

**CONTRIBUIÇÕES DA
EDUCAÇÃO AMBIENTAL
MEDIADA POR
TECNOLOGIAS EM
CONTEXTOS DE
DESIGUALDADE DIGITAL:
ADEQUAÇÃO, EQUIDADE E
EFETIVIDADE EM
CENÁRIOS DE BAIXA
CONECTIVIDADE**

CONTRIBUTIONS OF TECHNOLOGY-MEDIATED ENVIRONMENTAL
EDUCATION IN CONTEXTS OF DIGITAL INEQUALITY; ADEQUACY, EQUITY,
AND EFFECTIVENES IN LOW-CONNECTIVITY SETTINGS

Ciências Agrárias, Ciências Sociais Aplicadas, Linguística & Letras e

Artes

• 31/03/2026

Marcos Antonio Negreiros Dias¹

Dernivaldo da Costa Tirello²

Gerson Barbosa³

Leonízia Santos Batista⁴

Rodrigo Almeida de Sá⁵

Adriana Alencar Feitosa⁶

Luciene Siqueira Freitas Almeida⁷

Daniel Silva dos Santos⁸

Anísio Vaz de Melo Júnior⁹

Messias Rogério Araújo Albernaz¹⁰

Jaqueline de Araújo Moura¹¹

RESUMO

A Educação Ambiental tem papel central no enfrentamento da crise climática, sendo potencializada pelo uso de tecnologias educacionais. No entanto, a literatura predominante assume condições ideais de conectividade e infraestrutura, desconsiderando a realidade de muitas escolas públicas em contextos de vulnerabilidade socioambiental. Nesse cenário, este estudo buscou analisar como estruturar a Educação Ambiental mediada por tecnologias em contextos de baixa conectividade e como as desigualdades digitais afetam sua efetividade. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme o protocolo PRISMA, com buscas nas bases *Scopus* e *Web of Science*, resultando em um corpus final de 30 artigos. A análise foi realizada por meio de análise temática de conteúdo, com base em Bardin. Os resultados indicam a predominância de tecnologias online, associadas a melhores resultados em contextos com alta conectividade, enquanto cenários vulneráveis apresentam resultados inconsistentes. Estratégias offline, híbridas e de baixo custo mostraram-se mais adequadas, porém ainda pouco exploradas. Além disso, as desigualdades digitais impactam diretamente a participação e a aprendizagem dos estudantes. Conclui-se que a efetividade das tecnologias educacionais depende de sua adequação ao contexto, sendo necessárias abordagens mais inclusivas e contextualizadas.

Palavras-chave: Equidade educacional, Inovação pedagógica, Ambientes de aprendizagem, Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Environmental Education plays a central role in addressing the climate crisis and can be enhanced through the use of educational technologies. However, the prevailing literature assumes ideal

conditions of connectivity and infrastructure, overlooking the reality of many public schools in socio-environmentally vulnerable contexts. In this scenario, this study aimed to analyze how to structure technology-mediated Environmental Education in low-connectivity contexts and how digital inequalities affect its effectiveness. This study is a systematic literature review conducted in accordance with the PRISMA protocol, based on searches in the Scopus and Web of Science databases, resulting in a final corpus of 30 articles. Data were analyzed using thematic content analysis based on Bardin. The results indicate the predominance of online technologies, associated with better outcomes in high-connectivity contexts, whereas vulnerable settings show inconsistent results. Offline, hybrid, and low-cost strategies proved more suitable, although still underexplored. Furthermore, digital inequalities directly affect students' participation and learning. It is concluded that the effectiveness of educational technologies depends on their contextual appropriateness, requiring more inclusive and context-sensitive approaches.

Keywords: Educational equity, Pedagogical innovation, Learning environments, Sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental tem se consolidado como uma das principais estratégias formativas para o enfrentamento da crise climática contemporânea, ao promover o desenvolvimento de competências voltadas à compreensão crítica dos problemas socioambientais e à atuação cidadã em prol da sustentabilidade (MURUGAVEL; KALIAPPAN & SHEELA, 2025). Nesse contexto, sua relevância é ampliada diante da intensificação das mudanças climáticas, da degradação dos ecossistemas e da necessidade de formação de

sujeitos capazes de intervir de forma consciente e responsável em seus territórios (BONNEY et al., 2009; UNESCO, 2021; FLANAGAN et al., 2022; UNESCO, 2023). Observa-se uma crescente incorporação de tecnologias educacionais nos processos de ensino-aprendizagem, impulsionada pela expansão das tecnologias digitais, pela inovação pedagógica e pela busca por metodologias mais interativas e acessíveis (ABEYSEKERA & DAWSON, 2015; HINOSTROZA, 2018; SELWYN, 2021).

Nesse cenário, a interface entre Educação Ambiental e tecnologias educacionais tem se expandido significativamente, com predominância de abordagens baseadas em ambientes digitais, plataformas online, aplicativos educacionais e recursos multimídia (UZAR & EYUBOGLU, 2024). Tais estratégias têm sido amplamente exploradas na literatura como instrumentos capazes de potencializar a aprendizagem, ampliar o acesso à informação e promover maior engajamento dos estudantes em práticas educativas voltadas à sustentabilidade (CHANG et al., 2016; GHAZIAN & LORTIE, 2024; TARNG & HSU, 2024; ATEEQ et al., 2025; OZILGEN et al., 2025). No entanto, essa expansão ocorre, em grande medida, sob a suposição de condições ideais de conectividade, infraestrutura tecnológica e formação docente, o que limita a aplicabilidade dessas abordagens em contextos educacionais marcados por desigualdades estruturais (SELWYN, 2021; OECD, 2021).

Esse descompasso torna-se particularmente evidente em escolas públicas situadas em regiões com maior vulnerabilidade socioeconômica, como o Norte e Nordeste do Brasil, onde persistem limitações relacionadas ao acesso à internet, à disponibilidade de dispositivos tecnológicos e ao desenvolvimento de competências digitais. A literatura sobre desigualdade digital demonstra que o

acesso às tecnologias não é homogêneo, sendo influenciado por fatores como renda, localização geográfica, nível educacional e políticas públicas, o que impacta diretamente a participação e os resultados educacionais dos estudantes (WARSCHAUER, 2003; HILBERT, 2011; VAN DIJK, 2020; OECD, 2021; WORLD BANK, 2023; YEŞİLYURT & VEZNE, 2023; DENG & EL HAG, 2024). Nesse contexto, a adoção de modelos educacionais baseados exclusivamente em tecnologias conectadas pode, paradoxalmente, aprofundar desigualdades existentes.

