI)

Os Sistemas de Tutoria Inteligente (STI) constituem uma das aplicações mais consolidadas da IA no contexto educacional. Esses sistemas são projetados para simular, em certa medida, o comportamento de um tutor humano, oferecendo orientação, *feedback* e acompanhamento individualizado ao estudante durante o processo de aprendizagem.

De acordo com Binh e Trung (2022), os STI são capazes de funcionar de forma autônoma, diagnosticando o nível de conhecimento do aluno e adaptando as atividades propostas conforme seu desempenho. Esses sistemas normalmente são compostos por módulos específicos, como o módulo especialista, o módulo tutor, o módulo aluno e a interface do usuário, que juntos possibilitam a personalização do ensino.

Os Sistemas de Tutoria Inteligente fornecem orientação e assistência contínuas para levar rapidamente os alunos à maestria, especialmente em contextos de ensino online, ajustando-se continuamente ao desempenho do estudante. (BINH; TRUNG, 2022, p. 6206, tradução nossa).

Essa capacidade de adaptação contínua torna os STI particularmente relevantes no ensino de programação, área que exige prática constante, *feedback* imediato e acompanhamento individualizado.

2.1.1.1 Tutoria inteligente e ensino de programação

No ensino de programação, os STI apresentam potencial significativo ao auxiliar os estudantes na compreensão da lógica de programação, na identificação de erros e na consolidação dos conceitos fundamentais. A literatura indica que esses sistemas podem acelerar o processo de aprendizagem quando comparados a métodos tradicionais, especialmente em ambientes virtuais.

Segundo Binh e Trung (2022), os STI aplicados à programação oferecem recursos como compiladores integrados, análise automática de código e sugestões de melhoria, permitindo que o estudante foque no desenvolvimento do raciocínio lógico sem depender exclusivamente de ambientes externos ou da intervenção constante do professor.

O sistema analisará cuidadosamente o código enviado pelo aluno com base na definição do problema, especificação e solução esperada, fornecendo *feedback* imediato e sugestões.” (Binh; Trung, 2022, p. 6201, tradução nossa).

Esses recursos contribuem para um aprendizado mais ativo e experimental, favorecendo o desenvolvimento das competências necessárias à programação introdutória.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO

A Inteligência Artificial Generativa representa uma evolução significativa das aplicações de IA na educação. Baseada em modelos de linguagem de grande escala (*Large Language Models* – LLMs), essa tecnologia é capaz de gerar textos, explicações, exemplos de código e *feedbacks* de forma semelhante à comunicação humana.

Silva *et al.* (2024) destacam que a IA Generativa tem sido amplamente investigada no ensino de programação, especialmente em disciplinas introdutórias, devido à sua capacidade de interpretar e gerar código-fonte por meio de linguagem natural. Entre as principais contribuições estão a oferta de *feedback* imediato, a explicação de conceitos complexos e a adaptação do conteúdo ao ritmo do estudante.

No entanto, os autores também ressaltam que, apesar dos benefícios, é fundamental compreender as limitações dessas ferramentas e utilizá-las de forma crítica, evitando a dependência excessiva e incentivando o desenvolvimento da autonomia e do pensamento computacional.

2.3 ENGAJAMENTO, DESEMPENHO E AUTONOMIA DO ESTUDANTE

O engajamento e o desempenho acadêmico são fatores centrais no sucesso do processo de aprendizagem em programação. Estudos indicam que o *feedback* imediato, a personalização do ensino e o acompanhamento contínuo proporcionados pelos sistemas de tutoria por IA podem contribuir para o aumento da motivação e da participação ativa dos estudantes.

Segundo Santos e Silva (2024), quando utilizada de maneira orientada, a IA pode favorecer a autonomia do aluno, estimulando-o a refletir sobre suas próprias soluções e a desenvolver o pensamento crítico. Dessa forma, o uso da IA não está

necessariamente associado à dependência, mas pode atuar como um recurso de apoio ao aprendizado significativo.

Nesse sentido, torna-se fundamental analisar como a literatura aborda o equilíbrio entre o uso da tutoria por IA, o desenvolvimento da lógica de programação e a formação de estudantes capazes de resolver problemas de forma independente.

2.4 PERSONALIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM MEDIADA POR IA

A personalização da aprendizagem constitui um dos fundamentos centrais da aplicação da Inteligência Artificial (IA) no campo educacional contemporâneo, sendo amplamente reconhecida como uma estratégia capaz de transformar os modelos tradicionais de ensino. Diferentemente das abordagens pedagógicas convencionais, frequentemente baseadas em práticas homogêneas e centradas no professor, a IA possibilita a adaptação dinâmica de conteúdos, metodologias e ritmos de aprendizagem às necessidades individuais dos estudantes.

Segundo Zawacki-Richter *et al.* (2019), a personalização mediada por IA está diretamente relacionada à capacidade dos sistemas computacionais de coletar, analisar e interpretar grandes volumes de dados educacionais, permitindo identificar padrões de comportamento, dificuldades recorrentes e níveis de proficiência dos alunos. Esse processo é viabilizado por técnicas como aprendizado de máquina (*machine learning*), análise de dados educacionais (*learning analytics*) e processamento de linguagem natural, que possibilitam a construção de perfis de aprendizagem altamente detalhados.

Nessa perspectiva, Holmes, Bialik e Fadel (2023) destacam que ambientes educacionais inteligentes podem oferecer trajetórias de aprendizagem personalizadas, ajustando automaticamente o nível de complexidade das atividades, a sequência dos conteúdos e o tipo de suporte fornecido ao estudante. Tal abordagem favorece não apenas a aprendizagem cognitiva, mas também aspectos motivacionais, uma vez que o estudante se sente mais acompanhado e compreendido em seu processo de aprendizagem.

No contexto específico do ensino de programação introdutória, a personalização assume um papel ainda mais relevante. Isso ocorre porque essa área apresenta grande heterogeneidade entre os estudantes, especialmente no que se refere ao conhecimento prévio em lógica, matemática e resolução de problemas.

Conforme apontam Keuning, Jeuring e Heeren (2018), estudantes iniciantes em programação frequentemente enfrentam dificuldades relacionadas à abstração e à compreensão de conceitos fundamentais, o que pode levar à desmotivação e, conseqüentemente, à evasão.

Nesse sentido, sistemas de tutoria baseados em IA são capazes de adaptar exercícios, oferecer dicas progressivas e fornecer *feedback* individualizado, contribuindo para um aprendizado mais eficaz. De acordo com D'Mello e Graesser (2012), a personalização permite intervenções pedagógicas mais precisas, atuando diretamente nas lacunas de conhecimento identificadas ao longo do processo de aprendizagem.

Além disso, estudos recentes indicam que a personalização da aprendizagem está associada à melhoria do desempenho acadêmico e ao aumento do engajamento dos estudantes. Chen *et al.* (2020) evidenciam que ambientes adaptativos baseados em IA promovem maior retenção de conteúdo e reduzem desigualdades educacionais, ao oferecer suporte diferenciado para estudantes com diferentes níveis de habilidade.

Outro aspecto relevante diz respeito à relação entre personalização e autonomia do estudante. Segundo Zimmerman (2002), a aprendizagem autorregulada depende da capacidade do aluno de monitorar seu próprio progresso e ajustar suas estratégias de estudo. Nesse contexto, a IA pode atuar como um facilitador desse processo, fornecendo *feedback* contínuo e orientações que incentivam a reflexão e o desenvolvimento do pensamento crítico.

Entretanto, apesar dos benefícios, a literatura também aponta limitações importantes. Kasneci *et al.* (2023) alertam que a personalização excessiva pode levar a uma experiência de aprendizagem restrita, na qual o estudante é exposto apenas a conteúdos alinhados ao seu nível atual, reduzindo oportunidades de desafio cognitivo. Além disso, há preocupações relacionadas à privacidade de dados e ao uso ético das informações coletadas pelos sistemas de IA.

