

Faz a Limpa: Uma Experiência Maker no Ensino Público

Faz a Limpa: A Maker Experience in Public Education

Thamyres abreu ¹, Igor dos Santos Gomes ², Maria Júlia da Silva Costa ², Gustavo Kayan Moreira da Silva ²,
Júlia Santos ², Isaac Estevam ², Luiz Eduardo Figueiredo de Uzeda ²

¹ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ – Brazil

² Universidade Federal do Rio de Janeiro – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ – Brazil

thamyresabreu@pep.ufrj.br, igorsant.gomes@ufrj.br, majugtc04@gmail.com
gustavokayan.20231@poli.ufrj.br, julliajsantos@outlook.com,
Isaacestevam@poli.ufrj.br, leduzeda@outlook.com

Abstract. Introduction: This paper presents the board game “Faz a Limpa” developed using 3D printing and parametric modeling for public elementary education. The game promotes interdisciplinary learning in a playful and cooperative way. **Objective:** To create a collaborative game that fosters socio-emotional and cognitive skills by connecting school subjects with sustainable practices. **Methodology:** The methodology used was Design Thinking, following six stages: discovery, interpretation, ideation, prototyping, testing, and improvement, with active participation from students and teachers. **Expected Results:** The game is expected to increase student engagement with sustainability topics, strengthen teamwork, and encourage the use of accessible technologies in schools.

Keywords: Educational games, Sustainability, Basic education, Design Thinking, 3D printing.

Resumo. Introdução: Este artigo apresenta o jogo de tabuleiro Faz a Limpa, desenvolvido com impressão 3D e modelagem paramétrica para o ensino básico público. O jogo promove a aprendizagem interdisciplinar de forma lúdica e cooperativa. **Objetivo:** Criar um jogo colaborativo que estimule competências socioemocionais e cognitivas, relacionando conteúdos escolares com práticas sustentáveis. **Metodologia:** A metodologia utilizada foi o Design Thinking, passando por seis etapas: descoberta, interpretação, ideação, prototipação, teste e aprimoramento, com participação ativa de alunos e professores. **Resultados Esperados:** Espera-se que o jogo amplie o engajamento dos alunos com o tema da sustentabilidade, fortaleça o trabalho em equipe e incentive o uso de tecnologias acessíveis nas escolas. **Palavras-chave:** Jogos educativos, Sustentabilidade, Ensino básico, Design Thinking, Impressão 3D.

1. Introdução

Este artigo descreve o desenvolvimento de um jogo educativo para alunos do ensino básico público, utilizando modelagem paramétrica e impressão 3D FDM (*fused deposition modeling*), que tem como objetivo inserir conceitos de sustentabilidade de forma interdisciplinar no ensino básico público.

Observa-se uma crescente disseminação do movimento *maker* com a implementação de projetos, como o Ginásio Experimental Tecnológico do município do Rio de Janeiro e no ensino médio carioca, com a Sala Maker [ADERJ 2021; Prefeitura do Rio de Janeiro 2022]. O movimento *maker* estimula a inovação, criatividade e aprendizado prático através do lema “*do it yourself*”, valorizando a colaboração e a interdisciplinaridade, democratizando o acesso às ferramentas, como impressoras 3D, facilitando a criação e compartilhamento de projetos [Neto *et al.*, 2024]. Essas tecnologias, aliadas a metodologias ativas, ampliam a autonomia dos estudantes e tornam o conteúdo mais concreto e significativo [Soares e Ferreira, 2025; Abreu *et al.*, 2024]. Ainda, impacta a educação desenvolvendo habilidades essenciais, promovendo sustentabilidade, inclusão social e empreendedorismo, moldando um futuro criativo e inclusivo.

De acordo com os autores Silva *et al.* (2024), a implementação de jogos educacionais e têm mostrado benefícios significativos na educação para a sustentabilidade no ensino básico. Os autores demonstram que o uso de jogos estimula a criatividade, o raciocínio e o protagonismo dos alunos, favorecendo uma educação mais significativa. Além disso, os jogos promovem inclusão e interação entre os estudantes, incentivando atitudes conscientes e críticas. Ademais, autores como Li, Ma e Shi (2023) e Oliveira *et al.* (2025), apontam um ganho em aprendizado de 30% a 35% de alunos em disciplinas que aplicam a gamificação em comparação aos alunos submetidos ao ensino tradicional.

