



O uso de ferramentas de inteligência artificial como suporte pedagógico para a conscientização ambiental no ensino superior

The use of artificial intelligence tools as pedagogical support for environmental awareness in higher education

Raquel Aparecida de Oliveira (IFF) ¹ , Diego da Silva Sales (IFF) ² , Alfredo José de Mattos Neto (UFF) ³ , Natalia Bousquet Batista (IFF) ⁴ , Camila Mendonça Romero Sales (IFF) ⁵ .

Resumo - Este estudo teve como objetivo identificar e analisar abordagens pedagógicas mediadas por Inteligência Artificial (IA) que contribuem para o desenvolvimento da conscientização ambiental no ensino superior. A pesquisa foi conduzida por meio de revisão sistemática, utilizando o protocolo PRISMA 2020, no período de 2016 a 2026, nas bases Scopus, Web of Science e SciELO. Foram selecionados 15 artigos que compuseram o corpus analítico, organizado em dois eixos temáticos. O primeiro eixo evidenciou que ferramentas como chatbots, realidade virtual, gamificação e sistemas integrados à Internet das Coisas reconfiguram os ambientes de aprendizagem, tornando o ensino ambiental mais dinâmico, imersivo e reflexivo. O segundo eixo demonstrou que a IA favorece mudança de comportamento, pensamento crítico e desenvolvimento de competências sustentáveis, especialmente quando articulada a problemas reais e às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Os resultados convergem para a conclusão de que a IA contribui para ampliar a conscientização ambiental na medida em que está inserida nas práticas pedagógicas, na mediação docente qualificada e articulação com desafios socioambientais concretos. A tecnologia, por si só, não garante a formação de uma consciência ambiental duradoura.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Educação ambiental; Conscientização ambiental; Ensino superior.

Abstract - This study aimed to identify and analyze AI-mediated pedagogical approaches that contribute to the development of environmental awareness in higher education. The research was conducted through a systematic review using the PRISMA 2020 protocol, covering the period from 2016 to 2026, in the Scopus, Web of Science, and SciELO databases. Fifteen articles were selected and organized into two thematic axes. The first axis showed that tools such as chatbots, virtual reality, gamification, and IoT-integrated systems reconfigure learning environments, making environmental education more dynamic, immersive, and reflective. The second axis demonstrated that AI promotes behavioral change, critical thinking, and the development of sustainable competencies, especially when connected to real-world problems and the Sustainable Development Goals. The results converge on the conclusion that AI

¹Bacharelado em Engenharia Ambiental

²Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais

³Doutorando em Sistemas de Gestão Sustentáveis

⁴Doutorado em Administração

⁵Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais

contributes to broadening environmental awareness insofar as it is embedded in pedagogical practices, qualified teaching mediation, and articulation with concrete socio-environmental challenges. Technology alone does not guarantee the formation of lasting environmental consciousness.

Keywords: Artificial intelligence; Environmental education; Environmental awareness; Higher education.

1 Introdução

A crise ambiental contemporânea impõe desafios crescentes à sociedade, exigindo respostas que vão além das políticas públicas e das práticas individuais. A educação ambiental estimula a conscientização e a mudança de comportamentos com vistas à redução dos problemas ambientais, tornando-se um componente central da formação no ensino superior (Cavalcanti, 2025; Oliveira et al., 2023).

Os modelos tradicionais de ensino, contudo, têm encontrado dificuldades em alcançar resultados eficazes nesse processo, uma vez que a prioridade tende a ser a transmissão de conteúdo, e não o desenvolvimento de mudanças comportamentais duradouras. A união de soluções tecnológicas às práticas pedagógicas surge, nesse cenário, como uma alternativa viável para ampliar as ações de conscientização ambiental (Cao; Jian, 2024; Fayid; Kiraz, 2026).

No Brasil, a Lei nº 9.795/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), determina que a educação ambiental é componente obrigatório e permanente da educação nacional em todos os níveis de ensino. No ensino superior, a PNEA estabelece que cabe às instituições promover a educação ambiental de forma integrada às demais atividades educacionais, com o propósito de desenvolver a compreensão crítica dos estudantes sobre as questões socioambientais. A Lei nº 14.926/2024 exige a inserção transversal e obrigatória de temas como mudanças climáticas, proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais (Brasil, 1999, 2024).

O avanço da Inteligência Artificial (IA) tem impactado positivamente o setor educacional, influenciando a aprendizagem dos alunos, auxiliando os professores e alterando o funcionamento das instituições de ensino. Ferramentas como chatbots, sistemas de aprendizagem adaptativa e ambientes imersivos analisam dados dos estudantes e personalizam o ensino de forma individualizada, tornando-o mais eficaz e conectado à realidade de cada aluno, além de otimizar o tempo em comparação aos meios convencionais de ensino (Kamalov et al., 2023; Lin et al., 2023).

A inserção da IA como suporte pedagógico na conscientização ambiental do ensino superior, porém, demanda critérios pedagógicos claros. O uso isolado da tecnologia, sem essa orientação, pode comprometer o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, sendo fundamental que a IA seja adotada de forma complementar ao ensino, e não substitutiva (Çela et al., 2024).