Outro ponto crítico refere-se à necessidade de integração entre a tecnologia e a prática pedagógica. Luckin *et al.* (2016) destacam que a eficácia da personalização depende diretamente do papel do professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem. A IA, nesse sentido, deve ser compreendida como uma ferramenta de apoio, e não como substituta da ação docente.

Dessa forma, a personalização da aprendizagem mediada por IA se configura como uma abordagem promissora para o ensino de programação introdutória,

especialmente por sua capacidade de atender às necessidades individuais dos estudantes. No entanto, sua implementação deve ser orientada por princípios pedagógicos sólidos, garantindo que o uso da tecnologia contribua para o desenvolvimento integral do aluno, promovendo não apenas o desempenho acadêmico, mas também a autonomia e o pensamento crítico.

2.5 **FEEDBACK** IMEDIATO, APRENDIZAGEM ATIVA E DESAFIOS DO USO DA IA NA EDUCAÇÃO

O *feedback* imediato é amplamente reconhecido como um dos elementos mais influentes no processo de aprendizagem, especialmente em contextos que exigem prática contínua e resolução de problemas, como o ensino de programação. Hattie e Timperley (2007) destacam que o *feedback* está entre os fatores com maior impacto no desempenho acadêmico, sobretudo quando fornece informações claras sobre o desempenho atual do estudante, orientações para melhoria e caminhos para o avanço da aprendizagem.

No contexto da Inteligência Artificial (IA), o *feedback* automatizado tem se destacado por sua capacidade de oferecer respostas em tempo real, possibilitando uma interação contínua entre o estudante e o sistema. Shute (2008) afirma que o *feedback* formativo eficaz deve ser oportuno, específico, compreensível e orientado ao processo, características frequentemente presentes em sistemas de tutoria inteligente e em ferramentas baseadas em IA generativa.

A integração do *feedback* imediato com práticas de aprendizagem ativa potencializa ainda mais seus efeitos. Prince (2004) explica que a aprendizagem ativa envolve a participação direta do estudante na construção do conhecimento, por meio de atividades como resolução de problemas, experimentação e reflexão crítica.

No ensino de programação introdutória, essa dinâmica é particularmente relevante. Ihanntola *et al.* (2010) indicam que o *feedback* automatizado em ambientes de programação permite que os estudantes identifiquem e corrijam erros sintáticos e lógicos de forma imediata, reduzindo o tempo de espera por intervenções docentes e incentivando a prática deliberada. Keuning, Jeuring e Heeren (2018) também destacam que sistemas de *feedback* automático contribuem para o desenvolvimento de habilidades de depuração (*debugging*), fundamentais para a consolidação do pensamento computacional.

Além disso, estudos recentes indicam que ferramentas baseadas em IA generativa ampliam as possibilidades de *feedback* ao oferecer explicações em linguagem natural, sugestões de melhoria e exemplos contextualizados. Segundo Kasneci *et al.* (2023), essas tecnologias podem atuar como assistentes de aprendizagem, auxiliando na compreensão de conceitos complexos e promovendo maior engajamento dos estudantes. No entanto, os autores ressaltam que a qualidade do *feedback* deve ser cuidadosamente avaliada, uma vez que respostas incorretas ou imprecisas podem comprometer o processo de aprendizagem.

Apesar dos benefícios evidenciados, o uso da IA no contexto educacional apresenta desafios significativos que precisam ser considerados. Um dos principais refere-se ao risco de dependência excessiva por parte dos estudantes. Conforme apontam Finnie-Ansley *et al.* (2022), o uso indiscriminado de ferramentas de geração automática de código pode levar à superficialidade na aprendizagem, reduzindo o esforço cognitivo necessário para o desenvolvimento do raciocínio lógico.

Outro aspecto crítico diz respeito à confiabilidade das respostas geradas pelos sistemas de IA. Embora essas ferramentas apresentem alto nível de sofisticação, ainda estão sujeitas a erros, vieses e limitações interpretativas. Kasneci *et al.* (2023) enfatizam a importância do desenvolvimento de competências críticas por parte dos estudantes, para que sejam capazes de avaliar e validar as informações recebidas.

Adicionalmente, questões éticas e acadêmicas ganham destaque nesse cenário, especialmente no que se refere à integridade acadêmica e ao uso responsável da tecnologia. O acesso facilitado a soluções automatizadas pode favorecer práticas como o plágio ou a simples reprodução de respostas, sem a devida compreensão dos conceitos envolvidos.

Diante desse contexto, o papel do professor assume uma nova configuração. Luckin *et al.* (2016) afirmam que a IA não substitui o docente, mas redefine sua atuação, que passa a ser centrada na mediação pedagógica, na orientação do uso das tecnologias e no estímulo ao pensamento crítico e à autonomia dos estudantes.

Em síntese, a literatura evidencia que o *feedback* imediato mediado por IA, quando associado a práticas de aprendizagem ativa, possui grande potencial para melhorar o engajamento e o desempenho de estudantes de programação introdutória. Entretanto, seus benefícios dependem diretamente de um uso pedagógico consciente, que equilibre o suporte tecnológico com o desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas.

Dessa forma, torna-se fundamental compreender não apenas os impactos positivos da tutoria individualizada por IA, mas também suas limitações e implicações educacionais. Nesse sentido, a presente pesquisa busca analisar, de forma sistemática, as evidências disponíveis na literatura científica sobre o papel da IA no fornecimento de *feedback* e seus efeitos no processo de aprendizagem em programação, contribuindo para o avanço das discussões na área de educação e tecnologia.

3 METODOLOGIA

3.1 MODALIDADE DE PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), método que possibilitou identificar, selecionar, avaliar e sintetizar evidências científicas disponíveis sobre determinado tema de forma rigorosa, transparente e replicável. Segundo Kitchenham e Charters (2007), a revisão sistemática constitui um processo metodológico estruturado que busca minimizar vieses na identificação e interpretação dos estudos existentes, permitindo a construção de uma visão abrangente do estado da arte sobre um fenômeno investigado.

A pesquisa possui caráter exploratório e descritivo. Conforme Gil (2019), estudos exploratórios visam ampliar a compreensão de fenômenos ainda em consolidação teórica, enquanto pesquisas descritivas procuram registrar, analisar e interpretar características de determinada realidade. Nesse sentido, o estudo buscou compreender como a tutoria individualizada mediada por Inteligência Artificial tem impactado o engajamento e o desempenho acadêmico de estudantes em disciplinas introdutórias de programação.

Em relação à abordagem, a pesquisa foi qualitativa, uma vez que se fundamentou na análise interpretativa dos estudos selecionados, buscando compreender tendências, contribuições, desafios e lacunas identificadas na literatura científica. Segundo Creswell e Creswell (2021), a pesquisa qualitativa permite examinar fenômenos complexos a partir da interpretação dos significados atribuídos pelos pesquisadores aos resultados encontrados.

A escolha da Revisão Sistemática da Literatura justificou-se pela necessidade de reunir evidências científicas dispersas sobre a aplicação da Inteligência Artificial no ensino de programação, permitindo identificar consensos, divergências e oportunidades para futuras investigações.

3.2 BASES DE DADOS

A etapa de busca sistemática da literatura foi realizada em bases de dados científicas reconhecidas nacional e internacionalmente, selecionadas em função de sua relevância para as áreas de Educação, Computação, Inteligência Artificial e Tecnologias Educacionais.

As buscas foram conduzidas nas seguintes bases:

Google Acadêmico (*Google Scholar*): utilizado por apresentar ampla cobertura multidisciplinar, indexando artigos científicos, dissertações, teses, trabalhos de conferências e periódicos nacionais e internacionais. Segundo Martín-Martín *et al.* (2021), o *Google Scholar* constitui uma das maiores ferramentas de recuperação de literatura científica disponíveis atualmente. Conforme mostra a Figura 1.

Figura 1- Base de dados Google acadêmico



Fonte: <https://scholar.google.com/?hl=pt-BR>, 2026.

