

GAMIFICAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A SENSIBILIZAÇÃO E MUDANÇA DE ATITUDES RUMO A UM FUTURO SUSTENTÁVEL

Willian José Ferreira

Universidade de Taubaté, Mestrado Profissional em Educação, Taubaté, SP, Brasil
willian.jferreira@unitau.br

Marcelo dos Santos Targa

Universidade de Taubaté, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Taubaté, SP, Brasil
mtarga@unitau.br

Kátia Celina da Silva Richetto

Universidade de Taubaté, Mestrado Profissional em Educação, Taubaté, SP, Brasil
katia.csrichetto@unitau.br

Gabriella Reis Carrer Spedo

Universidade de Taubaté, Educação a Distância, Taubaté, SP, Brasil
gabicarrer@hotmail.com

RESUMO

A integração de jogos voltados para questões ambientais surge como uma estratégia promissora na educação para a sustentabilidade ambiental, destacando a necessidade de práticas pedagógicas inovadoras para abordar os desafios ambientais nas instituições de ensino, incluindo a gestão de resíduos, eficiência energética e infraestrutura sustentável, entre outros. Este estudo, fundamentado em uma revisão sistemática da literatura, seguida por análises lexicométricas por meio do software IRaMuTeQ e análise discursiva, objetivou investigar de que maneira esses jogos podem aprofundar a sensibilização ambiental dos estudantes e promover uma compreensão mais abrangente dos problemas relacionados ao meio ambiente. Os resultados obtidos indicam que a integração de entretenimento e aprendizado possui o potencial de catalisar mudanças comportamentais sustentáveis a longo prazo, incentivando a busca por soluções frente aos desafios contemporâneos. Entretanto, torna-se imperativo o investimento em recursos tecnológicos nas escolas, bem como em políticas públicas que promovam a formação contínua dos educadores e incentivem a participação ativa dos alunos. Nesse contexto, a formação continuada dos professores desempenha um papel crucial na implementação efetiva da gamificação nas salas de aula, estabelecendo bases concretas para a sensibilização ambiental e a adoção de comportamentos sustentáveis por meio de práticas pedagógicas.

Palavras-chave: Jogos educacionais. Aprendizado interativo. Consciência ambiental. Formação de professores.

GAMIFICATION AND ENVIRONMENTAL EDUCATION: CHALLENGES AND PROSPECTS FOR AWARENESS AND ATTITUDE CHANGE TOWARDS A SUSTAINABLE FUTURE

ABSTRACT

The integration of games focused on environmental issues has emerged as a promising strategy in education for environmental sustainability, highlighting the need for innovative pedagogical practices to address environmental challenges in educational institutions, including waste management, energy efficiency, and sustainable infrastructure, among others. This study, based on a systematic literature review followed by lexicometric analysis using IRaMuTeQ software and discourse analysis, aimed to investigate how these games can deepen students' environmental awareness and promote a more comprehensive understanding of environmental problems. The results indicate that the integration of entertainment and learning has the potential to catalyze long-term, sustainable behavioral changes and encourage the search for solutions to contemporary challenges. However, it is imperative to invest in technological resources in schools, as well as in public policies that promote the ongoing training of educators and encourage the active participation of students. In this context, teacher training plays a crucial role in the effective implementation of gamification in the classroom, laying concrete foundations for environmental awareness and the adoption of sustainable behaviors through pedagogical practices.

Keywords: Educational games. Interactive learning. Environmental awareness. Teacher training.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a contínua pressão sobre os recursos naturais ressaltam a importância de práticas ecologicamente responsáveis em todo o mundo (JANAKIRAMAN et al., 2021). No entanto, a mera expressão de intenções e discussões sobre sustentabilidade tem se revelado insuficiente para assegurar a efetiva implementação de ações sustentáveis. Nesse cenário, a Educação para a Sustentabilidade Ambiental (ESA), conforme destacado por Howes et al. (2017), surge como uma abordagem pedagógica essencial para instigar o senso de responsabilidade pessoal entre os estudantes. Sua relevância transcende o simples cultivo de atitudes, estendendo-se à necessidade de estratégias inovadoras por parte de professores, gestores e de todos os envolvidos nesse campo (KATSALIAKI et al., 2015).

Suryani et al. (2019) concebem a ESA como um processo que reconhece os seres humanos como agentes ativos capazes de moldar e desenvolver seu ambiente natural. Segundo os autores, a conscientização humana, seja no âmbito individual ou social, desempenha um papel crítico na promoção da sustentabilidade, sendo a educação fundamental nesse despertar de consciência. Nesse cenário, como observado por Moreno et al. (2011), a ESA transcende a simples transmissão de informações, configurando-se como um processo bidirecional que habilita a participação e o aprendizado das pessoas de todas as idades.

Do ponto de vista pedagógico, Sprain e Timpson (2012) enfatizam que a educação ambiental se baseia em princípios que visam aprimorar a qualidade dos recursos humanos envolvidos na gestão dos recursos naturais. Esses princípios abrangem desde a necessidade de transformar a mentalidade humana e promover a conscientização até a implementação de valores morais e éticos nas interações com a natureza, bem como o envolvimento dinâmico na busca por soluções às questões ambientais. Conforme ressaltado por Young e Malone (2023), a prática educacional pode assumir várias formas, abrangendo desde a abordagem formal tradicional até modalidades menos convencionais, como a prestação de serviços ambientais e a incorporação de conteúdos ambientais em currículos já existentes.

Mercer et al. (2017) observam que a integração de jogos com ênfase na temática ambiental tem despertado considerável interesse na dinâmica da ESA. De acordo com Bellotti et al. (2013), ao combinar diversão e entretenimento com oportunidades de aprendizado, esses jogos atendem a um duplo propósito aprimorando a compreensão dos alunos sobre os desafios ambientais, estimulando-os e envolvendo-os no processo de aprendizado e de sensibilização ambiental mútua.

Na literatura, esses jogos são comumente referidos como “jogos sérios” (VAN ECK, 2010; BELLOTTI et al., 2013; GREGORY et al., 2016) ou “jogos para aprendizado” (MICHAEL e CHEN, 2005; CROOKALL, 2010), ambos denotando a busca pelo equilíbrio entre o entretenimento e a aprendizagem, favorecendo a assimilação de conhecimento e habilidades por meio de experiências interativas (GEE, 2003; HSIAO, 2007). Outro termo que tem ganhado destaque no ambiente escolar é a gamificação, definida por Deterding et al. (2011) como o uso de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos.

No contexto educacional, Simpson e Jenkins (2015) ressaltam que a gamificação está fundamentada em diversas teorias, envolvendo a economia comportamental, a psicologia humana e o aprendizado e desenvolvimento. Nessa perspectiva, Busarello (2016) avalia que tanto o ato de seguir uma história quanto o de jogar proporcionam ao indivíduo uma experiência narrativa enriquecedora, permeada por aspectos cognitivos, emocionais e sensoriais. Enquanto nas narrativas tradicionais, como literatura e cinema, o estudante exerce a função de espectador, nas narrativas de jogo, assume o papel de protagonista, exercendo uma influência ativa no desenvolvimento da trama. Em ambientes hipermídia, a narrativa dos jogos permite que essa mudança de papéis eleve a qualidade da experiência em sala de aula, direcionando o comportamento dos alunos para alcançar objetivos pedagógicos específicos.