Diante do exposto, esta pesquisa busca responder à seguinte questão: **em que medida o uso de ferramentas de IA como suporte pedagógico contribui para ampliar a conscientização ambiental de estudantes do ensino superior?** Neste sentido, o objetivo do estudo foi identificar e analisar abordagens pedagógicas mediadas por IA que contribuem para o desenvolvimento da conscientização ambiental no ensino superior.

2 Metodologia

O estudo foi desenvolvido como uma revisão sistemática de natureza qualitativa, planejada e redigida com base nas diretrizes do método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020), adotado como orientador metodológico para assegurar transparência, reprodutibilidade e rigor na síntese das evidências científicas (Gil, 2022; Page et al., 2021).

2.1 Protocolo e registro

O protocolo desta revisão não foi previamente registrado em plataformas como PROSPERO ou *Open Science Framework*. Os passos metodológicos foram, contudo, definidos e conduzidos de forma sistemática pelos autores antes da execução do estudo, garantindo a conformidade e a consistência do processo investigativo.

2.2 Estratégia de busca e fontes de informação

O levantamento bibliográfico ocorreu em 17 de março de 2026, por meio das bases de dados *Scopus*, *Web of Science* (WoS) e *SciELO*. Tais bases foram escolhidas devido a ampla cobertura disciplinar que possuem, além da catalogação de periódicos de alto impacto nas áreas de educação, tecnologia e meio ambiente. As estratégias de busca completas utilizadas são detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1: String de busca usadas nas bases.

Base	String de busca
Scopus	<i>(TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence"OR "AI"OR "machine learning"OR "deep learning"OR "intelligent systems"OR "chatbot*"OR "generative AI") AND TITLE-ABS-KEY ("environmental education"OR "education for sustainability"OR "sustainability education"OR "environmental awareness"OR "environmental literacy") AND TITLE-ABS-KEY ("higher education"OR "university"OR "undergraduate students"OR "graduate students"OR "college students") AND TITLE-ABS-KEY ("teaching"OR "learning"OR "pedagogical"OR "educational technolog*"OR "learning process")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))</i>
WoS	<i>TS=((("artificial intelligence"OR "AI"OR "machine learning"OR "deep learning"OR "intelligent systems"OR "chatbot*"OR "generative AI") AND ("environmental education"OR "education for sustainability"OR "sustainability education"OR "environmental awareness"OR "environmental literacy") AND ("higher education"OR "university"OR "undergraduate students"OR "graduate students"OR "college students") AND ("teaching"OR "learning"OR "pedagogical"OR "educational technolog*"OR "learning process"))</i>
SciELO	<i>("inteligência artificial"OR "artificial intelligence"OR "machine learning"OR "chatbot"OR "IA generativa") AND ("educação ambiental"OR "conscientização ambiental"OR "educação para sustentabilidade"OR "sustentabilidade") AND ("ensino superior"OR "universidade"OR "estudantes universitários") AND ("ensino"OR "aprendizagem"OR "prática pedagógica"OR "tecnologia educacional")</i>

Fonte: Autoria própria (2026).

A aplicação de filtros diretos nas bases de dados foi realizada, com o objetivo de delimitar os resultados a artigos nos idiomas inglês, português e espanhol. Filtros geográficos não foram empregados, assegurando o alcance global da literatura sobre a temática.

2.3 Critérios de elegibilidade

Os seguintes parâmetros de elegibilidade foram definidos:

- **CrITÉRIOS de Inclusão:**

- Artigos originais veiculados em periódicos científicos com avaliação por pares;
- Publicações compreendidas no intervalo entre 2016 e 2026;
- Pesquisas que tratassem diretamente do uso da IA como recurso pedagógico para o desenvolvimento da conscientização ambiental de estudantes universitários.

- **CrITÉRIOS de Exclusão:**

- Revisões bibliográficas, teses, dissertações, capítulos de livros e anais de eventos;
- Trabalhos que não se alinhassem ao escopo temático delimitado pela pesquisa;
- Produções cujo texto completo não foi passível de recuperação após tentativa de acesso (*reports not retrieved*);
- Estudos que apresentaram fragilidades no desenho metodológico ou incoerências entre os dados analisados e as conclusões apresentadas.

2.4 Processo de seleção dos estudos

O processo de seleção foi executado em duas etapas consecutivas:

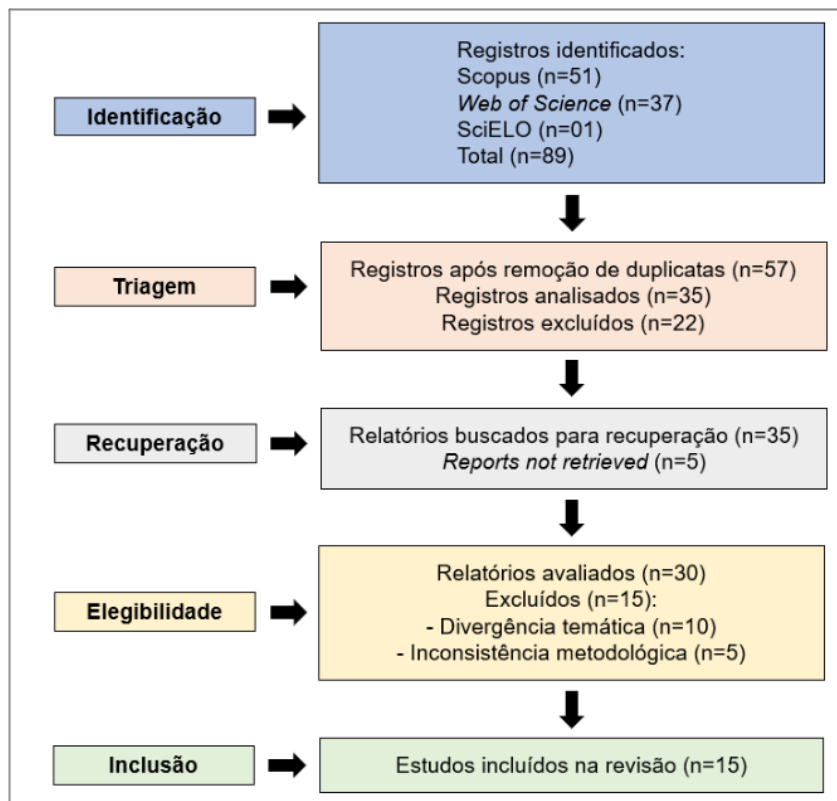
- Triagem dos títulos e resumos
- Leitura completa do texto

A triagem dos estudos foi conduzida de maneira independente por dois revisores, e os casos de discordância foram resolvidos por meio de discussão conjunta até alcançar consenso entre os avaliadores.

A busca inicial identificou 89 registros (51 na Scopus, 37 na WoS e 01 na SciELO). Após a exclusão de 32 duplicatas através do *software* Zotero e conferência manual, sobraram 57 estudos únicos. Na triagem de títulos e resumos, 22 registros foram descartados por não atenderem aos critérios, resultando em 35 relatórios elegíveis para recuperação.

Desses, 5 estudos não puderam ser recuperados (*reports not retrieved*). Os 30 estudos completos que restaram foram analisados quanto à elegibilidade, acarretando a exclusão de 15 estudos (ocasionado por divergência temática e inconsistência metodológica). Por fim, foram incluídos 15 estudos na análise. O fluxo detalhado de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos se encontra apresentado no fluxograma PRISMA 2020 (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma PRISMA 2020 da seleção dos artigos.



Fonte: Autoria própria (2026).

2.5 Extração de dados

A extração de dados foi executada por um revisor, através de uma matriz padronizada em planilha eletrônica, com posterior verificação realizada por um segundo revisor, assegurando o rigor e a confiabilidade na organização dos dados. As seguintes informações foram coletadas:

- Autoria e ano de publicação;
- Periódico científico;
- Metodologia pedagógica e ferramentas de IA utilizadas;
- Objetivo do estudo;
- Principais achados sobre conscientização ambiental.

2.6 Avaliação de qualidade metodológica e risco de viés

Dado o perfil predominantemente qualitativo dos estudos selecionados, optou-se por não utilizar instrumentos quantitativos convencionais de avaliação de risco de viés. A análise qualitativa foi conduzida por um revisor e submetida à verificação de um segundo revisor, tendo como base os seguintes critérios:

- Clareza na definição do problema pedagógico e ambiental;
- Coerência interna à metodologia e à aplicação de IA;
- Adequação e atualidade da fundamentação teórica utilizada;

- Coerência entre objetivos, dados analisados e as conclusões;

Estudos que não se enquadraram a esses critérios foram descartados na fase de elegibilidade.

2.7 Síntese dos dados

A análise dos dados foi realizada por meio de síntese temática qualitativa, com os estudos organizados em dois eixos analíticos:

- Estratégias pedagógicas mediadas por IA na Educação Ambiental;
- Processos formativos e desenvolvimento da conscientização ambiental mediada por IA;

O propósito da síntese dos dados foi identificar possíveis convergências, divergências e lacunas na literatura.

2.8 Declarações de transparência

- **Disponibilidade de dados:** Todos os dados extraídos e que compõem o estudo estão mencionados no Quadro 2 deste artigo. Informações adicionais requerem solicitação aos autores para disponibilização.
- **Financiamento:** Esta pesquisa foi realizada com recursos próprios e não contou com financiamento externo.
- **Conflito de interesses:** Os autores declaram a inexistência de conflitos de interesse.

2.9 Procedimentos de Revisão Linguística

Em atenção à transparência e à integridade metodológica, declara-se que o assistente virtual de IA ChatGPT foi empregado como apoio linguístico e gramatical ao longo da redação do artigo, com o propósito de aprimorar a coesão e a fluidez do texto, além de auxiliar na tradução do *abstract*. A ferramenta não teve participação na análise dos dados nem na construção do conteúdo científico.

3 Resultados e Discussão

Como resultado desta pesquisa, conforme descrita na Figura 1, 15 artigos foram selecionados por se alinharem ao escopo desta pesquisa, compondo o conjunto final analisado, conforme demonstrado no Quadro 2, que traz os trabalhos selecionados, organizados por título, periódico e citação.

Quadro 2: Artigos selecionados para análise.