SciELO (*Scientific Electronic Library Online*): selecionada por reunir periódicos científicos de reconhecida qualidade na América Latina, especialmente no contexto brasileiro. A plataforma é amplamente utilizada em pesquisas educacionais e possibilita acesso aberto a produções científicas relevantes (Packer *et al.*, 2014), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2- Base de dados Scielo



Fonte: <https://www.scielo.br/>, (2026)

Portal de Periódicos CAPES: escolhido por disponibilizar acesso a importantes bases internacionais de pesquisa científica, permitindo a consulta a estudos revisados por pares e publicações de elevado impacto acadêmico. O portal representa uma das principais fontes de informação científica para pesquisadores brasileiros (CAPES, 2024), conforme mostra a Figura 3.

Figura 3- Base de dados Portal CAPES



Fonte: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>, (2026)

A utilização combinada dessas bases permitiu ampliar a cobertura da busca bibliográfica, reduzindo o risco de omissão de estudos relevantes e fortalecendo a confiabilidade dos resultados obtidos.

3.3 **STRINGS** DE BUSCA

As *strings* de busca correspondem a combinações estruturadas de palavras-chave e operadores booleanos utilizadas para recuperar estudos científicos relacionados ao tema investigado. Conforme Kitchenham e Charters (2007), a definição adequada das estratégias de busca constitui uma das etapas mais importantes de uma revisão sistemática, pois influencia diretamente a qualidade e a abrangência dos resultados encontrados.

Os operadores booleanos *AND* e *OR* foram empregados para ampliar ou restringir os resultados conforme os objetivos da pesquisa. O operador *OR* foi utilizado para reunir termos equivalentes ou sinônimos, enquanto o operador *AND* permitiu combinar diferentes conceitos relacionados ao objeto de estudo.

As principais *strings* utilizadas foram:

- ("*Artificial Intelligence*" OR "*Inteligência Artificial*") AND ("*Programming Education*" OR "*Ensino de Programação*");
- ("*Generative AI*" OR "*IA Generativa*" OR "*ChatGPT*") AND ("*Programming Learning*");
- ("*Intelligent Tutoring System*" OR "*Sistema de Tutoria Inteligente*") AND ("*Programming Education*");
- ("*Artificial Intelligence*") AND ("*Student Engagement*") AND ("*Programming*");
- ("*Generative AI*") AND ("*Academic Performance*") AND ("*Computer Programming*");
- ("*Intelligent Tutoring Systems*") AND ("*Learning Outcomes*") AND ("*Programming Education*");
- ("*Artificial Intelligence in Education*") AND ("*Programming Learning*") AND ("*Student Performance*").

A adoção dessas combinações possibilitou localizar estudos relacionados à utilização de Inteligência Artificial, Inteligência Artificial Generativa e Sistemas de Tutoria Inteligente aplicados ao ensino de programação, bem como seus impactos sobre o engajamento e o desempenho acadêmico dos estudantes.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Os critérios de inclusão e exclusão constituem mecanismos metodológicos utilizados para garantir que os estudos selecionados sejam compatíveis com os objetivos da pesquisa. Segundo Petticrew e Roberts (2006), esses critérios contribuem para aumentar a consistência, a confiabilidade e a transparência do processo de seleção dos estudos.

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- Artigos científicos publicados entre 2022 e 2026;

- Estudos publicados em periódicos científicos, anais de congressos ou revistas especializadas;
- Pesquisas que abordem Inteligência Artificial, Inteligência Artificial Generativa ou Sistemas de Tutoria Inteligente;
- Trabalhos relacionados ao ensino e à aprendizagem de programação;
- Estudos que apresentem evidências empíricas, análises qualitativas ou quantitativas;
- Publicações disponíveis integralmente em português ou inglês;
- Estudos que investiguem aspectos relacionados ao engajamento, desempenho acadêmico, motivação ou desenvolvimento da lógica de programação.

Como critérios de exclusão, foram estabelecidos:

- Trabalhos publicados antes de 2022;
- Estudos que não abordassem o contexto educacional;
- Pesquisas relacionadas à Inteligência Artificial sem vínculo com o ensino de programação;
- Resumos expandidos, editoriais, comentários, notícias ou materiais sem revisão científica;
- Estudos duplicados identificados em mais de uma base de dados;
- Trabalhos sem acesso ao texto completo;
- Publicações que não apresentassem relação direta com o objetivo da pesquisa.

A aplicação desses critérios ocorreu em etapas sucessivas, envolvendo análise dos títulos, leitura dos resumos e posterior leitura integral dos trabalhos considerados potencialmente relevantes. De forma a sistematizar e facilitar a visualização dos critérios adotados, apresenta-se, no Quadro 1, a síntese dos critérios de inclusão e exclusão definidos para a seleção dos estudos.

Quadro 1- Critérios de inclusão e exclusão dos artigos

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Artigos científicos publicados entre 2022 e 2026	Trabalhos publicados antes de 2022
Estudos publicados em periódicos científicos, anais de congressos ou revistas especializadas	Estudos que não abordassem o contexto educacional

Crêterios de inclusão	Crêterios de exclusão
Pesquisas que abordem Inteligência Artificial, Inteligência Artificial Generativa ou Sistemas de Tutoria Inteligente	Pesquisas relacionadas � Inteligência Artificial sem vínculo com o ensino de programac�o
Trabalhos relacionados ao ensino e � aprendizagem de programac�o	Resumos expandidos, editoriais, comentários, notícias ou materiais sem revisão científica
Estudos com evidências empíricas (qualitativas ou quantitativas)	Estudos duplicados identificados em mais de uma base de dados
Publicações disponíveis em português ou inglês	Trabalhos sem acesso ao texto completo
Estudos sobre engajamento, desempenho acadêmico, motiva�o ou lógica de programac�o	Publicações sem relação direta com o objetivo da pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

A utilização de cr terios de inclusão e exclusão permitiu delimitar com maior precisão o escopo da revisão sistemática, garantindo a seleção de estudos alinhados ao objetivo da pesquisa e reduzindo possíveis vieses na análise dos resultados.

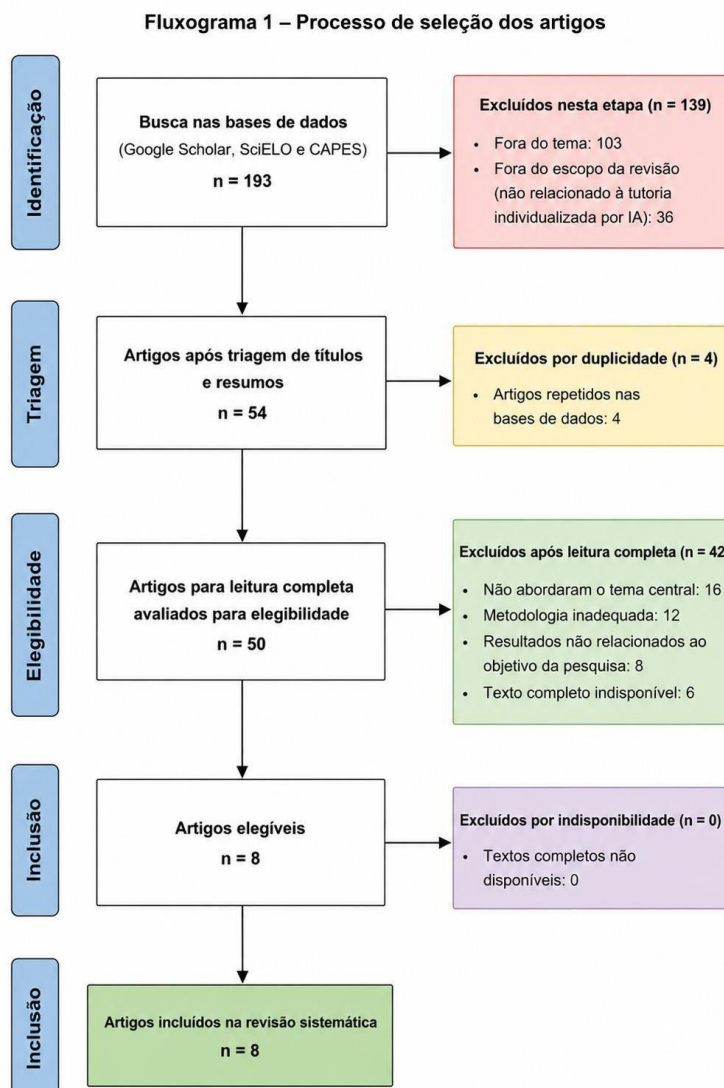
3.5 FLUXO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

O método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) consiste em um conjunto de diretrizes internacionalmente reconhecidas para orientar a condução e o relato de revisões sistemáticas, promovendo maior transparência, padronização, reprodutibilidade e rigor metodológico durante todas as etapas da pesquisa. O protocolo organiza o processo de revisão em fases sequenciais, que incluem a identificação dos estudos, a remoção de registros duplicados, a triagem dos títulos e resumos, a avaliação da elegibilidade por meio da leitura completa dos textos e a inclusão final dos estudos que atendem aos cr terios previamente estabelecidos.