Apesar do crescimento da produção científica na área, observa-se uma lacuna relevante na literatura, caracterizada pela escassez de estudos que investiguem a Educação Ambiental mediada por tecnologias em contextos de baixa conectividade, bem como pela limitada exploração de modelos pedagógicos baseados em soluções offline, híbridas ou de baixo custo. Além disso, são ainda incipientes as análises que relacionam diretamente as desigualdades digitais aos resultados educacionais e à formação de competências ambientais, especialmente em contextos do Sul Global, como é o caso do Brasil (QUMILLAILA et al., 2022; UNESCO, 2023; PATHAK & JAYAKUMARI, 2025; QIU, 2025).

Nesse prisma, emerge o seguinte problema, como estruturar a Educação Ambiental mediada por tecnologias em contextos de baixa conectividade e de que forma as desigualdades digitais afetam a efetividade dessas práticas educativas?

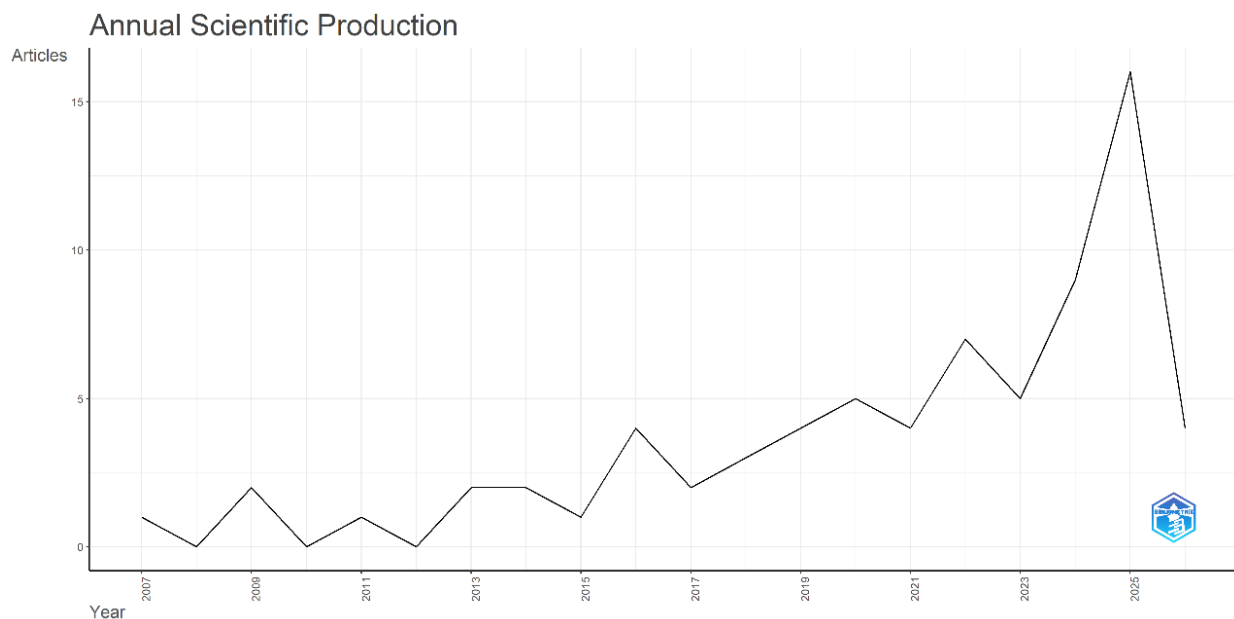
Dessa forma, o artigo teve como objetivo analisar e propor estratégias de Educação Ambiental mediadas por tecnologias adequadas a contextos de baixa conectividade e vulnerabilidade socioambiental.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Panorama Geral da Produção Científica Sobre Educação Ambiental e Tecnologias Educativas

A evolução temporal da produção científica evidencia de forma consistente a consolidação progressiva da interface entre Educação Ambiental e tecnologias educacionais como um campo emergente e em expansão. Verifica-se que, no período inicial, compreendido aproximadamente entre 2007 e 2014, a produção apresenta baixa frequência e comportamento irregular, com reduzido número de publicações e oscilações pontuais, o que indica um estágio ainda incipiente de desenvolvimento científico e institucionalização da temática. Esse padrão inicial reflete a limitada integração entre as agendas da educação ambiental e das tecnologias digitais naquele momento, bem como a ausência de uma base teórica e metodológica consolidada, característica comum em campos científicos emergentes (HINOSTROZA, 2018; SELWYN, 2021), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Distribuição Temporal da produção científica



Fonte: os autores (2026).

A partir de meados da década de 2010, especialmente após 2016, verifica-se uma trajetória de crescimento mais consistente, com aumento gradual do número de publicações anuais. Esse comportamento sugere uma ampliação do interesse acadêmico pela temática, possivelmente impulsionada pela intensificação dos debates sobre mudanças climáticas, sustentabilidade e incorporação de tecnologias digitais na educação (ADANALI, 2021; UNESCO, 2021; UNESCO, 2023).

período mais recente concentra os maiores valores da série temporal, com destaque para um pico significativo em 2025, seguido por uma redução em 2026, que pode estar associada à indexação parcial do ano corrente nas bases de dados. Esse padrão é comum em análises bibliométricas e não indica, necessariamente, uma queda real na produção científica, sendo frequentemente observado em estudos de evolução temporal da literatura científica (ADANALI, 2021; SELWYN, 2021).

Outrossim, o pico observado em 2025 pode ser explicado pela convergência de fatores estruturais e conjunturais que

impulsionaram a produção científica na interface entre Educação Ambiental e tecnologias educacionais. Destaca-se, inicialmente, o fortalecimento das agendas globais relacionadas às mudanças climáticas e à sustentabilidade, que intensificaram a demanda por soluções educacionais inovadoras e integradas ao uso de tecnologias digitais (UNESCO, 2021; UNESCO, 2023; GHAZIAN & LORTIE, 2024). Paralelamente, observa-se a consolidação do uso de tecnologias educacionais no período pós-pandemia, que ampliou significativamente o interesse acadêmico por investigações voltadas à transformação digital do ensino, especialmente em áreas estratégicas como a educação para a sustentabilidade (HINOSTROZA, 2018; OECD, 2021; SELWYN, 2021). Ademais, o aumento de investimentos em políticas públicas de digitalização da educação e inclusão tecnológica contribuiu para a ampliação da produção científica no campo (OECD, 2021; WORLD BANK, 2023). Por fim, esse crescimento também reflete um efeito cumulativo típico de áreas em expansão, no qual o aumento progressivo de estudos ao longo do tempo resulta em maior volume de publicações em anos recentes, conforme apontado em análises bibliométricas e estudos sobre dinâmica científica (HILBERT, 2011; SELWYN, 2021).