Werbach et al. (2012) enfatiza que, enquanto metodologia ativa de ensino, a gamificação se beneficia da integração da tecnologia, como tablets, smartphones e computadores, possibilitando a aplicação interativa de conhecimentos, o que resulta em melhorias no rendimento e na participação dos alunos. Porém, para Janakiraman et al. (2021), o êxito da gamificação como estratégia pedagógica depende, fundamentalmente, da qualidade e design dos jogos, sua adequação ao público-alvo e do contexto em que os recursos são implementados. Algumas dessas experiências têm alcançado notável sucesso, respaldadas por feedback positivo dos participantes, pela participação ativa dos usuários e evidências tangíveis no aprendizado (WANG e THAIR, 2020). No entanto, é amplamente reconhecido que a simples introdução de jogos nos planos de aula não assegura, por si só, a compreensão do conteúdo por parte dos alunos, sendo essencial aprofundar as pesquisas pedagógicas e criar novas estratégias para sua integração no processo educativo (CASTANHO, 2013).

Embora a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) não mencione explicitamente a gamificação como recurso pedagógico na ESA, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 4 (Educação de Qualidade) e nº 13 (Ações contra a Mudança Global do Clima) enfatizam a importância de métodos inovadores e diversificados para abordar questões ambientais nas instituições de ensino. No contexto brasileiro, apesar da crescente influência da cibercultura, a introdução de jogos na ESA enfrenta desafios evidenciados pela escassez de pesquisas e experiências nesse domínio (SOARES et al., 2020; CRUZ et al., 2020). Essa carência representa uma oportunidade significativa para a realização de pesquisas, ao desenvolvimento de estratégias educacionais e ao aprimoramento da formação de professores. No entanto, é fundamental considerar não apenas as implicações imediatas para estudantes, educadores e gestores, mas também a influência direta destes estudos no desenvolvimento de práticas pedagógicas e na formulação de políticas públicas voltadas à preservação do meio-ambiente.

Nesse cenário, questiona-se de que maneira a gamificação pode estimular a sensibilização ambiental e aprofundar a compreensão dos desafios e soluções ligados ao meio ambiente entre os estudantes?

Com o propósito de abordar esta indagação, neste estudo, investiga-se o potencial dos jogos como ferramenta pedagógica para abordar questões ambientais na ESA. Esta análise se baseia em uma revisão sistemática da literatura, focalizada na identificação de palavras-chave e na extração de núcleos de significância presentes em diferentes publicações científicas. Essa abordagem amplia a visão de como a gamificação pode efetivamente contribuir para a sensibilização ambiental, preparando os estudantes para um futuro mais consciente e responsável.

CAMINHO METODOLÓGICO

Utilizando uma abordagem descritiva de natureza bibliográfica, este estudo adotou uma estratégia de revisão sistemática da literatura, reconhecida por sua capacidade de compilar e analisar criticamente as publicações científicas, conforme a técnica delineada por Galvão e Ricarte (2019). Seguindo essas diretrizes, conduziu-se uma meta-síntese, também conhecida como meta-análise qualitativa, uma análise descritiva empregada para sintetizar estudos qualitativos sobre um determinado tópico, com o objetivo de identificar temas, conceitos ou teorias-chave que ofereçam explicações para um fenômeno em análise (SIDDAWAY et al., 2019).

Em termos gerais, a revisão começou com a formulação de uma pergunta de pesquisa específica para direcionar o processo. A escolha dos estudos foi baseada na avaliação da qualidade metodológica dos artigos incluídos, seguida pela coleta de informações relevantes de cada estudo selecionado. Os dados foram posteriormente agrupados e categorizados em temas ou conceitos, culminando em uma síntese que contribuiu para a elaboração do modelo explicativo. A validação e interpretação dos resultados foram conduzidas de maneira a garantir uma análise que conectasse a síntese à pergunta de pesquisa inicial. Os resultados foram apresentados de forma concisa, oferecendo reflexões e ponderações para o avanço do campo de estudo.

A coleta de dados foi realizada por meio de uma pesquisa na base de dados Scopus, a partir dos termos 'Jogos' e (operador booleano 'and') 'Ciências Ambientais' em português ou inglês, encontrados nos títulos de artigos publicados em ambos os idiomas, em periódicos revisados por pares, no período de

10 anos (2013-2022). A adoção da restrição temporal de uma década tem como propósito preservar a relevância dos dados, acompanhar as tendências recentes e acessar informações contemporâneas no campo da ESA. As contribuições apresentadas em língua inglesa passaram por tradução, com adequações feitas por um dos autores deste trabalho. Dada a grande quantidade de publicações identificadas, a busca foi refinada para selecionar artigos que não apenas continham resumos completos, mas também incorporavam os descritores 'Educativo' ou (operador booleano 'ou') 'Ambiental' em seus títulos ou palavras-chave do resumo. Priorizando a qualidade e relevância do material selecionado, foram excluídos os trabalhos que não continham ao menos um dos descritores adicionais mencionados, bem como monografias, dissertações, teses e editoriais.

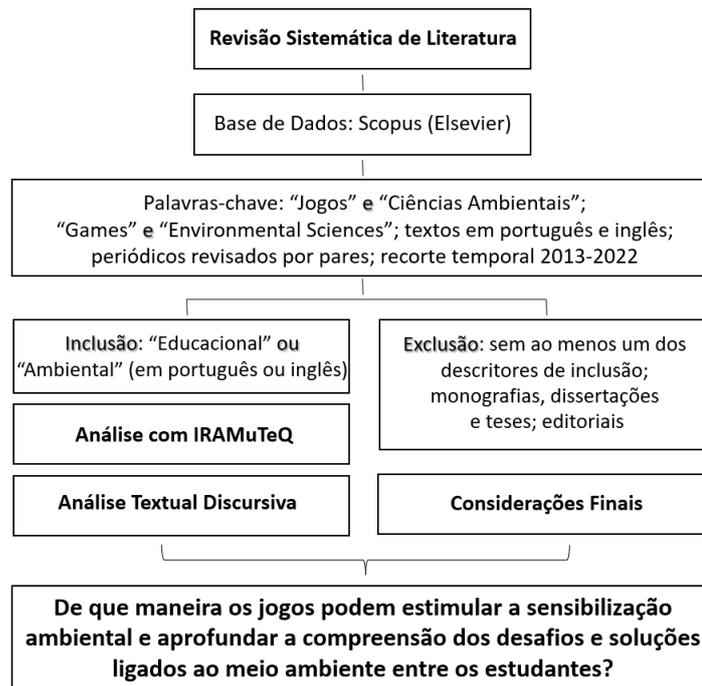
Para organizar os conjuntos de textos (corpora), realizou-se uma análise detalhada das publicações selecionadas, desenvolvendo resumos expandidos individuais com base numa metodologia adaptada de Nóbrega et al. (2022). Em seguida, por meio de uma abordagem fundamentada em Schütze et al. (2008), efetuou-se a remoção de *stopwords* (palavras comuns, mas pouco informativas, como artigos, preposições e conjunções, a fim de focar na relevância do conteúdo), a tokenização (processo de dividir o texto em unidades menores, que podem ser palavras ou partes de palavras, facilitando a análise ao transformar o texto em elementos individuais) e a normalização dos textos (procedimento que envolve a conversão de todas as palavras para minúsculas, a remoção de acentos e outras modificações, visando garantir uniformidade, a comparação e a análise das evocações). Esses processos foram executados por meio de um algoritmo de Processamento de Linguagem Natural (PLN) desenvolvido na linguagem Python, disponibilizado por Ferreira et al. (2023). No âmbito do PLN, a linguagem Python é frequentemente utilizada devido à sua facilidade de uso e à extensa disponibilidade de bibliotecas especializadas.