Os jogos colaborativos promovem habilidades essenciais de trabalho em equipe e comunicação, fundamentais para alcançar objetivos comuns, como completar tarefas complexas, resolver problemas, e alcançar metas específicas dentro do jogo [Cole *et al.*, 2024; Abreu *et al.*, 2025]. O jogo SCREENER exemplifica esses benefícios na prática ao estimular o engajamento e a motivação, por meio da criação de um ambiente de aprendizagem interativo [Noël *et al.*, 2021]. Além disso, esses jogos contribuem para o desenvolvimento de competências sociais e emocionais, como a resolução de conflitos e a tomada de decisões [Wang e Huang, 2021; Abreu *et al.*, 2025].

Para garantir o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro envolvente e educativo, é crucial a colaboração entre especialistas e partes interessadas [McGonigal, 2011]. A equipe foi composta por alunos de graduação, pós-graduação e especialistas em game design, que contribuíram com insights valiosos para o aprimoramento das mecânicas do jogo. Ademais, houve também participação de professores e alunos do ensino básico, assegurando que o produto atendesse às necessidades de todos os públicos envolvidos.

2. Referencial Teórico

A utilização de jogos educativos no contexto escolar tem ganhado crescente atenção devido aos múltiplos benefícios que oferecem ao processo de ensino-aprendizagem.

Schell (2008) enfatiza que esses jogos proporcionam uma abordagem envolvente e interativa, tornando a aprendizagem mais divertida e, conseqüentemente, mais atraente para os alunos. O autor argumenta que o design de jogos pode ser utilizado para criar experiências significativas, que facilitam a aquisição de conhecimentos e habilidades de forma lúdica e motivadora.

Nesse contexto, Hunicke, LeBlanc e Zubek (2004) introduziram o modelo MDA (Mecânicas, Dinâmicas e Estéticas), amplamente utilizado no desenvolvimento e na análise de jogos educativos. Esse modelo contribui para estruturar o *design* de jogos de forma que os objetivos educacionais sejam integrados diretamente às mecânicas, promovendo uma aprendizagem mais eficaz e engajadora. Estudos indicam que a utilização de mecânicas bem projetadas pode facilitar o aprendizado de conceitos complexos e estimular o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas [Grey *et al.*, 2017; Chen, 2019].

Os autores Silva *et al.* (2024) destacam que os jogos educativos não apenas aumentam o engajamento dos alunos, como também promovem a aprendizagem ativa. Eles incentivam os estudantes a participarem de forma mais ativa no processo de construção do conhecimento, em vez de atuarem como receptores passivos de informação. Essa abordagem pode favorecer uma compreensão mais profunda e uma maior retenção dos conteúdos, além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais.

De forma complementar, McGonigal (2011) argumenta que os jogos têm o potencial de transformar a educação ao proporcionar experiências que são, ao mesmo tempo, divertidas e educativas. Segundo a autora, os jogos podem ser utilizados para resolver problemas do mundo real e aprimorar o processo de aprendizagem, incentivando os alunos a aplicar os conhecimentos adquiridos de forma prática e relevante. Jogos educativos, quando bem projetados, são capazes de criar um ambiente de aprendizagem simultaneamente desafiador e recompensador, aumentando a motivação dos estudantes para aprender.

Por fim, Salen e Zimmerman (2004) apresentam uma visão aprofundada sobre os fundamentos do design de jogos e como esses princípios podem ser aplicados no contexto educacional. Os autores argumentam que os jogos podem atuar como ferramentas poderosas de ensino, ao proporcionar um ambiente de aprendizagem dinâmico e interativo. A estrutura de jogos bem elaborados favorece a aprendizagem de forma organizada, permitindo que os estudantes experimentem e adquiram conhecimento por meio da prática e da interação.

3. Metodologia

A metodologia Design Thinking aplicada a este projeto baseia-se nos conceitos destacados por Tim Brown (2008) e delineados pela IDEO (2012). Trata-se de uma abordagem interativa e centrada no ser humano, projetada para enfrentar problemas complexos. Essa metodologia fomenta a inovação em diversos setores, ao integrar as necessidades dos usuários com soluções tecnologicamente viáveis e estrategicamente sólidas. É composta por seis etapas principais, conforme ilustrado na Figura 1.

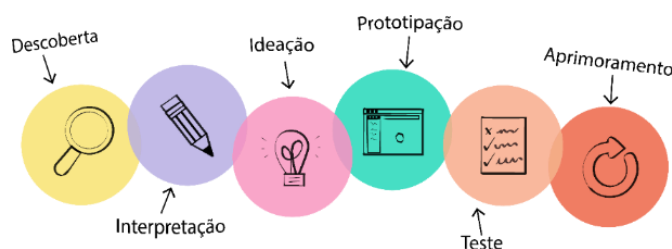


Figura 1. Metodologia *Design Thinking*

O projeto teve início na etapa de Descoberta, desenvolvida entre setembro de 2023 e janeiro de 2024, por meio de pesquisas sobre os conteúdos e a estruturação do Novo Ensino Médio. Essa fase contou com entrevistas realizadas com uma professora e trinta alunos do ensino básico do Colégio Estadual Professor Mendes de Moraes, escola parceira situada no Rio de Janeiro.