Nº	Título	Periódico	Citação
1	<i>Evaluating the efficacy of ChatGPT in environmental education: findings from heuristic and usability assessments</i>	<i>On the Horizon</i>	Wang et al. (2025)
2	<i>Tecnologia educacional aplicada à educação ambiental: inovar para enfrentamento das mudanças climáticas</i>	<i>Cogitare Enfermagem</i>	Castro et al. (2025)

Quadro 2 – continuação da página anterior

Nº	Título	Periódico	Citação
3	<i>Design of generative AI-powered pedagogy for virtual reality environments in higher education</i>	<i>npj Science of Learning</i>	Hemminki-Reijonen et al. (2025)
4	<i>Using artificial intelligence in sustainability teaching and learning</i>	<i>Environmental Sciences Europe</i>	Leal et al. (2025)
5	<i>Greening smart learning environments with Artificial Intelligence of Things</i>	<i>Internet of Things</i>	Tabuenca et al. (2024)
6	<i>'Generative AI made me do this' exploring the potential of ChatGPT-assisted collaborative action research in science higher education: a case in the Philippines</i>	<i>Educational Action Research</i>	Santiago (2025)
7	<i>Acceptance of a Mobile Application for Circular Economy Learning Through Gamification: A Case Study of University Students in Peru</i>	<i>Sustainability</i>	Arévalo-Tuesta et al. (2025)
8	<i>Use of media and geoinformation technologies and artificial intelligence systems in the educational process for the preservation of natural ecosystems and biodiversity</i>	<i>International Journal of Ecosystems and Ecology Science</i>	Morgacheva et al. (2025)
9	<i>AI-Enhanced Problem-Based Learning for Sustainable Engineering Education: The AIPLE Framework for Developing Countries</i>	<i>Sustainability</i>	Kazadi Tshikolu et al. (2025)
10	<i>Effects of Using Artificial Intelligence Teaching System for Environmental Education on Environmental Knowledge and Attitude</i>	<i>EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	Huang (2018)
11	<i>Contribution to the development of key sustainability competences from the Computer Science Engineering program</i>	<i>Revista Conrado</i>	González, Sánchez e Soler (2024)
12	<i>The Impact of AI Chatbot-Supported Guided Discovery Learning on Pre-service Teachers' Learning Performance and Motivation</i>	<i>Journal of Science Education and Technology</i>	Huang, Teng e Tiangco (2025)
13	<i>Cooling the future: integrating design thinking and artificial intelligence to foster soft skills and energy education</i>	<i>Higher Education, Skills and Work-Based Learning</i>	Ramírez-Duque e Morillo-Torres (2026)

Quadro 2 – continuação da página anterior

Nº	Título	Periódico	Citação
14	<i>Beyond teaching: how an AI-based conversational model shapes university students' structural understanding of the environmental crisis</i>	<i>Journal of Applied Research in Higher Education</i>	Vázquez-Parra et al. (2025)
15	<i>Adaptive dialogue-based learning in ecology education: linking systems thinking with applied ecological decision-making for sustainable development</i>	<i>Applied Ecology and Environmental Research</i>	Zheng et al. (2026)

Fonte: Autoria própria (2026).

Os artigos selecionados foram categorizados em dois eixos temáticos. O primeiro eixo examina as estratégias pedagógicas mediadas por IA na Educação Ambiental, contemplando a diversidade de ferramentas utilizadas. O segundo eixo aborda os processos formativos e desenvolvimento da conscientização ambiental mediada por IA evidenciando que a IA impulsiona mudanças comportamentais positivas, desenvolvimento de pensamento crítico e aprimoramento de competências sustentáveis.

3.1 Estratégias Pedagógicas Mediadas por IA na Educação Ambiental

A literatura revisada converge na ideia de que a IA modifica o ensino convencional, tornando o processo pedagógico mais dinâmico e engajador. Contudo, há variação significativa nas funcionalidades das ferramentas utilizadas, o que se reflete em abordagens pedagógicas distintas.

O ChatGPT, conforme Wang et al. (2025), oferece um modelo de aprendizagem mais participativo e interativo em comparação aos métodos tradicionais de ensino. Os autores destacam como vantagens a economia de tempo nas pesquisas e a ampla disponibilização de conteúdos relevantes, fatores que favorecem o aumento da conscientização ambiental.

Corroborando com essa perspectiva, Leal et al. (2025) demonstram que o uso de ferramentas de IA potencializa o desempenho acadêmico na educação para a sustentabilidade. Essas tecnologias oferecem ensino personalizado e *feedback* em tempo real, facilitando o entendimento de temas ambientais complexos, como mudanças climáticas e gestão de recursos.

Contudo, Wang et al. (2025) apontam limitações na plataforma, como a pouca variedade de recursos para o estudo ambiental e a superficialidade em temas complexos das ciências ambientais. Para enfrentar essas dificuldades, outros estudos buscam aproveitar o potencial da IA generativa, criando experiências de aprendizagem mais ricas e personalizadas que complementam essas lacunas e aprofundam o conhecimento.

Segundo Castro et al. (2025), o uso da IA generativa na criação da cartilha "Ambientando" possibilitou ilustrações visualmente atraentes e culturalmente representativas da diversidade amazônica, tornando o material acessível e engajador para estudantes em contextos vulneráveis. O caso evidencia que a IA generativa, quando orientada por intencionalidade pedagógica e sensibilidade cultural, vai além da produção estética e atua como mediadora do vínculo entre o aluno e seu próprio território.