A partir dos corpora obtidos, realizou-se uma Análise de Similitude (AS) com IRaMuTeQ (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), uma ferramenta de código aberto desenvolvida baseada no ambiente estatístico R e na linguagem Python (Camargo e Justo, 2013), reconhecida por sua ampla aplicação em pesquisas qualitativas (KLANT; SANTOS, 2021). Seguindo a abordagem de Marchand e Ratinaud (2012), que se baseia na teoria dos grafos, a AS viabiliza a identificação de relações entre as palavras nos textos, proporcionando uma compreensão da ocorrência das palavras e também de seus contextos. As bases teóricas dessa técnica são sintetizadas e ilustradas em um exemplo delineado por Flament e Rouquette (2003).

Ainda por meio do IRaMuTeQ, conforme descrito por Flament e Rouquette (2003), procedeu-se à geração de uma representação gráfica da estrutura dos corpora. Este processo envolveu o cálculo de coocorrência, analisando a frequência com que as palavras aparecem em conjunto nos corpora textuais. O algoritmo de Fruchterman-Reingold foi então aplicado para posicionar os nós de um grafo de forma a distribuir uniformemente as coocorrências, aproximando-os e, conseqüentemente, refletindo a proximidade ou associação entre eles. Esse procedimento permitiu a identificação tanto de áreas comuns quanto de particularidades nas variáveis codificadas e, adicionalmente, facilitou a compreensão da estrutura semântica dos corpora, proporcionando a identificação de tendências e padrões linguísticos presentes nos dados estudados.

Por fim, foi realizada uma análise textual discursiva (ATD), fundamentada na abordagem metodológica proposta por Medeiros e Amorim (2017). Essa abordagem se concentra na interpretação e compreensão do significado do discurso, examinando o conteúdo e a estrutura dos textos para identificar padrões, temas e nuances. No contexto deste estudo, a ATD foi empregada para avaliar a complexidade do discurso em uma pesquisa qualitativa que envolve a gamificação e a ESA. As etapas desenvolvidas neste estudo são ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma ilustrativo do estudo realizado neste trabalho



Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após associar todos os descritores-chave na base de dados Scopus, foram identificadas 229 publicações. Posteriormente, aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 38 artigos. Desses, quatro foram removidos por duplicidade, e oito foram excluídos por não abordarem diretamente os objetivos deste estudo. Assim, 26 artigos foram selecionados para análise completa. Desse modo, o Quadro 1 apresenta essas 26 publicações que compõem o conjunto central de fragmentos textuais desta pesquisa.

Quadro 1 - Publicações selecionadas para composição dos corpora textuais

(continua)

n	Pesquisadores	Foco da Pesquisa	Periódico
1	Katsaliaki et al. (2015)	Jogos e educação para o desenvolvimento sustentável	Simulation & Gaming
2	Janakiraman et al. (2021)	Efetividade de jogos na promoção de atitudes e comportamentos ambientalmente amigáveis	Computers & Education
3	Bascou et al. (2013)	Utilizando jogos para estimular o pensamento sustentável na educação em marketing	Journal of Marketing Education
4	Cheng e Lou (2013)	O uso de tecnologia no ensino fundamental: aplicação de jogos digitais na educação ambiental	Australasian Journal of Educ. Technology
5	Ferguson et al. (2020)	Sobre o papel da interação e da estrutura da história em jogos de realidade virtual	Computers & Education

Quadro 1 - Publicações selecionadas para composição dos corpora textuais

(continua)

n	Pesquisadores	Foco da Pesquisa	Periódico
6	Håkansson et al. (2019)	A tendência política na educação ambiental e de sustentabilidade	European Educational Research Journal
7	Schroth et al. (2014)	Comunicação visual das mudanças climáticas	Environmental Communication
8	Schulz et al. (2015)	Design, implementação e teste de jogo online para explorar as complexas relações entre a gestão sustentável de terras e o bem-estar humano	Environmental Modelling and Software
9	Stokes e Selin (2016)	Simulação de negociação que ensina estudantes sobre interações entre ciências ambientais e política	Journal of Environ. Studies and Sciences
10	Su (2018)	Narrativas de futuros professores com memórias sobre jogos na Matemática e contribuições da disciplina na formação inicial	Sustainability
11	Dietrich (2018)	O Processo Leblanc: um "escape game" educacional	J. of Chemistry Education
12	Kirchherr e Piscicelli (2019)	Educação para a economia circular: cinco princípios de ensino	Res., Conserv. and Recycling
13	Lathwesen e Belova (2021)	<i>Escape room</i> no ensino e aprendizado de STEM	Education Sciences
14	Mei e Yang (2019)	A educação ambiental no ensino superior na China	Sustainability
15	Mercer et al. (2017)	A jogabilidade de jogos educacionais no ensino superior	Int. J. of Sustainability in Higher Education
16	Mellor et al. (2018)	Gamificação dos conceitos de química verde e design de produtos químicos mais seguros	Green Chemistry Letters & Reviews
17	Ouariachi et al. (2020)	Abordagens de gamificação para educação e engajamento em comportamentos pró-ambientais	Sustainability
18	Preuss (2013)	A contribuição dos grandes eventos para a economia verde	Sustainability
19	Schneider e Schaal (2018)	Jogos de smartphone no contexto da educação ambiental e desenvolvimento sustentável	Environmental Educ. Research
20	Pimentel (2015)	Brincadeiras de rua, convivência urbana e ecologia dos saberes	Revista Brasileira de Educação
21	Souza e Marques (2021)	Potencial da receptividade turística urbana à ecogamificação	Journal of Tourism and Development
22	Bressiani et al. (2020)	Aprendizado baseado em projetos ambientais na disciplina de tratamento de resíduos	Revista Virtual de Química

Quadro 1 - Publicações selecionadas para composição dos corpora textuais

(conclusão)

n	Pesquisadores	Foco da Pesquisa	Periódico
23	Higuchi et al. (2019)	Recursos educacionais para simular dilemas socioambientais na educação ambiental	Desenvolvimento e Meio Ambiente
24	Pinheiro e Oliveira (2020)	Jogos educacionais digitais na educação de jovens e adultos	Texto Livre
25	Targa et al. (2022)	Jogos digitais aplicados ao meio ambiente e a água	Revista Ciências Ambientais
26	Mélega e Targa (2020)	Um jogo digital como ferramenta de ensino-aprendizagem no ensino fundamental	Ambiente & Água

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a etapa de pré-processamento dos corpora, obteve-se um panorama inicial das discussões sobre o uso da gamificação como recurso didático ao ensino e aprendizagem de temas ambientais por meio de nuvens de palavras apresentada na Figura 2, que destaca os termos mais frequentes nos fragmentos textuais analisados.

A representação visual apresentada revela uma perspectiva enriquecedora na compreensão dos recursos didáticos, enfatizando a dimensão lúdica dos jogos como uma abordagem muito importante na ESA. Por meio da sua observação, evidencia-se que a utilização de jogos pode integrar de maneira harmoniosa o ensino, o conhecimento, a pesquisa e a sustentabilidade ambiental. Assim, é incontestável que a ludicidade se apresenta como uma oportunidade concreta para estabelecer uma conexão sinérgica entre diversão e educação, beneficiando-se mutuamente. Portanto, a convergência entre a narrativa dos jogos e o aprendizado ambiental oferece uma visão estimulante para impulsionar o envolvimento ativo dos alunos, ressaltando a importância dessa abordagem na educação contemporânea.