Em seguida, foi realizada a etapa de Interpretação, na qual dois bolsistas — um da área de *Design* e outro de Engenharia de Produção — buscaram e analisaram artigos relacionados ao desenvolvimento, implementação e eficácia de jogos educativos como ferramenta de apoio às metodologias de ensino ativas.

Na fase de Ideação, foram promovidas sessões de geração de ideias com a equipe do projeto, composta por um aluno de *Design*, um de Engenharia de Produção, uma aluna de mestrado e um especialista em desenvolvimento de jogos. Nessa etapa, foram aplicadas técnicas criativas e elaborados os primeiros esboços com o objetivo de propor soluções compatíveis com as demandas identificadas nas fases anteriores.

A etapa de Prototipação envolveu o desenvolvimento das modelagens dos componentes do jogo, o design das cartas e a elaboração do conteúdo pedagógico, este em parceria com a professora colaboradora.

Por fim, as fases de Teste e Aprimoramento foram realizadas de forma cíclica entre maio de 2024 e abril de 2025. Foram conduzidos oito testes em laboratório com dez alunos de graduação, dois de pós-graduação e uma professora da área de Engenharia de Produção, além de dois testes aplicados em turmas da escola parceira. Cada rodada de testes foi seguida por avaliações, ajustes e aprimoramentos com base no feedback dos participantes.

4. Mecânicas, *Design* e Aprendizagem

O jogo *Faz a Limpa* narra a história de um mundo em que a população sofre com o descaso e as cidades são desenvolvidas sem qualquer planejamento adequado. Com os impactos negativos se agravando e afetando diretamente a qualidade de vida, um grupo de moradores de três cidades vizinhas decide se unir para buscar soluções voltadas à reconstrução de suas comunidades. Sabendo da urgência de agir antes que os problemas se tornem irreversíveis, eles recorrem a pesquisadores universitários e, por meio da busca por conhecimentos científicos, iniciam a implementação de medidas mais sustentáveis.

Considerando os principais desafios de cada localidade, os pesquisadores desenvolvem planejamentos estratégicos baseados em três pilares fundamentais: qualidade de vida, educação e aspectos socioambientais. O tempo é curto: eles têm apenas 9 anos para colocar os projetos em prática e transformar suas cidades em lugares mais sustentáveis. Neste cenário, cada rodada representa um ano.

O jogo desafia os participantes a equilibrar respostas corretas com ações estratégicas para avançar pelo tabuleiro, reduzir a poluição e implementar conjuntos de soluções sustentáveis para os problemas apresentados. Para alcançar o objetivo comum dentro do prazo, os jogadores precisam cooperar entre si e compartilhar recursos de forma eficiente. Com o propósito de inserir e disseminar os conceitos de desenvolvimento sustentável, o Faz a Limpa busca apresentar esses temas essenciais de maneira simples, contextualizada e relevante para a realidade dos alunos, utilizando um processo construtivo que pode ser replicado em diferentes contextos educacionais.

4.1. Desenvolvimento do Jogo

Durante a etapa de prototipação, as peças do jogo foram desenvolvidas utilizando *softwares open source*, como o *Inkscape* para desenho vetorial e o *Onshape* para modelagem paramétrica. A escolha por softwares gratuitos teve como objetivo possibilitar, posteriormente, a qualificação dos alunos nessas ferramentas, permitindo que desenvolvam seus próprios jogos.

As cartas do jogo também foram criadas no *Inkscape*, com dimensões de 63,5 × 88 mm. Essa escolha visa possibilitar o uso de *sleeves* (capas protetoras), o que contribui para a preservação dos materiais e o aumento da durabilidade das cartas durante o uso contínuo.

4.1.1. Peças Conjunto, Poluição e Tabuleiro

O jogo é composto por dezoito peças, divididas em três subcategorias: social, tecnológica e ambiental (Figura 2). No início da partida, cada uma dessas peças possui um marcador de poluição sobre ela. O objetivo dos jogadores é equilibrar os três pilares para alcançar o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o jogo introduz a perspectiva de cada uma dessas áreas no contexto das disciplinas de Matemática, Física, Biologia e Química.



Figura 2. Peças e suas categorias: poluição, social, tecnológico e ambiental

A partir disso, cada equipe recebe um tabuleiro (Figura 3), cuja função principal é alcançar uma das condições de vitória do jogo: obter os marcos de sustentabilidade.