No que se refere à distribuição por países, embora o gráfico represente a evolução temporal da produção, a análise do corpus evidencia a predominância de estudos oriundos de países desenvolvidos e economias emergentes, especialmente aqueles com tradição consolidada em pesquisa nas áreas de educação, tecnologia e sustentabilidade. Países como Estados Unidos, Reino Unido e China concentram maior volume de publicações, seguidos por países do Sul Global, como Brasil e Indonésia, que vêm ampliando sua participação, sobretudo em investigações voltadas a

contextos educacionais vulneráveis (OECD, 2021; WORLD BANK, 2023; UNESCO, 2023).

Essa distribuição reflete não apenas a capacidade científica instalada, mas também diferenças estruturais relacionadas ao acesso a financiamento, infraestrutura tecnológica e políticas públicas educacionais, fatores que influenciam diretamente a produção e a disseminação do conhecimento científico na área. Nesse sentido, a desigualdade na produção acadêmica acompanha, em certa medida, as próprias desigualdades digitais e educacionais observadas em escala global, evidenciando a relação entre acesso, uso e apropriação das tecnologias nos sistemas educacionais (WARSCHAUER, 2003; HILBERT, 2011; VAN DIJK, 2020; DENG & EL HAG, 2024).

2.2. Tipologias de Tecnologias Utilizadas

A tipologia das tecnologias educacionais utilizadas na Educação Ambiental revela não apenas padrões de adoção, mas também desigualdades estruturais que condicionam sua efetividade em diferentes contextos educacionais, evidenciando a relação entre acesso, uso e apropriação das tecnologias nos processos de ensino-aprendizagem (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021).

Nesse aspecto, a análise da literatura evidenciou a predominância de diferentes tipologias de tecnologias educacionais aplicadas à Educação Ambiental, permitindo identificar padrões de uso, níveis de adequação aos contextos educacionais e lacunas estruturais na literatura. De modo geral, as tecnologias foram classificadas em quatro categorias principais: online, offline-first, híbridas e de baixo

custo, conforme suas características operacionais e exigências de infraestrutura, refletindo diferentes níveis de conectividade e adaptação pedagógica nos contextos educacionais (HENDERSON; SELWYN & ASTON, 2017; QUMILLAILA et al., 2022; ATEEQ et al., 2025; QIU, 2025;), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos Estudos por tipo de tecnologias

Tipo de tecnologia	Características principais	Aplicabilidade	Frequência na literatura
Online	Plataformas digitais, aplicativos, ambientes virtuais, dependência de internet	Alta em contextos com infraestrutura	Alta (dominante)
Offline-first	Conteúdos acessíveis sem internet contínua (apps locais, e-books, mídias digitais)	Alta em regiões com baixa conectividade	Baixa
Híbrido	Integração de recursos online e offline, combinando atividades presenciais e digitais	Moderada a alta	Moderada
Baixo custo	Tecnologias acessíveis, uso de dispositivos simples e recursos pedagógicos adaptados	Alta em contextos vulneráveis	Baixa a moderada

Fonte: os autores (2026).

Observou-se que as tecnologias online constituem a abordagem dominante na literatura, sendo amplamente utilizadas em ambientes virtuais de aprendizagem, plataformas digitais, aplicativos educacionais e recursos baseados em internet. Essas

ferramentas apresentam elevado potencial para ampliar o acesso à informação, promover interatividade e integrar conteúdos relacionados à sustentabilidade e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), favorecendo práticas pedagógicas inovadoras e colaborativas (CHANG et al., 2016; GHAZIAN & LORTIE, 2024; TARNG & HSU, 2024; ATEEQ et al., 2025). No entanto, tais abordagens pressupõem condições de conectividade contínua e infraestrutura tecnológica adequada, o que limita sua aplicabilidade em contextos marcados por desigualdade digital, especialmente quando não acompanhadas de estratégias pedagógicas inclusivas (SELWYN, 2021; OECD, 2021).

Em contrapartida, as tecnologias offline-first, embora ainda pouco exploradas na literatura, configuram uma estratégia promissora para contextos de baixa conectividade. Essas soluções permitem o acesso a conteúdos educacionais sem dependência permanente de internet, sendo particularmente relevantes em regiões rurais ou em países do Sul Global. Estudos indicam que a dependência excessiva de tecnologias conectadas pode reforçar desigualdades educacionais, dificultando o acesso equitativo ao conhecimento e restringindo a participação de estudantes em contextos vulneráveis (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; QIU, 2025;). Nesse sentido, o desenvolvimento de recursos digitais acessíveis offline, como materiais interativos e aplicativos locais, apresenta potencial significativo para ampliar a inclusão educacional, sobretudo quando articulado a práticas pedagógicas contextualizadas (HENDERSON; SELWYN & ASTON, 2017; QUMILLAILA et al., 2022).

As abordagens híbridas, que combinam recursos online e offline, destacam-se como alternativas viáveis em contextos de conectividade intermitente. Essas estratégias integram atividades

presenciais, uso de materiais físicos e tecnologias digitais, possibilitando maior flexibilidade no processo de ensino-aprendizagem e favorecendo a continuidade das atividades educacionais mesmo diante de limitações estruturais. Evidências sugerem que modelos híbridos tendem a ser mais eficazes ao considerar as condições reais de acesso e uso das tecnologias pelos estudantes, promovendo maior equilíbrio entre inovação tecnológica e viabilidade pedagógica (ABEYSEKERA & DAWSON, 2015; HENDERSON; SELWYN & ASTON, 2017; SELWYN, 2021).

Por fim, as tecnologias de baixo custo emergem como soluções estratégicas para contextos de vulnerabilidade socioeconômica, especialmente em sistemas educacionais com restrições de infraestrutura. Essas tecnologias incluem o uso de dispositivos simples, mídias acessíveis e estratégias pedagógicas adaptadas à realidade local. A literatura sobre desigualdade digital destaca que o acesso à tecnologia não se restringe à disponibilidade de equipamentos ou conexão à internet, mas envolve múltiplas dimensões, como habilidades digitais, uso significativo e apropriação tecnológica, o que reforça a necessidade de soluções educacionais contextualizadas (WARSCHAUER, 2003; HILBERT, 2011; VAN DIJK, 2020; YEŞİLYURT & VEZNE, 2023; DENG & EL HAG, 2024).