Hemminki-Reijonen et al. (2025) demonstram que a integração de personagens pedagógicos de IA generativa em ambientes de Realidade Virtual (RV) contribui para superar desafios no ensino de temas complexos, como mudanças climáticas, conforme preconizado na Lei 14.926/2024 (Brasil, 2024). As interações personalizadas e representações visuais imersivas estimulam a curiosidade e o pensamento crítico, promovendo a compreensão dos conteúdos por meio da experiência social simulada, o

que aponta para um modelo pedagógico em que o engajamento emocional e cognitivo se reforçam mutuamente.

Arévalo-Tuesta et al. (2025) destacam a gamificação como uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino da economia circular. Segundo o estudo, alunos aceitam positivamente aplicativos gamificados, que utilizam elementos lúdicos como desafios, medalhas e níveis de progressão para aumentar o engajamento e facilitar a compreensão de conceitos complexos de sustentabilidade. Além disso, os autores mencionam que a incorporação futura de IA nesses aplicativos pode oferecer feedback personalizado e análises detalhadas do desempenho dos estudantes, potencializando a motivação e a efetividade do aprendizado.

Tabuenca et al. (2024) ampliam a concepção de ambientes inteligentes ao integrar Inteligência Artificial e Internet das Coisas (AIoT) para promover a sustentabilidade em salas de aula. O sistema monitora variáveis como temperatura, umidade e níveis de CO_2 , fornecendo alertas sobre condições ambientais inadequadas que podem afetar plantas e a saúde humana, incluindo riscos de contágio como Covid-19. Essa abordagem transforma a conscientização ambiental em uma prática contínua e sensorial, enriquecendo o processo educativo com dados em tempo real.

A necessidade de estruturação pedagógica para sustentar esse tipo de experiência é aprofundada por Huang et al. (2025), que integram chatbots de IA com a Aprendizagem por Descoberta Guiada (GDL) e o modelo de motivação Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação (ARCS). O estudo destaca que a eficácia da IA depende de sua inserção em estratégias pedagógicas organizadas, que promovem conhecimento, motivação e autonomia dos alunos para enfrentarem desafios ambientais globais.

Esse argumento ganha contornos ainda mais concretos em Morgacheva et al. (2025), que adotam uma posição cautelosa ao demonstrar que especialistas em educação ambiental classificaram a IA em último lugar entre as atividades pedagógicas mediadas por tecnologia, priorizando geoportais, aplicativos móveis e ferramentas de visualização espacial como GIS. Os autores apontam preocupações com o uso acrítico da IA, como a tendência dos estudantes de aceitar respostas geradas sem verificação, comprometendo o pensamento crítico. Para eles, a IA pode apoiar o processo pedagógico quando articulada a dados geoespaciais reais, mas não substitui ferramentas consolidadas de análise territorial.

A análise dos estudos reunidos neste eixo evidencia que a IA representa uma ruptura real com os modelos tradicionais de ensino, e não uma simples atualização tecnológica. A diversidade de ferramentas identificadas, que abrange desde chatbots conversacionais até ambientes imersivos com RV e sistemas integrados à AIoT, demonstra que a IA é capaz de reconfigurar a relação do estudante com o conhecimento ambiental, tornando-a mais situada, sensorial e reflexiva. Quando o aluno interage com simulações climáticas, recebe retornos personalizados ou progride em desafios gamificados sobre economia circular, ele desenvolve uma relação ativa com o meio ambiente, e não uma compreensão apenas teórica sobre ele.

Os próprios estudos analisados alertam que esse potencial transformador não se realiza de forma espontânea, sendo determinante a qualidade do enquadramento pedagógico que envolve a ferramenta. Huang et al. (2025) demonstram que os melhores resultados emergem quando a IA está inserida em estruturas pedagógicas intencionalmente desenhadas, com objetivos claros e mediação docente qualificada, o que reposiciona o professor como arquiteto da experiência de aprendizagem mediada por IA.

3.2 Processos Formativos e Desenvolvimento da Conscientização Ambiental Mediada por IA

Os estudos analisados neste eixo avançam para além das estratégias tecnológicas, focando nos processos formativos que a IA viabiliza e nos seus efeitos sobre a mudança de comportamento e o desenvolvimento de competências ambientais.

Santiago (2025) defende o uso da IA como ferramenta pedagógica para transformar o conhecimento teórico em práticas sustentáveis. Em seu estudo, o autor utiliza o ChatGPT para criar simulações e estratégias adaptadas que auxiliam os alunos na compreensão sobre conservação do solo, poluição da água e perda de biodiversidade. Essa abordagem colaborativa, mediada pela IA, promove o desenvolvimento do pensamento crítico, a resolução de problemas e a aplicação prática dos conceitos ambientais em contextos reais.

Kazadi Tshikolu et al. (2025) avançam nessa direção ao proporem o modelo de Aprendizagem Prática Integrada à Inteligência Artificial (AIPLE), que conecta conceitos teóricos abstratos a problemas reais de sustentabilidade, transformando a visão negativa dos alunos sobre ciências básicas em uma experiência prática e motivadora. O diferencial em relação a Santiago (2025) está no foco explícito no desenvolvimento de competências para engenharia, articulando pensamento crítico e engajamento ativo à resolução de desafios autênticos e relevantes.