Figura 3. Tabuleiro do Jogo

4.1.2. Peça do Jogador, Cartas Questão e Marcos

Para a identificação de cada jogador, foram desenvolvidos nove personagens distintos, permitindo que cada participante escolha livremente a peça que melhor o represente. Essa personalização inicial contribui para o engajamento e torna a experiência de jogo mais envolvente. Cada personagem é composto por uma peça impressa em 3D, que se movimenta pelo tabuleiro, e por uma carta de identificação que apresenta as habilidades e as possibilidades de jogadas do jogador (Figuras 4, 5 e 6).



Figura 4. Personagens do jogo peão

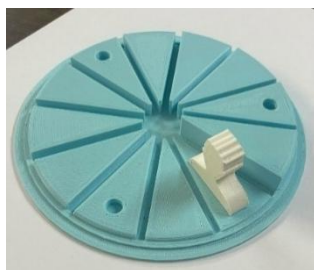


Figura 5. Peão no tabuleiro



Figura 6. Personagens do jogo carta

O baralho foi desenvolvido para ser adaptável a qualquer disciplina e tema relacionados à sustentabilidade. Pode ser utilizado em uma única matéria ou em várias, conforme a demanda do professor e a forma de inserção no ambiente escolar. Cada carta inclui a resposta no canto, permitindo que o aluno a vire para outro grupo em caso de dificuldade de leitura, sem revelar a resposta (Figura 7).

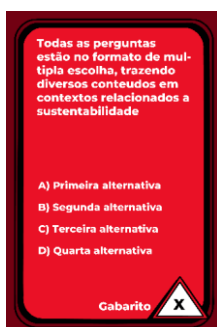


Figura 7. Carta de pergunta

Por fim, as cartas de marco foram concebidas com o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelo tema da sustentabilidade e sua relevância. Cada carta apresenta um projeto universitário que propõe uma solução para um desafio sustentável, aproximando, assim, os estudantes do ensino básico das discussões e pesquisas desenvolvidas no ensino superior.

4.2. Dinâmica do Jogo

Cada jogador inicia com seis peças de seu respectivo pilar poluídas. O objetivo principal é que, ao final de nove rodadas, cada grupo consiga remover toda a poluição dessas peças. Posteriormente, os jogadores devem trocar peças entre si, de modo que cada grupo forme dois conjuntos, cada um contendo uma peça de cada pilar (social, tecnológico e ambiental) (Figura 8).

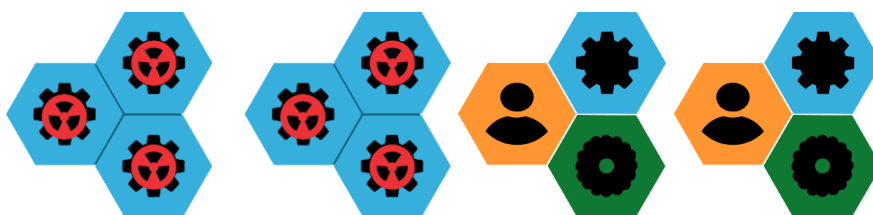


Figura 8. Início e final do jogo

Em cada rodada, o jogador tem direito a uma ação garantida. No entanto, ao acertar uma pergunta, conquista o direito a uma segunda ação. Caso erre, permanece apenas com a ação inicial. As ações disponíveis no jogo são: retirar poluição, mover a peça no tabuleiro e trocar peças com outros jogadores, sendo que a quantidade de trocas pode variar conforme o personagem do jogador (Figura 9).

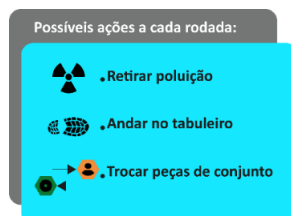


Figura 9. Movimentos possíveis

O objetivo do jogo é ser cooperativo, e as mecânicas foram elaboradas para reforçar essa perspectiva. Como citado anteriormente, a cada rodada os jogadores devem responder a uma pergunta. Caso respondam corretamente em até dois minutos, ganham uma ação extra na rodada. Contudo, é proibido que outra equipe auxilie na resposta. Para cronometrar esse tempo, foram incluídas ampulhetas que auxiliam na verificação dos dois minutos (Figura 10).



Figura 10. Ampulheta

Além de remover a poluição de todas as peças do conjunto, os jogadores devem conquistar pelo menos cartas de marcos. Para balancear as equipes e evitar que um grupo mais avançado obtenha a vitória sozinho, o jogo foi projetado com um limite de nove rodadas, permitindo que cada grupo conquiste no máximo dois selos. Essa dinâmica incentiva a colaboração e a descentralização, garantindo que todas as equipes participem ativamente do jogo.