De modo geral, os resultados indicam que, embora as tecnologias online sejam predominantes, há uma lacuna significativa na literatura no que se refere ao desenvolvimento e à avaliação de tecnologias adaptadas a contextos de baixa conectividade. Essa assimetria evidencia um viés estrutural na produção científica, que tende a privilegiar cenários de alta infraestrutura tecnológica, em detrimento de contextos marcados por desigualdade digital. Tal constatação reforça a necessidade de redirecionamento das

pesquisas para abordagens mais inclusivas e contextualizadas, alinhadas às demandas de equidade na Educação Ambiental (RASHEED & KVAMSDAL, 2020; OECD, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

2.3. Relação Entre Conectividade e Efetividade dos Resultados Educacionais

A efetividade das tecnologias educacionais na Educação Ambiental está intrinsecamente condicionada às desigualdades de acesso digital, evidenciando que a conectividade não é apenas um recurso técnico, mas um fator determinante para a equidade e a qualidade dos processos de ensino-aprendizagem, especialmente em contextos marcados por assimetrias estruturais de acesso e uso das tecnologias (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; OECD, 2021).

Nesse aspecto, verifica-se que fica evidente uma relação direta entre o nível de conectividade disponível e a efetividade das tecnologias educacionais aplicadas à Educação Ambiental. De modo geral, observou-se que pesquisas conduzidas em contextos com alta conectividade tendem a apresentar melhores resultados, especialmente no que se refere ao desenvolvimento cognitivo, acesso à informação e ampliação do engajamento dos estudantes. Ambientes com infraestrutura digital consolidada favorecem o uso de plataformas interativas, recursos multimídia e estratégias pedagógicas inovadoras, potencializando a aprendizagem e a compreensão de conteúdos ambientais complexos (FREEMAN et al., 2014; GHAZIAN; LORTIE, 2024; TARNG & HSU, 2024; ATEEQ et al., 2025).

Por outro lado, em contextos de vulnerabilidade socioambiental e baixa conectividade, os resultados mostram-se mais heterogêneos e, em muitos casos, inconsistentes. A limitação no acesso à internet, a escassez de dispositivos tecnológicos e as desigualdades no letramento digital comprometem a efetividade das intervenções educacionais mediadas por tecnologia. Estudos indicam que a dependência de recursos digitais conectados pode acentuar desigualdades educacionais, restringindo a participação de estudantes e dificultando a continuidade das atividades pedagógicas (HILBERT, 2011; DENG & EL HAG, 2024; YEŞİLYURT & VEZNE, 2023; QIU, 2025), conforme Figura 2.

Figura 2 . Nível de conectividade versus resultados



Fonte: os autores (2026).

Além disso, a literatura evidencia que a exclusão digital não se limita à ausência de conectividade, mas envolve um conjunto de fatores estruturais, incluindo competências digitais, condições socioeconômicas e capacidade de apropriação tecnológica. Nesse sentido, mesmo quando há algum nível de acesso à tecnologia, a falta de suporte pedagógico e de formação docente adequada pode

comprometer os resultados educacionais, resultando em impactos limitados ou desiguais no processo de aprendizagem (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021).

Observa-se, ainda, que abordagens que desconsideram as condições reais de acesso à tecnologia tendem a reproduzir um modelo educacional excludente, no qual apenas uma parcela dos estudantes se beneficia plenamente das ferramentas digitais. Em contrapartida, estudos que adotam estratégias adaptativas, como modelos híbridos ou tecnologias de baixo custo, demonstram maior potencial de promover inclusão e reduzir disparidades, ainda que seus resultados sejam menos explorados na literatura (ABEYSEKERA & DAWSON, 2015; HENDERSON; SELWYN & ASTON, 2017; QUMILLAILA et al., 2022).

De forma geral, observa-se que a efetividade das tecnologias educacionais na Educação Ambiental não depende exclusivamente da sofisticação das ferramentas utilizadas, mas, sobretudo, de sua adequação ao contexto de conectividade e às condições socioeconômicas dos estudantes. Essa constatação reforça a necessidade de desenvolvimento de modelos pedagógicos mais inclusivos, capazes de considerar a diversidade de realidades educacionais e minimizar os efeitos das desigualdades digitais (OECD, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

2.4. Impacto das Desigualdades Digitais

As desigualdades digitais configuram-se como um fator estruturante que condiciona não apenas o acesso às tecnologias educacionais, mas também a equidade na participação e nos resultados da Educação Ambiental.

Observa-se que as desigualdades digitais exercem influência direta sobre os processos educacionais mediados por tecnologias, configurando-se como um dos principais fatores limitantes da efetividade da Educação Ambiental em contextos vulneráveis. Nesse sentido, observa-se que o acesso desigual às tecnologias digitais resulta, inevitavelmente, em participação desigual nos processos de ensino-aprendizagem, uma vez que estudantes com maior disponibilidade de recursos tecnológicos tendem a se beneficiar mais das estratégias digitais, enquanto aqueles em contextos de restrição enfrentam barreiras significativas de acesso e permanência nas atividades educacionais (HILBERT, 2011; VAN DIJK, 2020; OECD, 2021; WORLD BANK, 2023).

Essa assimetria de acesso não se restringe à disponibilidade de infraestrutura, mas envolve dimensões mais amplas da exclusão digital, como competências tecnológicas, condições socioeconômicas e suporte educacional. A literatura aponta que estudantes em contextos de baixa conectividade apresentam maiores dificuldades de interação com conteúdos digitais, menor engajamento e limitações no desenvolvimento de habilidades cognitivas e críticas, comprometendo a qualidade da aprendizagem e ampliando disparidades educacionais já existentes (WARSCHAUER, 2003; HILBERT, 2011; VAN DIJK, 2020; YEŞİLYURT & VEZNE, 2023; DENG & EL HAG, 2024).

Além disso, os resultados indicam que a exclusão digital está diretamente associada à exclusão ambiental, na medida em que limita o acesso a conteúdos, práticas e experiências formativas relacionadas à sustentabilidade e à Educação Ambiental. Em um cenário no qual grande parte das iniciativas educativas ambientais utiliza tecnologias digitais como meio de disseminação do

conhecimento, a ausência de acesso adequado implica não apenas exclusão educacional, mas também restrição à formação de competências socioambientais essenciais para a atuação cidadã (UNESCO, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

Observa-se, ainda, que a predominância de modelos educacionais baseados em alta conectividade tende a reproduzir e aprofundar desigualdades estruturais, ao desconsiderar as condições reais de acesso enfrentadas por grande parte dos estudantes, especialmente em regiões periféricas e rurais. Nesse contexto, a literatura crítica sobre tecnologia e educação destaca que o simples acesso a dispositivos não garante inclusão efetiva, sendo necessário considerar aspectos relacionados ao uso significativo e à apropriação social das tecnologias (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021).

De modo geral, pode-se dizer que as desigualdades digitais não apenas afetam a participação dos estudantes, mas também comprometem a efetividade das práticas de Educação Ambiental, evidenciando a necessidade de desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais inclusivas. Tais estratégias devem considerar as múltiplas dimensões da exclusão digital, promovendo equidade no acesso, na participação e nos resultados educacionais, de forma a evitar que a inovação tecnológica se torne um fator de ampliação das desigualdades socioambientais (OECD, 2021; UNESCO, 2023; ARMENTA-VERGARA, 2025; QIU, 2025).