Neste estudo, o processo de seleção dos artigos foi conduzido com base nas recomendações do PRISMA. Inicialmente, foram realizadas buscas nas bases de

dados selecionadas utilizando as *strings* de pesquisa previamente definidas. Em seguida, procedeu-se à remoção dos registros duplicados, à triagem dos estudos por meio da análise dos títulos e resumos, à avaliação da elegibilidade mediante a leitura integral dos textos e, por fim, à inclusão apenas dos estudos que apresentaram aderência direta ao ensino de programação, à Inteligência Artificial Generativa, aos Sistemas de Tutoria Inteligente ou à tutoria individualizada mediada por IA. Após a conferência dos registros e a exclusão de estudos gerais sobre IA na educação ou de revisões sem foco específico em programação, a seleção final resultou em 8 estudos incluídos nesta revisão sistemática, conforme apresentado no Quadro 2.

Durante a etapa de elegibilidade, foram retirados do conjunto principal os trabalhos cujo título, escopo ou referência bibliográfica não correspondiam diretamente ao recorte da pesquisa. Esse procedimento incluiu estudos de caráter amplo sobre Inteligência Artificial na educação e revisões sobre Sistemas de Tutoria Inteligente em contextos educacionais gerais, que passaram a ser utilizados apenas como apoio teórico quando pertinentes. Assim, o fluxograma PRISMA deve refletir a seguinte lógica de seleção: registros identificados nas bases de dados, remoção de duplicados, exclusão por título e resumo, exclusão após leitura integral por ausência de aderência direta ao ensino de programação e, ao final, 8 artigos incluídos na síntese qualitativa.



Fonte: Pesquisa realizada entre abril e maio de 2026

O processo de seleção dos estudos seguiu as recomendações metodológicas propostas por Kitchenham e Charters (2007) para revisões sistemáticas na área de Computação. Inicialmente, foram realizadas buscas nas bases de dados selecionadas utilizando as *strings* previamente definidas, com o objetivo de identificar estudos relacionados à Inteligência Artificial aplicada ao ensino de programação.

Na etapa de triagem, realizou-se a leitura dos títulos e resumos, eliminando trabalhos duplicados, estudos fora do recorte temporal, publicações sem relação direta com o ensino de programação e textos que abordavam a Inteligência Artificial apenas de forma geral. Em seguida, os estudos potencialmente relevantes foram submetidos à leitura integral para avaliação da aderência ao objetivo da pesquisa.

Após a leitura completa, foram excluídos os trabalhos que, embora relevantes para o referencial teórico, não apresentavam foco específico em programação

introdutória ou não correspondiam de forma precisa às referências bibliográficas utilizadas. Ao final desse processo, foram incluídos 8 artigos na síntese qualitativa, organizados em categorias temáticas relacionadas ao engajamento discente, desempenho acadêmico, personalização da aprendizagem, *feedback* automatizado, Sistemas de Tutoria Inteligente e Inteligência Artificial Generativa.

A análise dos dados foi realizada por meio de síntese qualitativa, buscando identificar convergências, divergências, benefícios, limitações e lacunas presentes nos 8 estudos selecionados. Dessa forma, tornou-se possível compreender de maneira sistematizada como a tutoria individualizada mediada por Inteligência Artificial influencia o processo de aprendizagem em disciplinas introdutórias de programação.

3.6 ARTIGOS INCLUÍDOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA

Os artigos elegíveis correspondem aos estudos que atenderam integralmente aos critérios de inclusão estabelecidos para esta Revisão Sistemática da Literatura, após passarem pelas etapas de identificação, triagem, avaliação da elegibilidade e seleção final, conforme o protocolo PRISMA. Esses estudos constituem a base teórica utilizada para a síntese e discussão dos resultados apresentados no Capítulo 4, por abordarem diretamente a utilização da Inteligência Artificial no ensino de programação introdutória, contemplando aspectos relacionados ao engajamento discente, desempenho acadêmico, desenvolvimento da autonomia, pensamento computacional e potencialidades da Inteligência Artificial Generativa.

O Quadro 2 apresenta a relação dos artigos incluídos na revisão sistemática, indicando seus respectivos autores, ano de publicação e as principais temáticas (tags) abordadas em cada estudo.

Quadro 2 – Artigos incluídos na Revisão Sistemática da Literatura

Nº	Título do artigo*	Autores	Ano	Tags
1	<i>Inteligência Artificial Generativa no ensino de programação: um mapeamento sistemático da literatura</i>	Bedin, Mariotti e Jaques	2025	IA Generativa; Ensino de Programação; RSL

Nº	Título do artigo*	Autores	Ano	Tags
2	<i>Inteligência Artificial Generativa no Ensino de Programação: um mapeamento sistemático da literatura</i>	Silva et al.	2024	IA Generativa; Engajamento; Ensino de Programação
3	<i>Computing education in the era of generative AI</i>	Denny et al.	2024	IA Generativa; Avaliação; Mediação Docente
4	<i>Literature review on the integration of generative AI in programming education</i>	Nathaniel, Oyelere, Suhonen e Tedre	2025	IA Generativa; Ética; Pensamento Lógico
5	<i>Generative artificial intelligence supported programming learning: learning effectiveness and core competence</i>	Li et al.	2025	IA Generativa; Aprendizagem; Desempenho
6	<i>How novice programmers use generative AI</i>	Rahe et al.	2025	ChatGPT; Autonomia; Aprendizagem
7	<i>Studying the effect of AI code generators on supporting novice learners in introductory programming</i>	Kazemitabaar et al.	2023	Geração de Código; Programação Introdutória; Desempenho
8	<i>An intelligent tutoring system for programming education based on informative tutoring feedback: system development, algorithm design, and empirical study</i>	Zhong e Zhan	2025	Tutoria Inteligente; Pensamento Computacional; Feedback

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise sistemática da literatura evidenciou que a utilização da tutoria individualizada por Inteligência Artificial no ensino de programação introdutória configura-se como um campo emergente, porém já consistente em termos de evidências empíricas. Os estudos selecionados demonstram que os impactos dessa tecnologia se concentram, sobretudo, nas dimensões do engajamento, desempenho acadêmico e desenvolvimento da autonomia, embora tais efeitos não ocorram de forma homogênea, estando condicionados a fatores pedagógicos, tecnológicos e contextuais.

4.1 ENGAJAMENTO DISCENTE MEDIADO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Ao empreender uma busca na literatura sobre engajamento discente mediado por Inteligência Artificial, percebe-se que esta é uma das dimensões mais sensíveis e que é impactada de forma direta pela utilização de ferramentas de IA no ensino de programação. Convém ressaltar que esse engajamento não se encontra restrito à participação superficial do aluno, mas envolve diversos aspectos, como os cognitivos, comportamentais e emocionais, que são significativamente influenciados pelas características interativas e adaptativas dos sistemas baseados em IA.