Figura 2 - Nuvem de palavras obtida a partir dos artigos selecionados

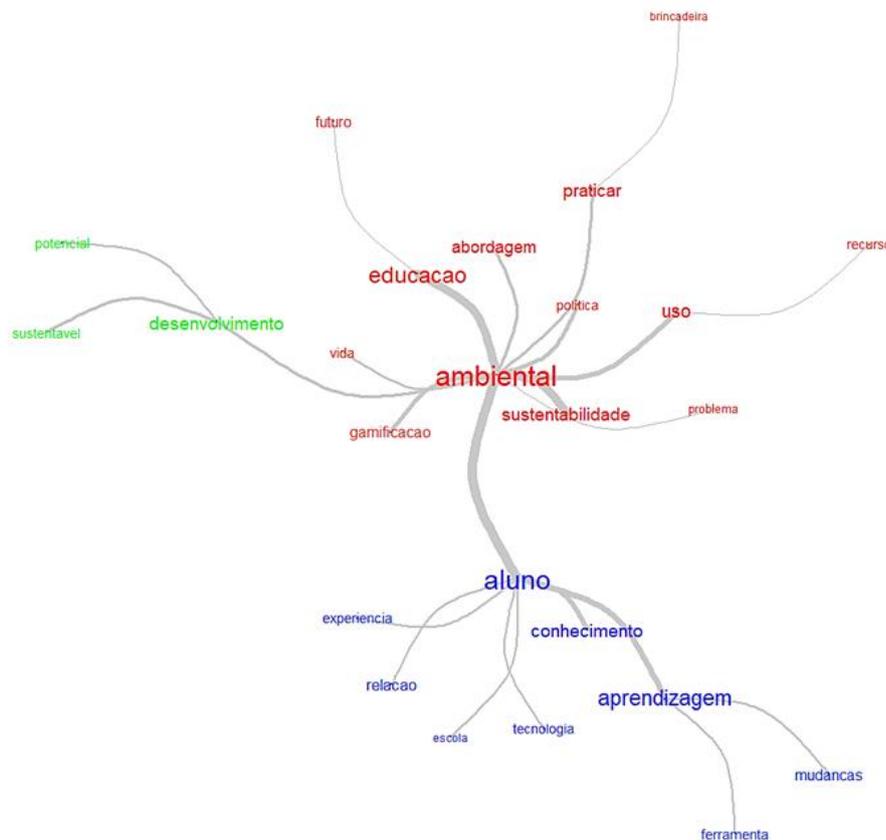


Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando a educação ambiental como uma árvore do conhecimento, a escola e os docentes assumem o papel de raízes, fundamentais para nutrir e sustentar o crescimento da aprendizagem. À medida que os alunos se desenvolvem, os galhos se estendem para o alto, e a educação ambiental solidifica-se como um tronco robusto. Esse tronco, por sua vez, ramifica-se em direção ao

desenvolvimento sustentável, florescendo como frutos da interligação entre ensino, conhecimento e a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer o bem-estar das gerações futuras, conforme preconizado pela OECD (2023). Essa descrição sublinha a relevância de equilibrar os elementos econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento, assegurando que o avanço atual não comprometa as oportunidades e os recursos acessíveis para as próximas gerações. Ao exemplificar os resultados da AS com o IRaMuTeQ, a árvore máxima apresentada na Figura 3 oferece uma representação visual que respalda a analogia previamente descrita. Ao considerar, ainda, os artigos elencados no Quadro 1, torna-se evidente que a utilização pedagógica da gamificação não só enriquece a experiência dos estudantes, mas também se configura como uma estratégia viável e promissora para fomentar a sensibilização ambiental.

Figura 3 - Análise de similitude (AS) obtida a partir dos corpora textuais



Fonte: Elaborado pelos autores.

Sob essa perspectiva, ao integrar a inserção de jogos à percepção e à experiência dos alunos, tanto as contribuições de Ferguson et al. (2020) quanto de Souza e Marques (2021) destacam a gamificação como uma abordagem pedagógica robusta e versátil para engajar públicos diversos, fornecendo resultados tanto no ensino formal quanto na promoção de práticas sustentáveis. Ao explorar a estrutura histórica e a narrativa dos jogos, aliadas aos efeitos desses aspectos na interação dos estudantes, Ferguson et al. (2020) investigaram a aplicação de jogos em ambientes hipermídia como um meio de estimular a experiência educacional na sala de aula. Da mesma forma, a pesquisa de Souza e Marques (2021) contribuiu para a compreensão do conceito de 'ecogamificação' no contexto do turismo sustentável, analisando os fatores que impactam a receptividade dos turistas urbanos aos jogos que incentivam comportamentos ecológicos. Embora ressaltem a relevância da gamificação na educação ambiental, esses estudos também realçam sua aplicabilidade em diferentes domínios, evidenciando a transversalidade da temática. Ao considerar as distintas abordagens adotadas por esses pesquisadores, fica evidente que a gamificação é uma ferramenta educacional multifacetada, que pode catalisar a sensibilização ambiental mútua e promover a sustentabilidade de diversas maneiras.

Seguindo essa mesma linha de pensamento, as pesquisas de Ouariachi et al. (2020), Schroth et al. (2014) e Janakiraman et al. (2021) destacam a interatividade como um meio efetivo para oportunizar mudanças de comportamento entre os estudantes. Um tema comum nessas pesquisas é a relevância de envolver os participantes em atividades que lhes permitam vivenciar as consequências de suas escolhas ambientais em ambientes de realidade virtual. Nesses ambientes, Ouariachi et al. (2020) contextualizam a gamificação como uma prática pedagógica que pode dinamizar mudanças comportamentais de longo prazo, como a redução significativa no consumo de recursos hídricos entre os participantes, bem como a adoção sustentável de práticas de reciclagem em suas rotinas diárias. Paralelamente, Schroth et al. (2014) e Janakiraman et al. (2021) exploram como os jogos em realidade virtual atuam nessas mudanças, realçando sua capacidade de persuadir e envolver emocionalmente os alunos no processo de ensino e aprendizado da ESA.

Da mesma maneira, ao ressaltar a interseção entre políticas ambientais e as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), que abrangem máquinas e programas que facilitam o acesso ao conhecimento, as pesquisas de Hakansson et al. (2018), Mélega e Targa (2020), e Targa et al. (2022) sublinham a importância desses elementos na promoção de adequações e atitudes em prol da sustentabilidade. Segundo esses autores, as TICs ampliaram significativamente as possibilidades de pesquisa e acesso à informação para os alunos, habilitando-os com recursos e ferramentas que transformam a aprendizagem em um processo ativo, no qual eles desempenham um papel central no seu próprio desenvolvimento educacional.

Hakansson et al. (2018) concentram-se na dimensão política da educação ambiental, apresentando jogos que ajudam os estudantes a compreenderem a legislação e regulamentações ambientais. Essa abordagem favorece uma visão mais aprofundada dos desafios, programas e iniciativas sustentáveis, abrangendo tanto a escala local quanto global. Em um desses jogos, Hakansson et al. (2018) introduzem uma atividade focada em direcionar a atenção dos estudantes para a vida social dentro de sua instituição, visando ampliar a diversidade de vozes e alternativas consideradas no contexto escolar. O jogo proposto incentiva equipes de estudantes a promover a participação de diversos atores, cada um contribuindo com sua expertise, sugestões e contribuições para as atividades de desempenho ambiental. Este enfoque busca estimular os estudantes a se envolverem democraticamente nas decisões relacionadas a questões de sustentabilidade. Alinhadas a essas ideias, Lotan (2022) destaca a importância da incorporação do trabalho em grupo como estratégia pedagógica nas escolas, argumentando que ela cria um ambiente de aprendizado mais interativo e oferece oportunidades para aprimorar as abordagens educacionais. No entanto, a autora salienta que o propósito da formação de grupos e jogos colaborativos vai além da simples união de esforços para a realização de uma tarefa, pois potencializam o conhecimento coletivo e a troca de ideias, permitindo que os participantes contribuam com diferentes perspectivas e habilidades, enriquecendo, assim, o resultado final da experiência.