2.5. Estratégias Emergentes Adaptativas

A superação das limitações impostas pela desigualdade digital na Educação Ambiental requer a adoção de estratégias pedagógicas

adaptativas, capazes de alinhar o uso das tecnologias às condições reais de conectividade, infraestrutura e contexto socioterritorial dos estudantes, considerando a necessidade de uso significativo, apropriação tecnológica e adequação pedagógica aos diferentes contextos educacionais (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021; OECD, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Estratégias eficazes identificadas na literatura

Estratégia	Características principais	Vantagens	Aplicabilidade
Soluções offline	Conteúdos acessíveis sem internet contínua (apps locais, e-books, mídias digitais)	Reduz dependência de conectividade	Alta em regiões com baixa infraestrutura
Dispositivos simples	Uso de tecnologias acessíveis e de baixo custo (smartphones básicos, materiais impressos)	Amplia inclusão digital	Alta em contextos socioeconômicos vulneráveis
Integração com território	Articulação entre tecnologia e realidade local (projetos, atividades de campo)	Favorece aprendizagem significativa	Alta em contextos escolares diversos

Fonte: os autores (2026).

Nesse sentido, as evidências analisadas indicam que as soluções offline configuram-se como uma das principais alternativas para contextos de baixa conectividade, permitindo o acesso a conteúdos educacionais sem dependência contínua da internet. Recursos como aplicativos locais, materiais digitais armazenados em

dispositivos e plataformas com sincronização eventual possibilitam a continuidade das atividades pedagógicas, ampliando o alcance das práticas educativas em regiões com limitações de infraestrutura tecnológica. Tais abordagens contribuem para a redução de barreiras de acesso e para a promoção de maior equidade no processo de ensino-aprendizagem (OECD, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

Além disso, o uso de dispositivos simples e tecnologias de baixo custo emerge como estratégia fundamental para viabilizar a inclusão digital em contextos vulneráveis. A utilização de smartphones de baixa complexidade, mídias físicas, materiais impressos associados a recursos digitais básicos e ferramentas acessíveis permite ampliar a participação dos estudantes, mesmo em cenários com restrições econômicas. A literatura aponta que soluções tecnologicamente apropriadas, quando alinhadas às condições locais, apresentam maior potencial de efetividade do que modelos altamente sofisticados e dependentes de infraestrutura avançada (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021; YEŞİLYURT & VEZNE, 2023).

Outro aspecto relevante refere-se à integração entre tecnologia e território, evidenciada como estratégia essencial para fortalecer a contextualização da Educação Ambiental. Práticas pedagógicas que articulam recursos tecnológicos com a realidade local, como projetos comunitários, atividades de campo mediadas por dispositivos digitais e uso de dados ambientais do entorno, contribuem para tornar o processo de aprendizagem mais significativo e aplicável. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de competências socioambientais, ao aproximar o conhecimento teórico das vivências concretas dos estudantes e

estimular a participação ativa na resolução de problemas locais (BONNEY et al., 2009; FLANAGAN et al., 2022; ATEEQ et al., 2025; OZILGEN et al., 2025).

De modo geral, os resultados indicam que estratégias adaptativas baseadas em soluções offline, tecnologias acessíveis e integração com o território apresentam maior potencial para promover inclusão e efetividade na Educação Ambiental em contextos de baixa conectividade. Essas abordagens permitem mitigar os efeitos das desigualdades digitais, ao mesmo tempo em que fortalecem práticas pedagógicas mais contextualizadas, participativas e alinhadas às demandas socioambientais contemporâneas (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021; OECD, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

2.6. Implicações para Prática Educacional

A incorporação de tecnologias educacionais na Educação Ambiental, especialmente em contextos de baixa conectividade, exige uma reconfiguração das práticas pedagógicas, das políticas educacionais e dos processos de formação docente, de modo a garantir equidade, efetividade e contextualização das ações educativas, considerando as múltiplas dimensões do acesso, uso e apropriação das tecnologias nos sistemas educacionais (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021; OECD, 2021; UNESCO, 2023).

No âmbito das escolas públicas, os resultados evidenciam a necessidade de adoção de modelos pedagógicos mais flexíveis e adaptativos, capazes de considerar as limitações estruturais relacionadas à infraestrutura tecnológica e ao acesso à internet.

Estratégias baseadas em tecnologias offline, uso de recursos de baixo custo e integração com o território mostram-se mais adequadas para esses contextos, ao possibilitarem maior inclusão e participação dos estudantes. Nesse sentido, a efetividade das práticas educativas depende menos da sofisticação tecnológica e mais da capacidade de adaptação às condições reais de ensino, especialmente em regiões marcadas por desigualdade digital (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; OECD, 2021; UNESCO, 2023; WORLD BANK, 2023; QIU, 2025).

No que se refere às políticas educacionais, os achados indicam a necessidade de formulação de diretrizes que promovam não apenas o acesso às tecnologias, mas também sua utilização pedagógica significativa. Políticas centradas exclusivamente na distribuição de equipamentos tendem a apresentar resultados limitados quando não acompanhadas de investimentos em conectividade, suporte técnico e desenvolvimento de competências digitais. Assim, torna-se fundamental a implementação de políticas integradas, que articulem infraestrutura, formação docente e inovação pedagógica, com foco na redução das desigualdades educacionais e digitais (HINOSTROZA, 2018; OECD, 2021; UNESCO, 2023; WORLD BANK, 2023).

No campo da formação docente, destaca-se a importância do desenvolvimento de competências que permitam aos professores atuar de forma crítica e contextualizada no uso das tecnologias educacionais (ALI et al., 2025). A literatura aponta que a efetividade da mediação tecnológica está diretamente relacionada à capacidade do docente de selecionar, adaptar e integrar recursos digitais às práticas pedagógicas, considerando as especificidades dos estudantes e do território. Nesse sentido, a formação inicial e

continuada deve contemplar não apenas aspectos técnicos, mas também dimensões pedagógicas e socioambientais, promovendo uma abordagem reflexiva e orientada à equidade (ABEYSEKERA & DAWSON, 2015; HENDERSON; SELWYN & ASTON, 2017; SELWYN, 2021).

De modo geral, as implicações para a prática educacional indicam que a integração entre Educação Ambiental e tecnologias educacionais deve ser orientada por princípios de inclusão, contextualização e justiça digital. Isso implica reconhecer que o acesso às tecnologias não é homogêneo e que estratégias pedagógicas eficazes devem considerar as múltiplas dimensões da desigualdade digital, evitando a reprodução de modelos excludentes e promovendo oportunidades equitativas de aprendizagem para todos os estudantes (WARSCHAUER, 2003; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021; OECD, 2021; UNESCO, 2023; WORLD BANK, 2023; QIU, 2025).