O mapeamento sistemático conduzido por Bedin, Mariotti e Jaques (2025) analisou 52 estudos e evidenciou que a IA generativa pode assumir múltiplos papéis no processo educativo, atuando como ferramenta de suporte, mediadora pedagógica e agente colaborativo na resolução de tarefas. Essa multifuncionalidade amplia as possibilidades de interação do estudante com o conteúdo, favorecendo o envolvimento mais ativo e contínuo com as atividades propostas. Esses dados estão alinhados ao estudo de Silva *et al.* (2024), que destaca o potencial da IA para promover maior motivação e participação discente à medida que oferece respostas rápidas e adaptadas ao nível do aluno.

Sob essa perspectiva, o engajamento é potencializado, sobretudo, pela oferta de *feedback* imediato e personalizado. No ensino de programação, esse fator é particularmente importante, pois dificuldades na resolução de erros costumam gerar frustrações e abandono da tarefa. Groothuisen *et al.* (2024), quando considerados

como apoio teórico complementar, indicam que ferramentas como o *ChatGPT* podem auxiliar estudantes na depuração de código, na explicação de conceitos e na geração de alternativas de solução.

As evidências sobre Sistemas de Tutoria Inteligente também indicam contribuição para o engajamento por meio de aprendizagens mais personalizadas. Entretanto, a revisão de Létourneau *et al.* (2025), embora relevante para compreender o campo dos STI, trata da educação básica K-12 de modo amplo e não especificamente do ensino de programação; por isso, foi retirada do Quadro 2 e utilizada apenas como referência contextual, quando necessário.

Contudo, mostra-se necessário comentar que os resultados também revelam que o engajamento mediado por IA não é um fenômeno automático e nem garantido pela simples inserção da tecnologia. Nathaniel, Oyelere, Suhonen e Tedre (2025) destacam que o uso não orientado de ferramentas de IA generativa pode levar a uma participação superficial, caracterizada pela busca de respostas prontas, sem envolvimento cognitivo aprofundado. Tem-se, portanto, um cenário em que o estudante pode aparentar estar engajado, por interagir com a ferramenta, mas sem necessariamente desenvolver habilidades de pensamento crítico ou de resolução de problemas.

Outro aspecto importante é a mediação docente. Ambientes em que a IA é integrada a estratégias pedagógicas bem estruturadas tendem a favorecer um engajamento mais significativo. Denny *et al.* (2024) argumentam que o docente tem função central na orientação do uso da tecnologia, sendo responsável por estabelecer limites, propor atividades desafiadoras e incentivar a reflexão acerca das respostas geradas pela IA.

Diante do exposto, compreende-se que o engajamento através da IA precisa ser compreendido como um fenômeno multidimensional e relacional, que é resultado da interação entre três elementos fundamentais, que são a tecnologia, o estudante e a prática pedagógica. Entendendo que a tecnologia, com suas capacidades adaptativas e interativas, o aluno, com as suas características cognitivas e motivacionais, e a prática pedagógica é responsável por orientar o uso da ferramenta, essa compreensão amplia a análise para mais do que o determinismo tecnológico e torna evidente que o impacto da IA depende principalmente de como ela é incorporada ao processo educativo.

A conclusão que se pode obter nesse ponto é que a Inteligência Artificial tem um potencial elevado para promover engajamento discente no ensino de programação introdutória, desde que utilizada de forma planejada, crítica e pedagogicamente orientada. Se for bem integrada, a IA, além de aumentar a participação dos alunos, também transforma de maneira qualitativa sua relação com a aprendizagem, fazendo com que esta seja mais ativa, significativa e contínua.

4.2 IMPACTOS NO DESEMPENHO ACADÊMICO E APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO

Em relação ao desempenho acadêmico, os estudos científicos atuais apresentam evidências importantes de que a tutoria individualizada por IA é capaz de favorecer a aprendizagem em programação, principalmente se ela for associada a um *feedback* imediato, à adaptação ao nível em que o estudante se encontra e à prática contínua. Contudo, os resultados não devem ser interpretados de uma forma simplista, porque os efeitos da IA sobre o desempenho dependem de forma direta da qualidade da implementação pedagógica, do tipo de ferramenta utilizada e dos cenários de avaliação, assim como do perfil do estudante.

Zhong e Zhan (2025) desenvolveram e avaliaram um sistema de tutoria inteligente direcionado à aprendizagem de programação e puderam observar que esse sistema foi eficaz na promoção do pensamento computacional dos estudantes, principalmente daqueles que tinham menor nível de conhecimento inicial. Assim, destacaram que o sistema oferecia um *feedback* informativo em tempo real quando o aluno estava resolvendo problemas de programação, o que possibilitava que ele identificasse lacunas entre a solução que desenvolveu e a solução que se esperava. Também foi possível verificar uma melhora na motivação e redução da carga cognitiva, fatores que têm interferência positiva no desempenho acadêmico.

É importante frisar a relevância desses resultados, pois demonstram que o desempenho em programação não depende somente da exposição ao conteúdo, mas também da possibilidade de o aluno receber uma orientação quando encontra dificuldades. Em disciplinas introdutórias, erros de sintaxe, lógica e estrutura algorítmica tendem a gerar frustração e abandono da atividade. Assim, a tutoria por IA pode funcionar como uma mediação contínua, ajudando o aluno a testar hipóteses,

corrigir falhas e compreender de forma progressiva a lógica que se encontra envolvida na construção de um código.

Uma pesquisa relevante foi realizada por Li *et al.* (2025), e reforça o argumento anterior, à medida que desenvolveram uma abordagem de aprendizagem de programação apoiada em IA generativa em uma escola profissionalizante na China, comparando 46 alunos no grupo experimental com 46 no grupo de controle. O estudo procurou verificar os efeitos da aprendizagem assistida por IA generativa sobre resultados de aprendizagem, motivação, autoeficácia e competências centrais. Assim, puderam destacar que a IA generativa torna possível experiências mais personalizadas e adaptativas, favorecendo a aquisição de conhecimento em tempo real e o desenvolvimento de competências importantes para a aprendizagem de programação.

O estudo contribuiu para que a discussão se deslocasse da análise do desempenho de uma perspectiva somente quantitativa, baseada em notas, para uma compreensão mais profunda do fenômeno da aprendizagem. É importante destacar que, no âmbito da programação, melhorar o desempenho significa não só obter melhor resultado em avaliações, mas também desenvolver raciocínio lógico, capacidade de depuração, compreensão de algoritmos e autonomia para resolver problemas. Desse modo, a IA pode favorecer o desempenho se for utilizada como um apoio à construção do raciocínio, e não somente como uma ferramenta para gerar respostas automáticas.

Ainda diante de evidências favoráveis, a literatura também aponta que os resultados não são homogêneos. A revisão de Létourneau *et al.* (2025), utilizada neste trabalho como apoio teórico contextual, analisou estudos sobre Sistemas de Tutoria Inteligente na educação básica K-12 e identificou efeitos geralmente positivos sobre aprendizagem e desempenho. No entanto, por não se concentrar especificamente no ensino de programação, esse estudo não foi mantido entre os artigos incluídos na síntese principal da RSL.

A literatura sobre STI reforça que os efeitos sobre aprendizagem e desempenho tendem a ser positivos quando há *feedback* guiado, prática orientada e adaptação ao progresso do estudante. No entanto, como a revisão de Létourneau *et al.* (2025) tem foco amplo na educação K-12 e não especificamente na programação, ela foi retirada da relação de artigos incluídos na RSL e passou a ser considerada apenas como apoio contextual sobre Sistemas de Tutoria Inteligente.

No campo específico da IA generativa, Nathaniel, Oyelere, Suhonen e Tedre (2025), ao revisarem a integração dessa tecnologia no ensino de programação, indicam que ferramentas como *ChatGPT* e *GitHub Copilot* trazem oportunidades importantes para apoiar a aprendizagem, mas também geram riscos para a preservação das habilidades fundamentais de programação. Assim, observam que a integração bem-sucedida dessas ferramentas depende de estratégias pedagógicas intencionais, planejamento das atividades e processos de uso estruturados.