Com esse mesmo propósito, Mélega e Targa (2020) dão ênfase aos jogos embasados em temas ecológicos, explorando de maneira incisiva o potencial da gamificação em relação à gestão sustentável dos recursos hídricos. Os autores destacam que os jogos eletrônicos podem ser ajustados para tratar de questões adicionais, como a produção e o consumo de energia, as mudanças climáticas, as emissões de gases de efeito estufa e modificações no uso e cobertura do solo, entre outras. Tanto Mélega e Targa (2020) como Targa et al. (2022) afirmam que a flexibilidade e a capacidade de personalização oferecidas pelas TICs possibilitam a adaptação de conceitos e desafios ambientais a diferentes contextos e públicos, ampliando assim o alcance da sensibilização na ESA.

Lathwesen e Belova (2021) examinam a crescente aplicação de jogos “escape rooms” como ferramenta didática na educação ambiental. Segundo Dietrich (2018), originalmente, esses jogos eram atividades de entretenimento onde os participantes, trancados em uma sala tematicamente decorada, trabalham juntos para resolver enigmas e desafios dentro de um tempo limitado a fim de escapar do local. O gênero se expandiu para incluir versões virtuais e jogos de computador que simulam a experiência de uma ‘sala de escape’, permitindo que os jogadores participem de desafios em grupos colaborativos. Essas pesquisas descrevem esse formato como uma tendência notável na educação STEM (do inglês *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), sublinhando a necessidade de abordagens mais adaptáveis e de um maior respaldo empírico para fortalecer sua utilização na ESA, algo que permitirá aproveitar ao máximo o potencial dos ambientes de ensino-aprendizagem oferecidos por esses jogos.

Diante desses relatos, a gamificação emerge como uma poderosa ferramenta educacional, uma vez que pode envolver os alunos em narrativas educacionais interativas que abordam problemas ambientais, inserindo-os em ambientes repletos de oportunidades de exploração e de tomada de

decisões. Ao considerar as similaridades dos corpora, especificamente as destacadas por Ouariachi et al. (2020) e Janakiraman et al. (2021), torna-se evidente que a interatividade desempenha um papel central no engajamento dos estudantes no aprendizado de ciências ambientais, capaz de promover conscientização e ações em prol da sustentabilidade. Além disso, a 'ecogamificação', discutida por Souza e Marques (2021) e Targa et al. (2022), demonstra como a incorporação de jogos em contextos sustentáveis específicos pode efetivamente articular a sensibilização ambiental mútua entre os estudantes, ressaltando a importância de uma abordagem pedagógica personalizada para otimizar a dinâmica da temática nas salas de aula.

Nessa perspectiva, a ludicidade dos jogos não deve apenas proporcionar uma abordagem educacional divertida e interativa para os estudantes, mas ser adaptada para atender aos diferentes níveis de conhecimento e habilidades dos alunos, sendo fundamental que os professores avaliem se a incorporação de recursos tecnológicos alternativos verdadeiramente beneficia a aprendizagem ou se os jogos tendem a se assemelhar a atividades de entretenimento (ARRUDA e CASTRO SIQUEIRA, 2021). Ao refletir sobre essa questão e, conseqüentemente, ao incorporar tecnologias que incentivem a exploração, a colaboração e a resolução de problemas, os educadores podem ajudar os estudantes a cultivarem uma compreensão mais profunda dos desafios ambientais e fomentar a adoção de práticas sustentáveis mais duradouras.

Reflexões sobre desafios e potencialidades da gamificação na ESA

Segundo Gonçalves et al. (2023), a inclusão do ensino de temas ambientais nas escolas brasileiras teve início com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, em 1961. Antes desse marco, o conteúdo de Ciências Naturais era ministrado apenas nas últimas séries do antigo curso ginasial (BRASIL, 1998), e somente com a promulgação da Lei nº 5.692/71 tornou-se uma disciplina obrigatória em todo o ensino básico. De acordo com Souza e Bernardes (2019), a Lei nº. 9.795/99, que estabeleceu a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999), reforça, em seu artigo 2º, a importância da educação ambiental como um componente fundamental e contínuo no sistema educacional de todo o país, exigindo que seja incorporada de maneira articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo.

Hoje, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é quem estabelece diretrizes para o ensino de Ciências da Natureza, que se desdobra em três unidades temáticas: Matéria e Energia, Vida e Evolução, Terra e Universo, cada uma delas detalhando objetivos de aprendizagem alinhados com habilidades específicas a serem adquiridas pelos estudantes (BRASIL, 2018). Adicionalmente, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) representam um instrumento de orientação para os currículos da educação básica nos estados e municípios, flexibilizando e adaptando as necessidades da educação ambiental a diferentes realidades (BRASIL, 1998). De acordo com os PCNs, o meio ambiente é considerado um tema transversal na educação, que deve ser trabalhado com enfoque nos aspectos sociais, econômicos, políticos e ecológicos, transcendendo as fronteiras disciplinares, atravessando todas as áreas do conhecimento.

Para Silveira et al. (2021), no âmbito da educação ambiental, é de suma importância considerar os diferentes elementos recomendados pela BNCC e pelos PCNs. Para esses autores, a ESA deve estimular discussões sobre os desafios que afetam a sociedade e influenciam o cotidiano das pessoas, habilitando os indivíduos a traduzirem sua compreensão das questões ambientais em ações práticas. Nesse sentido, a ESA pode contribuir significativamente para o desenvolvimento do senso de responsabilidade pessoal, um fator fundamental na adoção de práticas sustentáveis (LATHWESEN e BELOVA, 2021). Sem dúvida, ao criar ambientes virtuais nos quais os alunos podem experimentar as consequências de suas escolhas ambientais, a gamificação desempenha função altamente relevante, tornando a aprendizagem e os impactos das mudanças ambientais mais visíveis e palpáveis.

De fato, a inclusão de jogos nas salas de aula deve ser uma pauta constante de discussão educacional, especialmente, nos cursos de formação de professores. Person et al. (2019) afirmam que a formação inicial e continuada abre caminho para a exploração das características interativas dessas ferramentas, possibilitando, assim, um envolvimento mais profundo dos alunos no processo de aprendizado. Nessa perspectiva, a formação contínua dos docentes estabelece as bases necessárias para que os estudantes desenvolvam a capacidade de agir de forma responsável e autônoma dentro do contexto sociocultural (FREIRE, 2007) e, sendo assim, os professores não devem apenas reproduzir informações sobre questões ambientais, mas também inspirar e motivar os alunos a se tornarem agentes de mudança em relação a elas (RODRIGUES e PORTELA, 2022).

Considerando a BNCC e as teorias pedagógicas que enfatizam a promoção da equidade e oportunidades iguais na educação, o alinhamento entre o uso de jogos e os ODS pode ser notável, especialmente em relação ao ODS 4, que enfatiza a importância da 'Educação de Qualidade', e ao ODS 13, que promove 'Ações contra a Mudança Global do Clima'. Quando bem planejada, sua integração como recurso pedagógico na ESA se configura como uma plataforma de aprendizado capaz de endereçar diretamente esses objetivos, estimulando a sensibilização ambiental e a compreensão dos alunos. Desse modo, a gamificação não apenas pode complementar, mas também ampliar os esforços para alcançar os ODS, preparando as futuras gerações com o conhecimento e a motivação necessários para contribuir para um mundo mais sustentável e resiliente.

Cabe ressaltar, conforme a AS, que uma das contribuições mais notáveis da gamificação é sua capacidade de influenciar de maneira positiva as atitudes e os comportamentos dos estudantes. De acordo com Douglas e Brauer (2021), isso ocorre porque muitos elementos e técnicas de design de jogos se alinham com os mecanismos psicológicos que motivam a mudança de comportamento dos indivíduos.