3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme as diretrizes do protocolo PRISMA, com o objetivo de garantir rigor metodológico, transparência e reprodutibilidade. A aplicação desse protocolo permitiu estruturar de forma sistemática as etapas de busca, seleção e análise dos estudos, assegurando alinhamento direto com o problema de pesquisa.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, selecionadas em função de sua abrangência e relevância na indexação de periódicos científicos de alto impacto. Para a

recuperação dos estudos, foi utilizada uma estratégia de busca estruturada com operadores booleanos, contemplando os seguintes termos: (“*environmental education*” OR “*climate education*”) AND (“*technology*” OR “*digital learning*” OR “*ICT*”) AND (“*low connectivity*” OR “*digital divide*” OR “*inequality*”). Essa combinação permitiu identificar produções que articulassem simultaneamente os eixos da educação ambiental, da mediação tecnológica e das desigualdades de acesso digital (Figura 3).

Figura 3. Nuvem de palavras-chaves da pesquisa



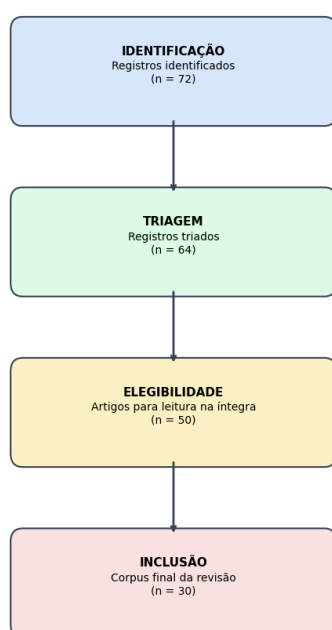
Fonte: os autores (2026).

Foram estabelecidos, previamente, critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos estudos empíricos e revisões de literatura que abordassem explicitamente a relação entre tecnologias educacionais e Educação Ambiental, considerando contextos formais ou não formais de ensino e apresentando contribuições para a compreensão de cenários de baixa conectividade ou desigualdade digital. Foram excluídos estudos de natureza exclusivamente tecnológica, sem interface com processos educacionais, bem como aqueles focados apenas no desenvolvimento técnico de ferramentas digitais, sem aplicação pedagógica.

O processo de seleção dos estudos seguiu as quatro etapas do protocolo PRISMA. Na fase de identificação, foram recuperados 72 registros nas bases de dados. Na etapa de triagem, realizada por meio da leitura de títulos e resumos, foram selecionados 64 estudos

após a exclusão de trabalhos que não atendiam aos critérios estabelecidos. Na fase de elegibilidade, com leitura integral dos textos, 50 estudos foram considerados pertinentes à temática. Por fim, na etapa de inclusão, foi definido o corpus final da revisão, composto por 30 artigos científicos que atenderam integralmente aos critérios metodológicos e temáticos, conforme Figura 4.

Figura 4. Fluxograma dos critérios de seleção PRISMA



Fonte: os autores (2026).

A análise dos dados foi conduzida por meio de análise temática de conteúdo, conforme proposta de Bardin, envolvendo as etapas de pré-análise, exploração do material e interpretação dos resultados. Foram estabelecidas categorias analíticas orientadas ao problema de pesquisa, incluindo: tipo de tecnologia utilizada, contexto de conectividade, abordagem pedagógica e resultados educacionais. Essa estrutura permitiu identificar padrões, tendências e lacunas na literatura, contribuindo para uma análise crítica da efetividade das tecnologias educacionais em contextos de vulnerabilidade socioambiental.

A análise dos dados foi conduzida por meio de análise temática de conteúdo, fundamentada nos pressupostos de Laurence Bardin, a qual compreende as etapas de pré-análise, exploração do material e interpretação dos resultados. A partir da leitura sistematizada dos estudos selecionados, foram definidas categorias analíticas orientadas ao problema de pesquisa, incluindo: tipo de tecnologia utilizada (online, offline-first, híbrida ou de baixo custo), contexto de conectividade (alta, média, baixa ou não especificada), abordagem pedagógica adotada e resultados educacionais observados, tais como aprendizagem cognitiva, engajamento, atitudes e comportamentos ambientais. Essa estrutura analítica possibilitou identificar padrões, tendências e lacunas na literatura, contribuindo para a construção de uma análise crítica sobre a adequação das tecnologias educacionais em contextos de desigualdade digital, conforme tabela 3.

Tabela 3. Matriz de Análise do Conteúdo de Bardin com referencial teórico

Categoria analítica	Subcategoria	Unidade de análise	Indicadores	Referências	Síntese Interpretativa
Tipo de tecnologia	Online	Plataformas digitais, AVAs, aplicativos conectados	Dependência de internet; interatividade; recursos multimídia	CHAZIAN; LORTIE (2024); CHANG et al. (2016); TARNG; HSU (2024);	Predominância literária mais efetiva e em contextos

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em:

<https://revistatopicos.com.br/artigos/contribuicoes-da-educacao-ambiental-mediada->

Fonte: os autores (2026).

Por fim, destaca-se que a explicitação das etapas metodológicas, dos critérios de seleção e do procedimento analítico assegura a confiabilidade, a transparência e a replicabilidade do estudo, atendendo às exigências de rigor científico requeridas em pesquisas de revisão sistemática voltadas à área de Educação Ambiental e Tecnologias Educacionais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise integrada dos estudos mostra que a efetividade da Educação Ambiental mediada por tecnologias resulta da interação entre condições de conectividade, estratégias pedagógicas e contextos socioeconômicos, revelando que a simples adoção de recursos digitais não garante, por si só, aprendizagem significativa nem equidade educacional (RILLIG & KASIRZADEH, 2024)

Assim, a partir dos resultados infere-se que a relação entre tecnologias educacionais, conectividade e Educação Ambiental deve ser compreendida a partir de uma perspectiva sistêmica, na qual fatores tecnológicos, pedagógicos e socioeconômicos interagem de forma dinâmica, condicionando a efetividade das práticas educativas. A triangulação entre os estudos analisados indica que a predominância de tecnologias digitais conectadas na literatura não reflete a diversidade de contextos educacionais, especialmente aqueles marcados por limitações estruturais e desigualdades digitais (SELWYN, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

No que se refere às tipologias tecnológicas, observa-se que a hegemonia das abordagens online, amplamente destacada na literatura, está associada a resultados positivos em termos de aprendizagem cognitiva e engajamento dos estudantes. No entanto, essa efetividade está condicionada à disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada, o que restringe sua aplicabilidade em contextos vulneráveis. Estudos convergem ao demonstrar que tecnologias digitais conectadas ampliam o acesso à informação e favorecem metodologias ativas, mas também podem reforçar desigualdades quando implementadas em cenários de acesso desigual (FREEMAN et al., 2014; GHAZIAN & LORTIE, 2024; TARNG & HSU, 2024; ATEEQ et al., 2025).