Huang (2018) oferece sustentação empírica a essas abordagens ao evidenciar que a educação ambiental mediada por IA impacta positivamente o conhecimento e as atitudes dos estudantes em relação ao meio ambiente. Por meio de análise estatística com modelo estrutural, o autor demonstra correlações significativas entre a educação ambiental, o conhecimento adquirido e as mudanças comportamentais, favorecendo práticas ambientais mais conscientes e maior engajamento dos estudantes.

Essa relação entre IA e formação de competências é reforçada por González et al. (2024), que aplicaram algoritmos para analisar dados reais relacionados à Agenda 2030 e às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os resultados indicaram ampliação do conhecimento dos estudantes sobre sustentabilidade, além do fortalecimento das competências de resolução de problemas e do pensamento crítico voltados aos desafios do desenvolvimento sustentável.

Partindo dessa base, Ramírez-Duque e Morillo-Torres (2026) ampliam o debate ao integrarem IA com *Design Thinking* (DT) para abordar problemas locais, como o consumo de energia no campus universitário. O diferencial está no foco sobre habilidades comportamentais e na promoção da conscientização sobre os impactos ambientais do uso excessivo de energia, aproximando a formação acadêmica da responsabilidade socioambiental concreta.

Vázquez-Parra et al. (2025) aprofundam essa dimensão ao demonstrar que conversas mediadas por IA ampliam a diversidade de perspectivas sobre a crise ambiental. A interação com o modelo conversacional “Alma de Tezontle” promoveu reflexões mais críticas e pessoais, transformando o debate em uma experiência simbólica e empática, o que evidencia o potencial da IA para humanizar a compreensão ambiental para além de respostas automáticas.

Zheng et al. (2026) convergem com essa perspectiva ao demonstrar que o ensino adaptativo baseado em diálogos com IA, integrado a bases de dados ecológicas reais, supera o modelo tradicional de ensino online. Além de promover melhores resultados em conhecimento ecológico e pensamento sistêmico, o método eleva o engajamento e a intenção pró-ambiental dos estudantes ao longo do tempo, reforçando que a continuidade da interação mediada por IA é determinante para a formação de uma consciência ambiental duradoura.

Os estudos reunidos neste eixo evidenciam que a IA, quando aplicada à formação ambiental, opera em uma dimensão que vai além da transmissão de conteúdo. Das simulações de Santiago (2025) às conversas empáticas de Vázquez-Parra et al. (2025), passando pela sustentação empírica

de Huang (2018) e pelo ensino adaptativo de Zheng et al. (2026), o que se observa é uma reconfiguração do próprio processo formativo: o estudante deixa de ser receptor passivo e passa a ser agente ativo na construção do conhecimento ambiental. Essa mudança de postura é, em si, uma forma de conscientização.

O conjunto dos trabalhos analisados indica, porém, que essa transformação não decorre do uso isolado da tecnologia. É a qualidade das experiências pedagógicas que ela viabiliza, e não a ferramenta em si, que determina se o aprendizado resulta em mudança de comportamento ambiental duradoura.

O Quadro 3 sintetiza os principais achados dos dois eixos analisados, organizando de forma comparativa as convergências, divergências e encaminhamentos identificados na literatura revisada, evidenciando como diferentes abordagens pedagógicas mediadas por IA estruturam respostas ao desafio de ampliar a conscientização ambiental no ensino superior.

Quadro 3: Quadro de síntese dos resultados.

Eixo Analítico	Principais Achados	Convergências	Divergências / Lacunas	Encaminhamentos
Eixo 1: Estratégias Pedagógicas Mediadas por IA na Educação Ambiental	• Diversidade de ferramentas (ChatGPT, RV, gamificação, AIoT) • Ensino ambiental mais dinâmico, imersivo e contextualizado • IA reconfigura ambientes e experiências de aprendizagem	• A IA torna a relação do estudante com o conhecimento ambiental mais ativa e reflexiva • Ferramentas diversas convergem para maior engajamento e pensamento crítico	• <i>Morgacheva et al.</i> questionam a centralidade da IA frente a ferramentas consolidadas como GIS • <i>Wang et al.</i> apontam limitações em conteúdos ambientais mais complexos • Poucos estudos avaliam eficácia comparativa entre ferramentas	• Integrar IA a estruturas pedagógicas organizadas • Garantir mediação docente qualificada • Articular IA a dados territoriais e geoespaciais concretos
Eixo 2: Processos Formativos e Desenvolvimento da Conscientização Ambiental Mediada por IA	• IA favorece mudança de comportamento, pensamento crítico e competências sustentáveis • Modelos como AIPLE, DT e ensino adaptativo superam abordagens baseadas em memorização	• Aprendizagem ativa mediada por IA supera modelos tradicionais de ensino • Conexão com problemas reais e ODS amplia o engajamento e a conscientização ambiental	• Poucos estudos medem impacto de longo prazo na mudança comportamental real • Limitada diversidade de contextos geográficos e culturais nos estudos analisados	• Desenvolver estruturas formativas intencionais que articulem IA, problemas reais e autonomia do aluno • Ampliar estudos longitudinais sobre mudança de comportamento ambiental mediada por IA

Fonte: Autoria própria (2026).