Gifford (2011), por exemplo, argumenta que os jogos podem reforçar atitudes pró-ambientais que os estudantes devem adotar, instruindo-os sobre práticas sustentáveis das quais podem não estar cientes. Em uma abordagem semelhante, White et al. (2019) afirmam que, ao comparar o comportamento dos jogadores e recompensar aqueles que adotam determinados comportamentos, jogos e aplicativos têm o potencial de estabelecer determinadas atitudes como socialmente normativas e, como realçado por Person et al. (2019), essa abordagem prática geralmente se mostra mais eficaz do que a simples transmissão de informações teóricas. No entanto, a incorporação de jogos nas práticas de ensino representa um desafio considerável para os educadores, que precisam ajustar as atividades de acordo com os objetivos curriculares e as necessidades individuais de seus alunos.

Certamente, a aplicação de abordagens mais inclusivas e equitativas também podem desempenhar um papel fundamental na promoção da sensibilização para a sustentabilidade ambiental. Ao aplicar tais princípios em jogos direcionados à ESA, é possível criar experiências educacionais que promovam a participação de todos os estudantes, independentemente de suas origens ou habilidades (LOTAN, 2022). Ao formar grupos de trabalho heterogêneos, por exemplo, onde cada membro contribui com suas habilidades e perspectivas únicas, os jogos podem criar um ambiente inclusivo para a troca de ideias e colaboração. Além disso, a incorporação de elementos interativos que considerem a diversidade de estilos de aprendizagem e diferentes modos de expressão assegura que todos os participantes tenham a oportunidade de se desenvolver plenamente. Dessa forma, uma abordagem mais inclusiva em jogos para a sensibilização ambiental fortalece a compreensão coletiva dessas questões, nutrindo um ambiente educacional que valoriza a contribuição de cada indivíduo, promovendo assim a equidade.

No entanto, para atingir esse objetivo, é imprescindível investir em políticas públicas que incentivem a formação contínua dos educadores, cientes de que a formação inicial e continuada dos docentes, embora sejam elementos fundamentais, não constituem uma solução universal para todos os desafios relacionados à implementação de inovações nas escolas. Adicionalmente, compreende-se que a infraestrutura das escolas, incluindo a disponibilidade de tecnologias e recursos educacionais, tem um papel-chave na efetivação de práticas pedagógicas inovadoras, pois a insuficiência de recursos pode comprometer a implementação de estratégias, como a integração de jogos. Além disso, a carga horária dos professores e suas múltiplas responsabilidades pedagógicas e administrativas precisam ser levadas em consideração, uma vez que a falta de tempo disponível para a adaptação e implementação de novas abordagens pode impactar diretamente a eficácia dessas iniciativas.

Cruz et al. (2020) destacam que a seleção criteriosa dos jogos e atividades, juntamente com o desenvolvimento de estratégias pedagógicas para integrá-los aos planos de aula, é essencial para garantir uma abordagem coesa e efetiva. Nessa perspectiva, a falta de recursos tecnológicos em algumas instituições de ensino, como citado anteriormente, pode limitar o acesso dos alunos a essas ferramentas de aprendizado. Contudo, o compartilhamento de boas práticas e a promoção da colaboração entre educadores assumem um papel vital na criação de uma rede favorável para a bem-sucedida integração de jogos na educação ambiental, contribuindo para tornar os recursos mais acessíveis aos alunos.

Considera-se, no entanto, que a implementação dos jogos nas escolas deve ser vista com cautela, pois, é preciso reconhecer as diversas particularidades presentes nas atividades docentes, tais como a ampla gama de contextos escolares em que atuam e as variadas necessidades dos alunos, dado que

diversidade exige a adoção de estratégias educacionais adaptativas e personalizadas. Somente ao levar em conta a heterogeneidade dos ambientes escolares e das demandas dos alunos será possível garantir que as iniciativas de integração dos jogos sejam pertinentes e viáveis nos diferentes contextos educacionais.

Assim, compreende-se que há a necessidade de uma investigação mais profunda e detalhada neste campo, abordando questões como a adaptação de jogos voltados à ESA a diferentes contextos culturais e educacionais, avaliações de longo prazo nas mudanças de atitudes dos alunos e estratégias pedagógicas específicas para a integração efetiva nas escolas. Além disso, a pesquisa deve manter-se alinhada com a evolução contínua das TICs e práticas pedagógicas, garantindo uma abordagem dinâmica e atualizada, algo essencial para assegurar que a sensibilização ambiental, impulsionada por essas inovações, esteja em consonância com as necessidades e a constante transformação da sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos artigos selecionados revela um cenário enriquecedor e inovador para a implementação dos jogos na ESA, uma vez que a fusão da educação ambiental com a tecnologia demonstra capacidade de gerar sensibilização ambiental e mudanças de atitudes entre os estudantes. Além disso, a pesquisa em questão contribuiu significativamente para o campo da educação ambiental ao explorar as interseções entre a gamificação e práticas educativas ambientais, transcendendo as fronteiras das publicações brasileiras. Não se limita apenas a oferecer uma análise das abordagens gamificadas em contextos educacionais, mas também amplia o escopo ao considerar diversas perspectivas, fortalecendo o entendimento sobre o potencial e os desafios da gamificação na promoção da sensibilização ambiental.

No que concerne à proposta de gamificação nas escolas, é importante abordar a questão com a devida cautela, promovendo uma avaliação cuidadosa e contextualizada sobre sua implementação. Ao reconhecer os desafios potenciais, como o tempo exigido para a implementação efetiva, a disponibilidade da escola para acatar a proposta, bem como as condições de trabalho dos docentes e as circunstâncias de estudo dos alunos, a pesquisa oferece relevantes percepções para educadores, gestores escolares e formuladores de políticas. Esses dados fomentam reflexões essenciais para a tomada de decisões informadas sobre a viabilidade e eficácia da gamificação na educação ambiental, fundamentais para uma abordagem realista e aplicável, reconhecendo as complexidades envolvidas na integração bem-sucedida da gamificação no contexto educacional.

Contudo, é imperativo investir em políticas públicas que promovam a alocação de recursos tecnológicos nas escolas, incentivem a formação contínua dos educadores e estimulem a participação ativa dos estudantes. Embora a preparação dos professores não ofereça uma solução única para todos os desafios ligados à introdução de novas práticas nas instituições educacionais, é inegável que desempenha um papel crucial na concretização dessa abordagem, assegurando o acesso a estratégias alinhadas com os ODS, também cultivando as habilidades e competências necessárias para a integração da tecnologia associada aos jogos no ensino dos alunos. Esses elementos desempenham um papel-chave na construção de um futuro mais sustentável, sendo capazes de impulsionar a sensibilização ambiental e a mudança de comportamento em prol da sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de estudos Práticas Pedagógicas em Matemática (PPMat), ao Mestrado Profissional em Educação (MPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade de Taubaté pelo apoio técnico e institucional oferecido.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, J. S.; CASTRO SIQUEIRA, L. M. R. Metodologias Ativas, Ensino Híbrido e os Artefatos Digitais: sala de aula em tempos de pandemia. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades**, v. 3, n. 1, p. e314292-e314292, 2021. <https://doi.org/10.47149/pemo.v3i1.4292>