Por outro lado, a análise integrada dos estudos evidencia que modelos baseados em tecnologias offline, híbridas e de baixo custo apresentam maior potencial de adaptação a contextos de baixa conectividade, embora ainda sejam pouco explorados na literatura. Essa lacuna revela um desalinhamento entre a produção científica e as necessidades reais dos sistemas educacionais em regiões com limitações de infraestrutura. Os estudos apontam que soluções offline e híbridas não apenas ampliam o acesso, mas também favorecem a continuidade das práticas educativas, especialmente quando associadas a abordagens pedagógicas contextualizadas (WARSCHAUER, 2003; HENDERSON; SELWYN & ASTON, 2017; QUMILLAILA et al., 2022; QIU, 2025).

A relação entre conectividade e efetividade dos resultados educacionais constitui um dos principais achados do estudo. Infere-se que contextos de alta conectividade estão associados a melhores resultados cognitivos e maior engajamento, enquanto contextos de baixa conectividade apresentam resultados mais heterogêneos e,

frequentemente, limitados. No entanto, a análise crítica da literatura indica que essa relação não é determinística, sendo mediada por fatores como abordagem pedagógica, formação docente e adequação das tecnologias ao contexto. Dessa forma, a conectividade, embora relevante, não pode ser compreendida isoladamente como único fator explicativo da efetividade educacional (HILBERT, 2011; VAN DIJK, 2020; SELWYN, 2021).

Outro aspecto central refere-se ao impacto das desigualdades digitais, que se manifestam não apenas no acesso às tecnologias, mas também na capacidade de uso e apropriação significativa desses recursos. A análise de diferentes estudos evidencia que a exclusão digital está diretamente associada à exclusão educacional e ambiental, na medida em que limita o acesso a conteúdos, práticas e experiências formativas relacionadas à sustentabilidade. Nesse sentido, a literatura converge ao apontar que a desigualdade digital constitui um fenômeno multidimensional, que envolve aspectos estruturais, culturais e pedagógicos, impactando diretamente a equidade nos processos de ensino-aprendizagem (WARSCHAUER, 2003; OECD, 2021; WORLD BANK, 2023; DENG & EL HAG, 2024; YEŞİLYURT & VEZNE, 2023).

Além disso, os resultados indicam que a efetividade das tecnologias educacionais na Educação Ambiental está fortemente associada à adoção de abordagens pedagógicas contextualizadas, capazes de integrar tecnologia e território. Os estudos demonstram que práticas que articulam recursos digitais com a realidade local dos estudantes promovem maior engajamento, aprendizagem significativa e desenvolvimento de competências socioambientais. Essa convergência entre tecnologia e contexto territorial emerge como um elemento-chave para superar limitações estruturais e ampliar o

impacto das práticas educativas (BONNEY et al., 2009; FLANAGAN et al., 2022; UNESCO, 2021; ATEEQ et al., 2025).

Ademais, a partir da análise evidenciaram-se implicações importantes para a prática educacional, destacando a necessidade de políticas públicas integradas que considerem simultaneamente infraestrutura, formação docente e inovação pedagógica. A discussão dos estudos indica que intervenções isoladas, centradas apenas na distribuição de equipamentos, apresentam resultados limitados, sendo necessário adotar abordagens sistêmicas orientadas à redução das desigualdades digitais. Nesse contexto, a formação docente emerge como elemento estratégico, uma vez que a mediação pedagógica adequada é determinante para o uso efetivo das tecnologias educacionais (HINOSTROZA, 2018; OECD, 2021; SELWYN, 2021).

De forma geral, pode-se afirmar que a efetividade da Educação Ambiental mediada por tecnologias depende menos da sofisticação tecnológica e mais da adequação contextual das estratégias adotadas. Pode-se afirmar que modelos educacionais inclusivos, baseados em soluções adaptativas e contextualizadas, apresentam maior potencial para promover equidade, participação e desenvolvimento de competências ambientais, especialmente em contextos de baixa conectividade e vulnerabilidade socioambiental (OECD, 2021; UNESCO, 2023; QIU, 2025).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a efetividade da Educação Ambiental mediadas por tecnologias práticas não depende exclusivamente do uso de tecnologias avançadas, mas, sobretudo, da adequação das

estratégias pedagógicas às condições reais de conectividade e às características socioeconômicas dos contextos educacionais. Os resultados demonstraram que há uma predominância de tecnologias online na literatura, associadas a melhores resultados em cenários com alta conectividade. No entanto, verificou-se que, em contextos vulneráveis, esses modelos apresentam limitações significativas, resultando em participação desigual e aprendizagem inconsistente. Em contrapartida, estratégias baseadas em tecnologias offline, híbridas e de baixo custo mostraram-se mais adequadas para esses contextos, embora ainda sejam pouco exploradas. Além disso, constatou-se que as desigualdades digitais se configuram como um fator estruturante que impacta diretamente a participação dos estudantes, a qualidade da aprendizagem e o desenvolvimento de competências socioambientais, evidenciando a relação entre exclusão digital e exclusão ambiental.

Dessa forma, conclui-se que a estruturação da Educação Ambiental mediada por tecnologias em contextos de baixa conectividade requer a adoção de modelos pedagógicos mais inclusivos, flexíveis e contextualizados. Recomenda-se o fortalecimento de estratégias baseadas em soluções offline, uso de tecnologias acessíveis e integração com o território, bem como a implementação de políticas públicas que articulem infraestrutura, formação docente e inovação pedagógica.