Essa discussão é muito importante para as disciplinas introdutórias, pois é nesse momento que o estudante constrói a base da lógica de programação. Caso utilize a IA apenas para receber códigos prontos, pode apresentar bom resultado imediato em tarefas, mas sem desenvolver uma compreensão profunda. Por outro lado, se a ferramenta é utilizada para explicar erros, comparar soluções, sugerir caminhos e estimular a reflexão, ela pode contribuir significativamente para o desempenho acadêmico e para a aprendizagem duradoura.

Rahe *et al.* (2025) realizaram um estudo para investigar como os estudantes iniciantes utilizam IA generativa em exercícios de programação e conseguiram observar um comportamento preocupante: muitos alunos seguiram sugestões do *chatbot* mesmo quando essas respostas não eram adequadas ou estavam incorretas. Em 62% dos casos analisados com geração de código, a submissão modificada ficou mais parecida com o código gerado pela IA do que com a tentativa anterior do próprio estudante. Esse achado mostra que o uso de IA é capaz de reduzir o esforço autoral e deslocar o foco da aprendizagem para a simples adaptação de respostas produzidas pela ferramenta.

Portanto, os impactos no desempenho acadêmico precisam ser vistos de forma cautelosa, realizando uma análise mais aprofundada. A Inteligência Artificial é capaz de melhorar notas, aumentar a produtividade e auxiliar na resolução de tarefas quando oferece um suporte imediato e personalizado; contudo, ela também é capaz de mascarar dificuldades de aprendizagem quando o aluno apenas reproduz soluções geradas de forma automática. Desse modo, um bom desempenho aparente nem sempre significa que a aprendizagem de fato ocorreu. Para que a tutoria individualizada por IA favoreça a formação em programação, é preciso que as avaliações exijam explicação do raciocínio, análise do código, correção de erros e justificativa das escolhas realizadas.

Contudo, os estudos analisados tornam possível afirmar que a tutoria individualizada por Inteligência Artificial tem um potencial significativo para melhorar o desempenho em programação introdutória, sobretudo entre os estudantes que apresentam maiores dificuldades iniciais. Entretanto, esse potencial só será concretizado se a IA for integrada a uma proposta pedagógica estruturada, com acompanhamento docente, atividades reflexivas e critérios avaliativos que valorizem a compreensão da lógica de programação. Desse modo, a IA precisa ser compreendida como um recurso de apoio à aprendizagem, e não como substituta do esforço cognitivo necessário ao desenvolvimento das competências fundamentais da programação.

4.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: POTENCIALIDADES E LIMITES

A Inteligência Artificial Generativa (IAG) vem assumindo um papel cada vez mais importante no ensino de programação, o que se deve à sua capacidade de interpretar comandos em linguagem natural, gerar códigos, explicar erros, sugerir melhorias e oferecer exemplos personalizados. No contexto da programação introdutória, essas funcionalidades são muito importantes, porque muitos estudantes têm dificuldades iniciais na compreensão da lógica de algoritmo, na sintaxe das linguagens e na resolução autônoma de problemas. Desse modo, a IAG se torna investigada não só como uma ferramenta de consulta, mas como um recurso que apoia o processo de aprendizagem.

Nesse contexto, Denny *et al.* (2024) destacam que os modelos generativos criam oportunidades para a educação em computação, principalmente porque possibilitam explicações individualizadas, geram exemplos e apoiam a depuração de código. Contudo, também alertam para o fato de que essas mesmas ferramentas desafiam práticas tradicionais de ensino e avaliação, porque são capazes de produzir soluções completas para exercícios introdutórios, o que requer novas formas de acompanhar a aprendizagem real do estudante.

Essa potencialidade também aparece no estudo de Li *et al.* (2025), que analisaram uma abordagem de aprendizagem de programação apoiada por IAG em uma escola profissionalizante na China. Ao comparar 46 estudantes no grupo experimental e 46 no grupo de controle, os autores identificaram que o grupo com apoio da IAG apresentou melhores resultados tanto na aprendizagem quanto na motivação, autoeficácia e competências centrais. Esse resultado indica que a IAG tem

potencial para contribuir com a aprendizagem se for integrada a uma proposta pedagógica estruturada e não utilizada somente como uma ferramenta livre de geração de respostas.

No mesmo sentido, Kazemitabaar *et al.* (2023) realizaram um experimento controlado com 69 aprendizes iniciantes entre 10 e 17 anos, em que utilizaram geradores de código com base em IA em tarefas de programação em Python. Os resultados indicaram um aumento na taxa de conclusão das atividades e melhor desempenho nas tarefas de autoria de código entre os estudantes que tiveram acesso à ferramenta. Contudo, foi possível observar também que os efeitos sobre retenção e aprendizagem posterior não foram igualmente fortes, reforçando a necessidade de cautela ao interpretar ganhos imediatos como uma aprendizagem consolidada.

A literatura também vem apontando limites importantes. Nathaniel, Oyelere, Suhonen e Tedre (2025), ao analisarem a integração da IAG no ensino de programação, destacam que seu uso exige planejamento estratégico, formação docente e práticas inclusivas. Assim, propõem que a IAG seja integrada por meio de estruturas pedagógicas capazes de preservar o desenvolvimento do pensamento lógico, da autorregulação e das habilidades de programação, evitando a simples dependência de respostas automáticas.

O risco de dependência é um dos pontos mais sensíveis do debate. Se o estudante utiliza IAG somente para obter códigos prontos, pode acontecer uma aprendizagem superficial; nela, há a entrega da tarefa, mas pouca compreensão do raciocínio envolvido. A situação é particularmente preocupante em disciplinas introdutórias, pois neste momento se formam as bases do pensamento computacional. Desse modo, o uso da IAG pode favorecer a aprendizagem quando orienta o aluno a compreender erros, comparar alternativas e justificar soluções. No entanto, ela pode prejudicar se for usada para substituir o esforço cognitivo que se faz necessário à construção da lógica de programação.

Outro limite importante se refere à confiabilidade das respostas produzidas pelas ferramentas generativas. Embora modelos como *ChatGPT* consigam gerar explicações convincentes e códigos funcionais em muitos casos, eles também podem apresentar soluções incompletas, inadequadas ou até mesmo incorretas ao problema proposto. Por esse motivo, Denny *et al.* (2024) defendem que a educação em computação precisa preparar os estudantes para avaliar criticamente as respostas de

IA, verificando o código, testando saídas e compreendendo os fundamentos das soluções geradas.

É importante considerar também que a IAG altera o próprio sentido da avaliação em programação. Se uma ferramenta conseguir produzir respostas completas, avaliações baseadas apenas na entrega do código tornam-se insuficientes para que a aprendizagem possa ser verificada. Nesse cenário, é preciso valorizar atividades que exigem uma explicação do raciocínio, análise de erros e comparação entre soluções, assim como a justificativa das escolhas e a resolução de problemas em etapas. Assim, a avaliação observa, além do produto final, o processo de construção da solução.

Portanto, os estudos científicos analisados indicam que a inteligência artificial generativa tem um potencial pedagógico elevado no ensino de programação introdutória, sobretudo porque amplia o acesso ao *feedback*, apoia a depuração de código, oferece explicações personalizadas e favorece a prática contínua. Contudo, esse potencial não é automático. A eficácia da IAG depende muito da mediação docente, do planejamento didático, dos critérios avaliativos adequados e da formação crítica dos estudantes para verificar, questionar e compreender as respostas que a tecnologia produz. Desse modo, a IAG precisa ser compreendida como apoio ao processo formativo e não como a substituta da aprendizagem, da autonomia intelectual e do desenvolvimento do pensamento computacional.