- BASCOUL, G.; SCHMITT, J.; RASOLOFOARISON, D.; CHAMBERLAIN, L.; LEE, N. Using an experiential business game to stimulate sustainable thinking in marketing education. **Journal of Marketing Education**, v. 35, n. 2, p. 168-180, 2013. <https://doi.org/10.1177/0273475313491497>
- BELLOTTI, F.; KAPRALOS, B.; LEE, K.; MORENO-GER, P.; BERTA, R. Assessment in and of serious games: An overview. **Advances in human-computer interaction**, v. 2013, p. 1-1, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/136864>
- BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei 9795/1999: da Educação Ambiental. Brasília, DF: 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 05 out. 2023.
- BRASIL. CNOBS (Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável). Plano de Ação 2017-2019. <http://www4.planalto.gov.br/ods/publicações/plano-de-acao-da-cnods-2017-2019>. Acesso em: 01 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 01 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Ciências Naturais. Brasília, DF: MEC, 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023.
- BRESSIANI, T. S. C.; OLIVEIRA, M. L.; RAINHA, K. P.; SANTANA, Í. L.; BARROS, J. R. P. M.; LELIS, M. F. F.; MOURA, P. R. G. Project-based learning in the discipline waste treatment and environment: a case study. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, p. 356-367, 2020. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200028>
- BUSARELLO, R. I. **Gamification: princípios e estratégias**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016. 126p.
- CASTANHO, A. F. A. O jogo e seu lugar na aprendizagem da Matemática. **Nova Escola**, v. 260, 2013. <https://novaescola.org.br/conteudo/1784/o-jogo-e-seu-lugar-na-aprendizagem-da-matematica>.
- CHENG, Y.; LOU, S.; KUO, S.; SHIH, R. Investigating elementary school students' technology acceptance by applying digital game-based learning to environmental education. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 29, n. 1, p. 96–110, 2013. <https://doi.org/10.14742/ajet.65>
- CROOKALL, D. Serious games, debriefing, and simulation/gaming as a discipline. **Simulation & Gaming**, v. 41, n. 6, p. 898-920, 2010. <https://doi.org/10.1177/1046878110390784>
- CRUZ, G. R.; LIMA, M. R.; NASCIMENTO, S. S. Jogos eletrônicos na formação de professores: uma revisão sistemática no Portal de Periódicos da Capes. **Teoria e Prática da Educação**, v. 23, n. 2, p. 117-141, 2020. <https://doi.org/10.4025/tpe.v23i2.52971>
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: defining "Gamification". MindTrek '11, **Proceedings from the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments**. New York: ACM Press, p. 9-15, 2011. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- DIETRICH, N. Escape classroom and the Leblanc process: an educational "escape game". **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 6, p. 996-999, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00690>
- DOUGLAS, B. D.; BRAUER, M. Gamification to prevent climate change: A review of games and apps for sustainability. **Current Opinion in Psychology**, v. 42, p. 89-94, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.04.008>
- FERGUSON, C.; VAN DEN BROEK, E. L.; VAN OOSTENDORP, H. On the role of interaction mode and story structure in virtual reality serious games. **Computers & Education**, v. 143, p. 103671, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103671>
- FERREIRA, W. J.; RICHETTO, K. C. S.; VEIGA, S. A.; RIBEIRO, M. T. M.; GOUVEA, E. J. C. Math phobia and maths anxiety: multidisciplinary approaches for a more inclusive and equitable education in Brazil. **Concilium**, v. 23, n. 10, p. 1-15. <https://doi.org/10.53660/CLM-2205-23Q30>
- GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. V. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da informação*, v. 6, p. 57-73, 2019. <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>

- GEE, J. P. What video games have to teach us about learning and literacy. **Computers in entertainment (CIE)**, v. 1, n. 1, p. 20-20, 2003. <https://doi.org/10.1145/950566.950595>
- GIFFORD, R. The dragons of inaction: psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation. **American Psychologist**, v. 66, n. 4, p. 290, 2011. <https://doi.org/10.1037/a0023566>
- GONÇALVES, R. R.; PEIXOTO, S. C.; DE FATIMA VESTENA, R. Ciências da natureza, BNCC E BNC-formação: descompassos na formação docente e demandas curriculares em uma instituição de ensino superior do RS. **VIDYA**, v. 43, n. 1, p. 261-279, 2023. <https://doi.org/10.37781/vidya.v43i1.4480>
- GREGORY, S.; LEE, M. J. W.; DALGARNO, B.; TYNAN, B. **Learning in virtual worlds: Research and applications**. Athabasca, Canada: Athabasca Univ. Press, v. 1, 347p, 2016.
- HÅKANSSON, M.; ÖSTMAN, L.; VAN POECK, K. The political tendency in environmental and sustainability education. **European Educational Research Journal**, v. 17, n. 1, p. 91-111, 2018. <https://doi.org/10.1177/1474904117695278>
- HARKER-SCHUCH, I.; MILLS, F.; LADE, S.; COLVIN, R. CO2peration: Structuring a 3D interactive digital game to improve climate literacy in the 12-13-year-old age group. **Computers & Education**, n. 144, p. 103705, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103705>
- HIGUCHI, M. I. G.; AZEVEDO, G. C.; ALVES, I. R. S. Amazonian ecoethos: An educational resource for simulating socioenvironmental dilemmas in environmental education. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 51, p. 104–126, 2019. <https://doi.org/10.5380/dma.v51i0.62798>
- HOWES, M.; WORTLEY, L.; POTTS, R.; DEDEKORKUT-HOWES, A.; SERRAO-NEUMANN, S.; DAVIDSON, J.; SMITH, T.; NUNN, P. Environmental sustainability: a case of policy implementation failure?. **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 165, 2017. <https://doi.org/10.3390/su9020165>
- HSIAO, H. A brief review of digital games and learning. In: **2007 First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL'07)**. IEEE, p. 124-129, 2007. <https://doi.org/10.1109/DIGITEL.2007.3>
- JANAKIRAMAN, S.; WATSON, S. L.; WATSON, W. R.; NEWBY, T. Effectiveness of digital games in producing environmentally friendly attitudes and behaviors: A mixed methods study. **Computers & Education**, n. 160, p. 104043, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104043>
- KATSALIAKI, K.; MUSTAFEE, N. Edutainment for sustainable development: A survey of games in the field. **Simulation & Gaming**, v. 46, n. 6, p. 647-672, 2015. <https://doi.org/10.1177/1046878114552166>
- KIRCHHERR, J.; PISCICELLI, L. Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 150, p. 104406, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104406>
- LATHWESEN, C.; BELOVA, N. Escape rooms in stem teaching and learning—Prospective field or declining trend? A literature review. **Education Sciences**, v. 11, n. 6, p. 308, 2021. <https://doi.org/10.3390/educsci11060308>
- LOTAN, R. A. Equitable classrooms. In: WEBSTER, Murray; WALKER, Lisa Slattery (Ed.) **Unequals: The power of status and expectations in our social lives**. Oxford: Oxford University Press, p. 178-200t, 2022.
- MEDEIROS, E. A.; AMORIM, G. C. C. Análise textual discursiva: dispositivo analítico de dados qualitativos para a pesquisa em educação. **Laplace em revista**, v. 3, n. 3, p. 247-260, 2017. <https://doi.org/10.24115/S2446-6220201733385p.247-260>
- MEI, B.; YANG, S. Nurturing environmental education at the tertiary education level in China: can mobile augmented reality and gamification help? **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4292, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11164292>
- MÉLEGA, J. C.; TARGA, M. S. A digital game about water use as a teaching-learning tool in elementary school. **Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 15, n. 7, p. 1-16, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2562>
- MELLOR, K. E.; COISH, P.; BROOKS, B. W.; GALLAGHER, E. P.; MILLS, M.; KAVANAGH, T. J.; SIMCOX, N.; LASKER, G. A.; BOTTA, D.; VOUTCHKOVA-KOSTAL, A.; KOSTAL, J.; MULLINS, M. L.; NESMITH, S. M.; CORRALES, J.; KRISTOFKO, L.; SAARI, G.; STEELE, W. B.; MELNIKOV, F.;