A análise integrada dos dois eixos revela que a IA amplia o alcance da educação ambiental ao tornar o aprendizado mais contextualizado, personalizado e conectado a problemas reais. Os dois eixos operam em dimensões complementares: o primeiro reconfigura ambientes e ferramentas de aprendizagem; o segundo incide diretamente sobre os processos formativos e a mudança de comportamento. Em ambos, a literatura converge para a ideia de que a tecnologia, por si só, não garante a formação de uma consciência ambiental duradoura.

O desafio central não está na adoção da IA em si, mas na intencionalidade pedagógica que a orienta. Os estudos mais consistentes apontam para modelos híbridos, que combinam ferramentas de IA com estruturas pedagógicas organizadas, mediação docente qualificada e articulação com problemas socioambientais concretos. Esse conjunto de condições responde à questão central desta pesquisa: a IA contribui para ampliar a conscientização ambiental dos estudantes do ensino superior na medida em que está inserida em práticas formativas comprometidas com o pensamento crítico, a autonomia e a ação sustentável.

4 Conclusões

Esta pesquisa adotou o protocolo PRISMA 2020 para identificar e analisar abordagens pedagógicas mediadas por IA que contribuem para a conscientização ambiental no ensino superior. A partir de buscas nas bases Scopus, WoS e SciELO, no período de 2016 a 2026, foram selecionados 15 artigos, organizados em dois eixos temáticos que orientaram a análise da literatura revisada.

O Eixo 1 evidenciou que ferramentas como *chatbots*, RV, gamificação e AIoT reconfiguram a relação do estudante com o conhecimento ambiental, tornando-a mais ativa, imersiva e reflexiva. Esse conjunto de abordagens representa uma ruptura real com os modelos tradicionais de ensino, e não uma simples atualização tecnológica.

O Eixo 2 demonstrou que a IA favorece mudança de comportamento, pensamento crítico e desenvolvimento de competências sustentáveis. Modelos como AIPLE, DT integrado à IA e ensino adaptativo superam abordagens baseadas em memorização, especialmente quando articulados a problemas reais e às metas dos ODS.

Os dois eixos convergem para uma conclusão central: a IA contribui para ampliar a conscientização ambiental dos estudantes do ensino superior na medida em que está inserida em práticas pedagógicas organizadas, com mediação docente qualificada e articulação com problemas socioambientais concretos, respondendo à questão central desta pesquisa.

Além das contribuições pedagógicas identificadas, os resultados desta revisão indicam que a utilização da IA na Educação Ambiental pode auxiliar as instituições de ensino superior no atendimento às exigências legais brasileiras relacionadas à formação socioambiental. Os eixos analisados dialogam diretamente com a PNEA. Nesse sentido, a integração planejada da IA às práticas pedagógicas pode contribuir para o fortalecimento das diretrizes curriculares voltadas à sustentabilidade, à formação crítica e à responsabilidade socioambiental no ensino superior brasileiro.

Como trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de estudos longitudinais que avaliem o impacto da IA sobre a mudança de comportamento ambiental ao longo do tempo, acompanhando os estudantes para além do período de intervenção pedagógica. Recomenda-se ainda investigações empíricas sobre a incorporação de IA em aplicativos gamificados voltados à educação ambiental, com foco na avaliação do *feedback* personalizado, no desempenho dos estudantes e nos efeitos sobre a conscientização ambiental em contextos universitários distintos.

Referências

ARÉVALO-TUESTA, J.; MORALES-ROMERO, G.; QUISPE-ANDÍA, A.; TRINIDAD-LOLI, N.; LEON-VELARDE, C.; ARONES, M.; AYBAR-BELLIDO, I.; CHAMORRO-ATALAYA, O. Acceptance of a Mobile Application for Circular Economy Learning Through Gamification: A Case Study of University Students in Peru. **Sustainability**, v. 17, n. 21, p. 9694, 2025. DOI: 10.3390/su17219694.

BRASIL. **Lei nº 14.926, de 17 de julho de 2024**: Altera a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, para assegurar atenção às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais no âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF: [s. n.], 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**: Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: [s. n.], 1999.

CAO, F.; JIAN, Y. The Role of integrating AI and VR in fostering environmental awareness and enhancing activism among college students. **Science of The Total Environment**, v. 908, p. 168200, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168200.

CASTRO, N. J. C. d.; PAES, F. T.; ALMEIDA, R. M. d.; SOUSA, L. B. d.; TAKOLODJOU, M. A.; SILVA, M. d. S.; BATISTA, A. F. C. Tecnologia educacional aplicada à educação ambiental: inovar para enfrentamento das mudanças climáticas. **Cogitare Enfermagem**, v. 30, 2025. DOI: 10.1590/ce.v30i0.97489pt.

CAVALCANTI, V. Y. S. d. L. Educação ambiental: transformando consciências para um futuro sustentável. **Revista Ciência Capital**, v. 1, n. 2, 2025.

ÇELA, E.; FONKAM, M. M.; POTLURI, R. M. Risks of AI-Assisted Learning on Student Critical Thinking: A Case Study of Albania. **International Journal of Risk and Contingency Management**, v. 12, n. 1, p. 1–19, 2024. DOI: 10.4018/IJRCM.350185.