4.4 DESENVOLVIMENTO DA AUTONOMIA E DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Uma das contribuições mais recorrentes identificadas na literatura refere-se ao desenvolvimento da autonomia dos estudantes durante o processo de aprendizagem mediado por Inteligência Artificial. Em disciplinas introdutórias de programação, a autonomia constitui um elemento fundamental, uma vez que a resolução de problemas computacionais exige capacidade de análise, tomada de decisão, elaboração de estratégias e constante processo de depuração de erros.

Os estudos analisados indicam que sistemas de tutoria inteligente e ferramentas de Inteligência Artificial Generativa podem favorecer a autonomia ao oferecer suporte imediato quando o estudante encontra dificuldades. Diferentemente dos modelos tradicionais de ensino, nos quais o aluno frequentemente depende exclusivamente da disponibilidade do professor para esclarecer dúvidas, os sistemas

baseados em IA proporcionam assistência contínua e personalizada, permitindo que o estudante avance em seu próprio ritmo.

Segundo Zhong e Zhan (2025), a oferta de *feedback* informativo em tempo real contribui significativamente para o desenvolvimento do pensamento computacional, uma vez que auxilia os estudantes a identificar inconsistências em suas soluções e compreender os princípios lógicos envolvidos na programação. Esse processo favorece não apenas a correção de erros, mas também a construção gradual da capacidade de resolver problemas de maneira independente.

Além disso, Li *et al.* (2025) observaram que ambientes de aprendizagem apoiados por Inteligência Artificial Generativa promovem ganhos em autoeficácia, fator diretamente relacionado à autonomia acadêmica. Quando os estudantes percebem que conseguem compreender conceitos, corrigir erros e avançar em suas tarefas, tendem a desenvolver maior confiança em suas próprias capacidades, ampliando sua participação ativa no processo de aprendizagem.

Entretanto, a literatura também demonstra que a autonomia promovida pela IA pode apresentar características ambíguas. Nathaniel, Oyelere, Suhonen e Tedre (2025) alertam que a utilização excessiva de ferramentas generativas pode levar à substituição do raciocínio próprio por respostas produzidas automaticamente, comprometendo o desenvolvimento das competências cognitivas necessárias à programação. Nesse cenário, o estudante deixa de construir soluções originais e passa a atuar como mero adaptador das respostas fornecidas pela tecnologia.

Dessa forma, os resultados indicam que a Inteligência Artificial possui potencial para fortalecer a autonomia e o pensamento computacional dos estudantes, desde que sua utilização esteja associada a estratégias pedagógicas que incentivem a reflexão, a experimentação e a construção ativa do conhecimento. A autonomia promovida pela IA deve ser entendida não como independência em relação ao processo de aprendizagem, mas como capacidade de aprender de forma mais crítica, consciente e autorregulada.

4.5 DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO

Embora os estudos analisados apresentem evidências favoráveis à utilização da Inteligência Artificial no ensino de programação, a literatura também evidencia desafios importantes relacionados à sua implementação em contextos educacionais

reais. Esses desafios envolvem aspectos tecnológicos, pedagógicos, éticos e institucionais que podem influenciar diretamente os resultados obtidos pelos estudantes.

Entre os principais desafios identificados está a necessidade de formação docente. Conforme argumentam Denny *et al.* (2024) e Nathaniel, Oyelere, Suhonen e Tedre (2025), a integração efetiva da Inteligência Artificial exige que professores desenvolvam competências específicas para selecionar ferramentas adequadas, interpretar seus resultados e orientar criticamente os estudantes durante sua utilização. A simples disponibilização da tecnologia não garante melhorias no processo de ensino e aprendizagem.

Outro desafio refere-se à confiabilidade das respostas produzidas pelos sistemas de IA. Embora ferramentas como *ChatGPT* e *GitHub Copilot* apresentem elevado potencial de apoio à aprendizagem, diferentes estudos relatam a ocorrência de respostas incompletas, inconsistentes ou incorretas. Em programação, tais limitações podem levar os estudantes a desenvolver conceitos equivocados ou reproduzir soluções inadequadas sem a devida compreensão dos fundamentos envolvidos.

Questões éticas também aparecem de forma recorrente na literatura. A facilidade de obtenção de códigos prontos pode favorecer práticas de dependência tecnológica, dificultando a avaliação autêntica das competências desenvolvidas pelos estudantes. Dessa forma, torna-se necessário repensar modelos tradicionais de avaliação, incorporando estratégias que valorizem a explicação do raciocínio, a resolução de problemas e a construção gradual das soluções.

Apesar dessas limitações, as perspectivas para utilização da Inteligência Artificial no ensino de programação permanecem promissoras. Os avanços recentes em Inteligência Artificial Generativa indicam possibilidades cada vez maiores de personalização da aprendizagem, adaptação de conteúdos, acompanhamento individualizado e oferta de *feedback* em tempo real. Tais características podem contribuir significativamente para reduzir dificuldades frequentemente encontradas em disciplinas introdutórias de programação.

Assim, os estudos analisados permitem concluir que o futuro da Inteligência Artificial na educação dependerá menos da sofisticação tecnológica das ferramentas e mais da forma como elas serão incorporadas às práticas pedagógicas. O potencial transformador da IA somente será plenamente alcançado quando estiver associado à

mediação docente qualificada, ao planejamento didático estruturado e ao desenvolvimento de uma postura crítica por parte dos estudantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo a análise dos estudos selecionados, foi possível compreender como diferentes aplicações da Inteligência Artificial, especialmente os Sistemas de Tutoria Inteligente e as ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, vêm sendo incorporadas ao contexto educacional e quais contribuições têm proporcionado ao processo de ensino e aprendizagem.

Os resultados evidenciaram que a Inteligência Artificial apresenta potencial significativo para favorecer o engajamento dos estudantes, principalmente por meio da oferta de *feedback* imediato, da personalização do ensino e do suporte contínuo durante a resolução de problemas. Os estudos analisados indicaram que a utilização dessas ferramentas pode aumentar a motivação, estimular a participação ativa dos alunos e reduzir dificuldades frequentemente encontradas nas etapas iniciais da aprendizagem de programação.

Em relação ao desempenho acadêmico, verificou-se que a tutoria individualizada mediada por Inteligência Artificial pode contribuir para a melhoria da aprendizagem, do pensamento computacional e da capacidade de resolução de problemas. Os sistemas analisados demonstraram potencial para auxiliar os estudantes na identificação e correção de erros, no desenvolvimento do raciocínio lógico e na compreensão dos conceitos fundamentais da programação. Contudo, a literatura também mostrou que os resultados positivos dependem diretamente da forma como a tecnologia é integrada às estratégias pedagógicas, aos processos de avaliação e à mediação docente.

A análise permitiu constatar ainda que a Inteligência Artificial Generativa representa uma das principais tendências atuais no ensino de programação. Ferramentas como *ChatGPT* e *GitHub Copilot* ampliam as possibilidades de acesso ao conhecimento, fornecem explicações personalizadas e auxiliam na construção de soluções computacionais. Entretanto, os estudos alertam para riscos relacionados à dependência excessiva da tecnologia, à redução do esforço cognitivo dos estudantes e à possibilidade de utilização inadequada das respostas geradas automaticamente.

De modo geral, conclui-se que a tutoria individualizada por Inteligência Artificial possui potencial para contribuir de maneira relevante para o ensino de programação introdutória, especialmente no que se refere ao engajamento discente, ao desempenho acadêmico, ao desenvolvimento da autonomia e ao fortalecimento do

pensamento computacional. Todavia, seus benefícios não são automáticos e dependem da adoção de práticas pedagógicas adequadas, da formação docente e da utilização crítica e responsável das tecnologias disponíveis.

Embora os resultados obtidos tenham possibilitado uma compreensão ampla do fenômeno investigado, esta pesquisa apresenta algumas limitações. Destacam-se a utilização exclusiva de fontes bibliográficas, o recorte temporal adotado para seleção dos estudos e a delimitação das bases de dados consultadas, fatores que podem ter restringido o universo de pesquisas analisadas. Além disso, considerando o rápido avanço das tecnologias de Inteligência Artificial, novas evidências e aplicações podem surgir em curto espaço de tempo, ampliando ou reformulando parte das discussões apresentadas neste trabalho.