- ZIMMERMAN, J. B.; ANASTAS, P. T. The safer chemical design game. Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 11, n. 2, p. 103–110, 2018. <https://doi.org/10.1080/17518253.2018.1434566>
- MERCER, T. G.; KYTHREOTIS, A. P.; ROBINSON, Z. P.; STOLTE, T.; GEORGE, S. M.; HAYWOOD, S. K. The use of educational game design and play in higher education to influence sustainable behaviour. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 18, n. 3, p. 359–384, 2017. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2015-0064>
- MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. **Serious games: Games that educate, train, and inform**. Muska & Lipman/Premier-Trade. Boston, USA: Cengage Learning PTR, v. 1, 352p., 2005.
- MORENO, C. H. P.; ACERO, I. D. M.; RODRIGUEZ, N. H. P. Education for environment care: contribution through human ecology. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 15, p. 3912–3915, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.393>
- OUARIACHI, T.; LI, C.; ELVING, W. Gamification approaches for education and engagement on pro-environmental behaviors: Searching for best practices. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 123–145, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12114565>
- PERSON, V. A.; BREMM, D.; COSTA GÜLLICH, R. I. A formação continuada de professores de ciências: elementos constitutivos do processo. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 10, n. 3, p. 141–147, 2019. <https://doi.org/10.24317/2358-0399.2019v10i3.10840>
- PIMENTEL, Á. Brincadeiras de rua, convivência urbana e ecologia dos saberes. **Revista Brasileira de Educação**, v. 20, n. 62, p. 703–721, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782015206208>
- PINHEIRO, R. C.; OLIVEIRA, J. R. A utilização de jogos digitais educacionais na educação de jovens e adultos. **Texto Livre**, v. 13, n. 3, p. 200–223, 2020. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2020.25572>
- PREUSS, H. The contribution of the FIFA world cup and the Olympic games to green economy. **Sustainability**, v. 5, n. 8, p. 3581–3600, 2013. <https://doi.org/10.3390/su5083581>
- RAMOS, A.; FARIA, P. M.; FARIA, Á. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Revista Diálogo Educacional**, p. 17–36, 2014. <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.14.041.DS01>
- RODRIGUES, E. M. de C.; PORTELA, M. O. B. Uma experiência na residência pedagógica de geografia/UFPI: uso de jogos e aprendizagem significativa. **Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 85, p. 283–292, 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238557960>
- ROSA, M. A.; KAUCHAKJE, S.; FONTANA, M. I. **Educação ambiental na escola: literatura internacional e análise de estudos brasileiros**. New York, USA: Scielo Preprints, n. 2591, 24p, 2021.
- SCHNEIDER, J.; SCHAAL, S. Location-based smartphone games in the context of environmental education and education for sustainable development: fostering connectedness to nature with Geogames. **Environmental Education Research**, v. 24, n. 11, p. 1597–1610, 2018. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1383360>
- SCHROTH, O.; ANGEL, J.; SHEPPARD, S.; DULIC, A. Visual climate change communication: From iconography to locally framed 3D visualization. **Environmental Communication**, v. 8, n. 4, p. 413–432, 2014. <https://doi.org/10.1080/17524032.2014.906478>
- SCHULZE, J.; MARTIN, R.; FINGER, A.; HENZEN, C.; LINDNER, M.; PIETZSCH, K.; WERTZE, A.; ZANDER, U.; SEPPELT, R. Design, implementation and test of a serious online game for exploring complex relationships of sustainable land management and human well-being. **Environmental Modelling and Software**, v. 65, p. 58–66, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.11.029>
- SCHÜTZE, H.; MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P. **Introduction to information retrieval**. Cambridge, UK: Camb. Univ. Press, v. 39, p. 19–32, 2008.
- SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual review of psychology**, v. 70, p. 747–770, 2019. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>

- SILVEIRA, D. P.; SILVA, J. C. S.; LORENZETTI, L. A Educação Ambiental e o Ensino de Ciências nos anos iniciais: contribuições para a formação cidadã. **VIDYA**, v. 41, n. 2, p. 41-59, 2021. <https://doi.org/10.37781/vidya.v41i2.3824>
- SIMPSON, P.; JENKINS, P. Gamification and Human Resources: an overview. **Brighton: Brighton Business School**, p. 1-6, 2015.
- SOARES, J. R.; MEZALIRA, S. M.; COSTELLA, R. Z.; ROBAINA, J. V. L. O estado da arte sobre bacias hidrográficas e sua relação com a educação ambiental. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e540997591, 2020. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/243397>
- SOUZA, R. V.; BERNARDES, M. B. J. Educação ambiental: concepções e práticas de professores de escolas públicas de Ituiutaba-MG. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 72, p. 264–274, 2019. <https://doi.org/10.14393/RCG207245443>
- SOUZA, V. S.; MARQUES, S. Potential of urban tourist receptivity to ecogamification: Framework and research propositions. **Journal of Tourism and Development**, v. 36, n. 2, p. 553–574, 2021. <https://doi.org/10.1108/IJTC-08-2021-0165>
- SPRAIN, L.; TIMPSON, W. M. Pedagogy for sustainability science: Case-based approaches for interdisciplinary instruction. **Environmental Communication: A Journal of Nature and Culture**, v. 6, n. 4, p. 532-550, 2012. <https://doi.org/10.1080/17524032.2012.714394>
- STOKES, L. C.; SELIN, N. E. The mercury game: evaluating a negotiation simulation that teaches students about science-policy interactions. **Journal of Environmental Studies and Sciences**, v. 6, p. 597-605, 2016. <https://doi.org/10.1007/s13412-014-0183-y>
- SU, C. Exploring sustainability environment educational design and learning effect evaluation through migration theory: An example of environment educational serious games. **Sustainability**, v. 10, n. 10, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10103363>
- SURYANI, A.; SOEDARSO, M. S.; MUHIBBIN, Z.; WAHYUDDIN, T. H.; NURIF, M.; TRISYANTI, U.; RAHADIANANTINO, L.; RAHMAWATI, D. Education for environmental sustainability: a green school development. **IPTEK Journal of Proceedings Series**, n. 6, p. 65-72, 2019. <http://dx.doi.org/10.12962/j23546026.y2019i6.6347>
- TARGA, W. S.; TARGA, M. S.; MÉLEGA, J. C. Jogos digitais aplicados ao meio ambiente e a água. **Revista Técnica Ciências Ambientais**, v. 1, n. 6, p. 1-8, 2022. <http://www.ipabhi.org/repositorio/index.php/rca/article/view/83/95>
- VAN ECK, R. **Interdisciplinary models and tools for serious games: emerging concepts and future directions**. Hershey, USA: Information Science Publishing, v. 1, p. 368-378, 2010.
- WANG, A. I.; TAHIR, R. The effect of using Kahoot! for learning—A literature review. **Computers & Education**, v. 149, p. 103818, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818>
- WERBACH, K.; HUNTER, D.; DIXON, W. **For the win: How game thinking can revolutionize your business**. Philadelphia: Wharton digital press, v. 1, 2012, 206p. <https://picture.iczhiku.com/resource/paper/shkSGKokAlOelcNc.pdf>
- WHITE, K.; HABIB, R.; HARDISTY, D. J. How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework. **Journal of Marketing**, v. 83, n. 3, p. 22-49, 2019. <https://doi.org/10.1177/0022242919825649>
- YOUNG, T. C.; MALONE, K. Reconfiguring environmental sustainability education by exploring past/present/future pedagogical openings with preservice teachers. **Teaching in Higher Education**, v. 28, n. 5, p. 1077-1094, 2023. <https://doi.org/10.1080/13562517.2023.2197112>

Recebido em: 25/10/2023

Aceito para publicação em: 21/02/2024