FAYID, F. M. B.; KIRAZ, A. Human–Machine Cooperation in Environmental Education: Experimental Evidence from AI-Supported Learning in Higher Education. **Systems**, v. 14, n. 5, p. 504, 2026. DOI: 10.3390/systems14050504.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo, SP: Editora Atlas Ltda, 2022.

GONZÁLEZ, Y.; SÁNCHEZ, N.; SOLER, J. Contribution to the development of key sustainability competences from the computer science engineering program. **Revista Conrado**, v. 20, n. 98, p. 436–449, 2024.

HEMMINKI-REIJONEN, U.; HASSAN, N.; HUOTILAINEN, M.; KOIVISTO, J.; COWLEY, B. Design of generative AI-powered pedagogy for virtual reality environments in higher education. **NPJ Science of Learning**, v. 10, n. 1, 2025. DOI: 10.1038/s41539-025-00326-1.

HUANG, H.; TENG, D.; TIANGCO, J. The Impact of AI Chatbot-Supported Guided Discovery Learning on Pre-service Teachers' Learning Performance and Motivation. **Journal of Science Education and Technology**, v. 34, n. 6, p. 1286–1300, 2025. DOI: 10.1007/s10956-024-10179-9.

HUANG, S.-P. Effects of using artificial intelligence teaching system for environmental education on environmental knowledge and attitude. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 14, n. 7, p. 3277–3284, 2018. DOI: 10.29333/ejmsste/91248.

KAMALOV, F.; SANTANDREU CALONGE, D.; GURRIB, I. New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. **Sustainability**, v. 15, n. 16, p. 12451, 2023. DOI: 10.3390/su151612451.

KAZADI TSHIKOLU, R.; KULE MUKUHI, D.; NZALALEMBA KABWANGALA, T.; NTIAKA MUZAKWENE, J.; SUNDA-MEYA, A. AI-Enhanced Problem-Based Learning for Sustainable Engineering Education: The AIPLE Framework for Developing Countries. **Sustainability**, v. 17, n. 20, p. 9038, 2025. DOI: 10.3390/su17209038.

LEAL, W.; KIM, E.; BORSATTO, J.; MARCOLIN, C. Using artificial intelligence in sustainability teaching and learning. **Environmental Sciences Europe**, v. 37, n. 1, 2025. DOI: 10.1186/s12302-025-01159-w.

LIN, C.-C.; HUANG, A. Y. Q.; LU, O. H. T. Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review. **Smart Learning Environments**, v. 10, n. 1, p. 41, 2023. DOI: 10.1186/s40561-023-00260-y.

MORGACHEVA, N.; SOTNIKOVA, E.; YAKUSHINA, A.; PETRENKO, A.; VOROBEOV, Y.; TRETYAK, E. Use of media and geoinformation technologies and artificial intelligence systems in the educational process for the preservation of natural ecosystems and biodiversity. **International Journal of Ecosystems and Ecology Science**, v. 15, n. 4, p. 333–340, 2025. DOI: 10.31407/ijeess15.441.

OLIVEIRA, I. P.; MAZZARINO, J.; LIMA, L. C. D. Ambientalização no ensino superior: análise integrativa de publicações na área da saúde. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 11, e025007, 2023. DOI: 10.20396/riesup.v11i00.8668055.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **PLOS Medicine**, v. 18, n. 3, e1003583, 2021. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003583.

RAMÍREZ-DUQUE, J.; MORILLO-TORRES, D. Cooling the future: integrating design thinking and artificial intelligence to foster soft skills and energy education. **Higher Education, Skills and Work-Based Learning**, 2026. DOI: 10.1108/HESWBL-04-2025-0139.

SANTIAGO, C. “Generative AI made me do this” exploring the potential of ChatGPT-assisted collaborative action research in science higher education: a case in the Philippines. **Educational Action Research**, 2025. DOI: 10.1080/09650792.2025.2568018.

TABUENCA, B.; UCHE-SORIA, M.; GRELLER, W.; HERNANDEZ-LEO, D.; BALCELLS-FALGUERAS, P.; GLOOR, P.; GARBAJOSA, J. Greening smart learning environments with Artificial Intelligence of Things. **Internet of Things**, v. 25, 2024. DOI: 10.1016/j.iot.2023.101051.

VÁZQUEZ-PARRA, J.; HENAO-RODRIGUEZ, L.; LIS-GUTIERREZ, J.; PALOMINO-GÓMEZ, S. Beyond teaching: how an AI-based conversational model shapes university students’ structural understanding of the environmental crisis. **Journal of Applied Research in Higher Education**, 2025. DOI: 10.1108/JARHE-03-2025-0224.

WANG, X.; ZAINUDDIN, Z.; LENG, C.; DONG, W.; XIANG, L. Evaluating the efficacy of ChatGPT in environmental education: findings from heuristic and usability assessments. **On the Horizon**, v. 33, n. 2, p. 165–185, 2025. DOI: 10.1108/OTH-11-2024-0079.

ZHENG, L.; LI, M.; ZHANG, L.; CHEN, C.; LI, X.; TANG, D.; ZHOU, S. Adaptive dialogue-based learning in ecology education: Linking systems thinking with applied ecological decision-making for sustainable development. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 24, n. 2, p. 2791–2810, 2026. DOI: 10.15666/aeer/2402_27912810.