Nesse sentido, recomenda-se que futuras pesquisas realizem estudos empíricos em ambientes educacionais reais, bem como investigações comparativas entre diferentes ferramentas de Inteligência Artificial aplicadas ao ensino de programação. Sugere-se ainda o desenvolvimento de pesquisas longitudinais que permitam avaliar os efeitos dessas tecnologias em longo prazo sobre a aprendizagem, o pensamento computacional, a autonomia dos estudantes e a formação de competências profissionais na área da Computação. Dessa forma, espera-se que este estudo contribua para o avanço das discussões sobre Inteligência Artificial na educação e para a construção de práticas pedagógicas mais eficazes, inovadoras e alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de programação.

REFERÊNCIAS

BEDIN, Rodrigo; MARIOTTI, Tiago; JAQUES, Patrícia Augustin. **Inteligência Artificial Generativa no ensino de programação: um mapeamento sistemático da literatura**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2025. Anais [...]. Porto Alegre: SBC, 2025. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/download/38440/38214/>. Acesso em: 1 maio 2026.

BINH, N. T.; TRUNG, V. H. Designing an intelligent tutoring system for computer programming in the Pacific. **Pacific Journal of Technology Enhanced Learning**, v. 4, n. 1, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8727464/>. Acesso em: 1 maio 2026.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches**. 6. ed. Thousand Oaks: Sage, 2021.

CAPES. **Portal de Periódicos da CAPES**. Brasília, DF: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2024. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 1 maio 2026.

CHEN, Xieling; XIE, Haoran; HWANG, Gwo-Jen. A multi-perspective study on artificial intelligence in education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 1, art. 100005, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100005>.

D'MELLO, Sidney; GRAESSER, Art. AutoTutor and affective AutoTutor: learning by talking with cognitively and emotionally intelligent computers that talk back. **ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems**, v. 2, n. 4, art. 23, p. 1–39, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1145/2395123.2395128>.

DENNY, P.; PRATHER, J.; BECKER, B. A. Computing education in the era of generative AI. **Communications of the ACM**, v. 67, n. 2, p. 56–67, 2024.

FINNIE-ANSLEY, James; DENNY, Paul; BECKER, Brett A.; LUXTON-REILLY, Andrew; PRATHER, James. The robots are coming: exploring the implications of OpenAI Codex on introductory programming. In: **AUSTRALASIAN COMPUTING EDUCATION CONFERENCE**, 24., 2022. Proceedings [...]. New York: ACM, 2022. p. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.1145/3511861.3511863>.

DWIVEDI, Y. K. et al. Evolution of artificial intelligence research. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 192, p. 122579, 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GROOTHUIJSEN, Suzanne; VAN DEN BEEMT, Antoine A. J.; REMMERS, Joris C.; VAN MEEUWEN, Ludo W. AI chatbots in programming education: students' use in a scientific computing course and consequences for learning. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 7, art. 100290, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100290>.

HATTIE, John; TIMPERLEY, Helen. The power of feedback. **Review of Educational Research**, v. 77, n. 1, p. 81–112, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3102/003465430298487>.

HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. Artificial intelligence in education. In: STÜCKELBERGER, Christoph; DUGGAL, Pavan (org.). **Data Ethics: Building Trust: How Digital Technologies Can Serve Humanity**. Geneva: Globethics Publications, 2023. p. 621–653.

IHANTOLA, Petri; AHONIEMI, Tuukka; KARAVIRTA, Ville; SEPPÄLÄ, Otto. Review of recent systems for automatic assessment of programming assignments. In: **KOLI CALLING INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING EDUCATION RESEARCH**, 10., 2010. Proceedings [...]. New York: ACM, 2010. p. 86–93. DOI: <https://doi.org/10.1145/1930464.1930480>.

KAZEMITABAAR, Majeed; CHOW, Justin; MA, Carl Ka To; ERICSON, Barbara J.; WEINTROP, David; GROSSMAN, Tovi. Studying the effect of AI code generators on supporting novice learners in introductory programming. **arXiv Preprint**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.07427>. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2302.07427>. Acesso em: 1 maio 2026.

KASNECI, Enkelejda *et al.* ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. **Learning and Individual Differences**, v. 103, art. 102274, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.

KEUNING, Hieke; JEURING, Johan; HEEREN, Bastiaan. A systematic literature review of automated feedback generation for programming exercises. **ACM Transactions on Computing Education**, v. 19, n. 1, art. 3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1145/3231711>.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Keele: Keele University, 2007.

LUCKIN, Rose; HOLMES, Wayne; GRIFFITHS, Mark; FORCIER, Laurie B. **Intelligence unleashed: an argument for AI in education**. London: Pearson, 2016.

LÉTOURNEAU, Angélique; DESLANDES MARTINEAU, Marion; CHARLAND, Patrick; KARRAN, John Alexander; BOASEN, Jared; LÉGER, Pierre-Majorique. A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education. **npj Science of Learning**, v. 10, art. 29, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41539-025-00320-7>. Acesso em: 13 abr. 2026.

LI, Hao-Jun; HUANG, Qin-Ru; WEN, Chih-Hao; CHEN, Yen-Ting; XU, Zhuo-Zhuo. Generative artificial intelligence supported programming learning: learning effectiveness and core competence. **SAGE Open**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440251377986>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21582440251377986>. Acesso em: 21 abr. 2026.

LIM, W. M.; GUNASEKARA, A.; PALLANT, J. L. Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? **The International Journal of Management Education**, v. 21, n. 2, p. 100790, 2023.

MARTÍN-MARTÍN, Alberto et al. Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. **Scientometrics**, v. 126, n. 1, p. 871–906, 2021.

NATHANIEL, Jemimah; OYELERE, Solomon Sunday; SUHONEN, Jarkko; TEDRE, Matti. Literature review on the integration of generative AI in programming education. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 35, p. 2724–2755, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-025-00524-3>. Acesso em: 30 abr. 2026.

PACKER, Abel L. et al. **SciELO: 15 anos de acesso aberto**. Paris: UNESCO, 2014.

PETTICREW, Mark; ROBERTS, Helen. **Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. Disponível em: bmj.com

RAHE, Christian; MAALEJ, Walid. How do programming students use generative AI? **Proceedings of the ACM on Software Engineering**, v. 2, FSE, p. 978–1000, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1145/3715762>.

SANTOS, C. S.; SILVA, C. B. da. O impacto da IA na educação: o caso do ChatGPT e suas implicações para o ensino e aprendizagem. **Cairu em Revista**, v. 13, n. 26, p. 125–135, 2024.

SILVA, Teresinha Letícia da; VIDOTTO, Kajiana Nuernberg Sartor; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach; SILVA, Patrícia Fernanda da. Inteligência Artificial Generativa no Ensino de Programação: um mapeamento sistemático da literatura. **RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 22, n. 1, p. 262–272, 2024. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/141553>. Acesso em: 1 maio 2026.

SHUTE, Valerie J. Focus on formative feedback. **Review of Educational Research**, v. 78, n. 1, p. 153–189, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>.

ZAWACKI-RICHTER, Olaf; MARÍN, Victoria I.; BOND, Melissa; GOUVERNEUR, Franziska. 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, art. 39, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.

ZIMMERMAN, Barry J. Becoming a self-regulated learner: an overview. **Theory Into Practice**, v. 41, n. 2, p. 64–70, 2002. DOI: https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2.

ZHONG, Xuanyan; ZHAN, Zehui. An intelligent tutoring system for programming education based on informative tutoring feedback: system development, algorithm design, and empirical study. **Interactive Technology and Smart Education**, v. 22, n. 1, p. 3–24, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1108/ITSE-09-2023-0182>. Disponível em: <https://www.emerald.com/itse/article-abstract/22/1/3/1245798/An-intelligent-tutoring-system-for-programming>. Acesso em: 1 maio 2026.