Ademais, destaca-se a necessidade de ampliação de pesquisas voltadas a contextos de baixa conectividade, especialmente na região norte, a fim de reduzir lacunas na literatura e subsidiar práticas educacionais mais equitativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYSEKERA, L.; DAWSON, P. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. **Higher Education Research & Development**, v. 34, n. 1, p. 1–14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934336>

ADANALI, R. How geogames can support geographical education? Review of International Geographical **Education Online**, v. 11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33403/rigeo.855550>

ALI, S. A.; ATEEQ, A.; MILHEM, M.; ALZORAIK, M.; ALAGHBARI, M. A.; BESHAR, B. The impact of artificial intelligence on job markets: a sector-by-sector analysis. In: ALAREENI, B. (ed.). **Big data in finance: transforming the financial landscape**. Cham: Springer, 2025. (Studies in Big Data, v. 169). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-80656-8_41

ATEEQ, A.; MILHEM, M.; ALZORAIKI, M.; ALAGHBARI, M. A.; HUSSEIN, T.M. Empowering sustainable change: the role of technology in modern environmental education. **Studies in Systems, Decision and Control**, v. 568, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-71526-6_76

ARMENTA-VERGARA, R. M. Understanding household recycling behavior in a developing country: socioeconomic and territorial gaps in Colombia. **Journal of Environmental Management**, v. 392, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126743>

BONNEY, R.; COOPER, C. B.; DICKINSON, J.; KELLING, S.; PHILLIPS, T.; ROSENBERG, K. V.; SHIRK, J. Citizen science: a developing tool for

expanding science knowledge and scientific literacy. **BioScience**, v. 59, n. 11, p. 977–984, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>

CHANG, R. C.; CHUNG, L. Y.; HUANG, Y. M. Development of an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparison of its effectiveness with video learning. **Interactive Learning Environments**, v. 24, n. 6, p. 1245–1262, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.982131>

DENG, X.; EL HAG, S. Digital inequality and two levels of the digital divide in online learning: a mixed methods study of underserved college students. *Journal of Information Systems Education*, v. 35, n. 3, p. 377–389, 2024. DOI: <https://doi.org/10.62273/SSIF6302>

FLANAGAN, C.; GALLAY, E. E.; PYKETT, A. Civic science: addressing racial inequalities in environmental and STEM education. **Child Development Perspectives**, v. 16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/cdep.12467>

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

GHAZIAN, N.; LORTIE, C. J. Ten simple rules for incorporating the UN Sustainable Development Goals (SDGs) into environmental and natural science courses. **Sustainability**, v. 16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219594>

HENDERSON, M.; SELWYN, N.; ASTON, R. What works and why? Student perceptions of 'useful' digital technology in university teaching and learning. **Studies in Higher Education**, v. 42, n. 8, p. 1567–1579, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1007946>

HILBERT, M.. Digital gender divide or technologically empowered women in developing countries? **Women's Studies International Forum**, v. 34, n. 6, p. 479–489, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2011.07.001>

HINOSTROZA, J. E. New challenges for ICT in education policies in developing countries: the need to account for the widespread use of ICT for teaching and learning outside the school. In: LUBIN, I. (ed.). **ICT-supported innovations in small countries and developing regions**. Cham: Springer, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-67657-9_5

MURUGAVEL, T.; KALIAPPAN, M.; SHEELA, N. R. Engineering holistic sustainability through social responsibility. **WEEF-GEDC Proceedings**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC66748.2025.11256355>

OECD. **Bridging the digital divide in education**. Paris: OECD Publishing, 2021.

OZILGEN, S.; YALCIN, S.; AKTUNA, M.; BAYLAN, Y.; ATES, H. From kitchen to climate: multimedia interventions on social media as science tools for sustainability communication among food business actors. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, p. 1749–1763, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2024-0087>

PATHAK, P.; JAYAKUMARI, C. Ethical and social implications in the use of augmented reality for sustainability. **Augmented Reality and Sustainability**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003584438-15>

QIU, Y. Techno-optimism in the face of the digital divide: a systematic review on using mobile technologies for children's environmental learning in the Global South. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 46, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2025.100786>

QUMILLAILA; LESTARI, A. P.; KUBOKI, Y.; HASIM, F. Developing an e-flipbook on environmental education to promote digital literacy among elementary school students and teachers in rural areas in Indonesia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ICT FOR SMART SOCIETY (ICISS), 2022, Bandung. **Anais [...]. Bandung**: IEEE, 2022. p. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICISS55894.2022.9915108>

RASHEED, A.; SAN, O.; KVAMSDAL, T. Digital twin: values, challenges and enablers from a modeling perspective. **IEEE Access**, v. 8, p. 21980–22012, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970143>

RILLIG, M. C.; KASIRZADEH, A.. AI personal assistants and sustainability: risks and opportunities. *Environmental Science & Technology*, v. 58, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c03300>

SELWYN, N. **Education and technology: key issues and debates**. 3. ed. London: Bloomsbury Academic, 2021.

TARNG, W; HSU, J.-C. Development of a VR360 ecological system for learning indigenous cultures and environmental conservation. **Applied Sciences**, v. 14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app142210582>

UNESCO. **Reimagining our futures together: a new social contract for education.** Paris: UNESCO, 2021.

UNESCO. **Technology in education: a tool on whose terms? Global education monitoring report.** Paris: UNESCO, 2023.

UZAR, U.; EYUBOGLU, K. Testing inequality impacts on ecological footprint. **Journal of Cleaner Production**, v. 461, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142652>

VAN DIJK, J. **The digital divide.** Cambridge: Polity Press, 2020.

WORLD BANK. **Digital development overview: closing the digital divide.** Washington, DC: World Bank, 2023.

YEŞİLYURT, E.; VEZNE, R. Digital literacy, technological literacy, and internet literacy as predictors of attitude toward applying computer-supported education. **Education and Information Technologies**, v. 28, p. 9885–9911, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11311-1>

¹ Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais. Universidade Federal do Tocantins (UFT). Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1964-620X>

² Mestrando em Direito Fundamental e Alteridades. Instituição: Universidade Católica de Salvador (UCSAL). Endereço: Dianópolis-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-5842-4319>

³ Mestrando em Educação Profissional e Tecnológica. Instituição: Instituto Federal do Tocantins (IFTO). Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1455-638X>

⁴ Mestre em Educação e Tecnologia Emergentes. Instituição: Must University. Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-9353-3785>

⁵ Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais. Instituição: Universidade Federal do Tocantins (UFT). Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-9690-3055>

⁶ Especialista em Gestão Escolar. Instituição: Universidade Federal do Tocantins (UFT). Endereço: Araguaína-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-7114-1394>

⁷ Mestranda em Educação. Universidade Federal do Tocantins (UFT). Endereço: Palmas – Tocantins – Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/00009-0003-5212-1904>

⁸ Mestrando em Gestão de Políticas Públicas. Universidade Federal do Tocantins (UFT). Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5137-6955>

⁹ Mestre em Ciências Policiais. Instituição: Academia Policial Militar Tiradentes. Endereço: Palmas –Tocantins, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-4081-4598>

¹⁰ Mestre em Ciências Policiais. Instituição: Academia Policial Militar Tiradentes. Endereço: Palmas –Tocantins, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2101-1166>

¹¹ Especialista em Educação Especial/Inclusiva. Instituição: Instituto Federal do Tocantins (IFTO). Endereço: Tocantinópolis-Tocantins-Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-3061-9086>