4.3. Prototipagem

O custo total de produção das peças do projeto foi analisado com base no custo dos insumos e no consumo de energia. O material utilizado foi o filamento PETG. A análise do custo de impressão por peça proporciona uma visão clara do investimento necessário para o desenvolvimento do projeto. O tempo de produção de cada peça varia conforme seu tamanho.

Para a impressão, foi utilizada uma impressora Ender 3 v2 equipada com bico de 0,8 mm. A altura de cada camada foi definida em 0,32 milímetros, com preenchimento de 15% no padrão Giroide e velocidade de impressão de 60 mm/s (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela de custo e tempo de impressão

Peça	Peso (g)	Tempo (h)	Custo material	Custo energia	Total
Tabuleiro	45	01:56	R\$ 4,57	R\$ 0,08	R\$ 4,65
Ambiental	8	00:24	R\$ 0,84	R\$ 0,02	R\$ 0,86
Tecnológico	8	00:24	R\$ 0,84	R\$ 0,02	R\$ 0,86
Social	8	00:24	R\$ 0,84	R\$ 0,02	R\$ 0,86
Poluição	3	00:08	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,28
P1 ao P9	53	02:29	R\$ 5,36	R\$ 0,09	R\$ 5,45
Total Geral					R\$ 12,96

4.4. Testes e Avaliações

Foram realizadas dez testes e avaliações do jogo, sendo oito em laboratório com uma equipe interdisciplinar composta por dez alunos de graduação de diferentes cursos, como Licenciatura em Ciências, Design e Engenharia. Participaram também dois alunos de mestrado e uma professora da área de Engenharia de Produção, com o objetivo de aprimorar o jogo.

O primeiro teste foi essencial para ajustar a mecânica e a duração da partida. Para sua realização, utilizou-se um protótipo em papel, focado em avaliar as mecânicas em sua fase inicial, a compreensão do jogo, a estruturação e o tempo de cada rodada. Observou-se que essa versão apresentava diversas falhas e incoerências, tornando o jogo extremamente acelerado e com fluidez insatisfatória.

A partir dessas avaliações, a dinâmica do jogo foi completamente modificada. Decidiu-se que, em vez das peças adquirirem poluição ao longo das rodadas, seria mais coerente que o jogo começasse com as peças poluídas e que, ao serem limpas, permanecessem limpas, evitando a frustração dos jogadores ao verem seu progresso ser perdido. No segundo teste, constatou-se que as cartas de penalidade deveriam ser removidas, direcionando o foco do jogo exclusivamente para o conteúdo do ensino básico.

No terceiro teste, o jogo se mostrou funcional, fluido e alinhado com a proposta. Para ampliar a conexão dos jogadores com o tema da sustentabilidade, foram adicionadas cartas de marcos.

A quarta avaliação foi realizada na escola parceira Centro Educacional Prefeito Mendes de Moraes, com seis alunos do primeiro ano do ensino médio, durante uma disciplina de reforço escolar. O objetivo dessa dinâmica foi observar o comportamento dos alunos durante o jogo, suas dificuldades e sucessos. Além disso, foi realizada a escolha do nome do jogo, decisão tomada em grupo para incluir os alunos no desenvolvimento do projeto. Foram indicados três nomes: “Ambientável” (0 votos), “Arrastão” (7 votos) e “Faz a Limpa” (8 votos). Após a votação, o nome do jogo foi definido como Faz a Limpa.

Ao término do jogo, aplicou-se um formulário aos alunos participantes com o objetivo de avaliar e aprimorar o jogo. Segundo a professora Laís Schomaker Maurell, que acompanhou a dinâmica, “pude perceber que os alunos gostaram muito de jogá-lo, ficaram entretidos e concentrados durante a realização da atividade” (Tabela 2)

Tabela 2. Resposta questionário de avaliação, foi realizada uma média ponderada para avaliação do resultado

Pergunta	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente	Méd.
1) O jogo foi uma experiência divertida e envolvente;	0	0	2	0	3	0,6
2) Aprendi algo novo com o jogo;	0	2	0	1	2	0,5
3) As instruções do jogo eram claras e fáceis de entender;	0	0	0	1	4	0,7
4) O jogo oferece desafios apropriados para o meu nível de conhecimento e habilidades;	0	0	2	0	3	0,6
5) Eu me senti motivado(a) a continuar jogando jogos educativos;	0	0	2	0	3	0,6
6) Eu achei esse jogo um ótimo jeito para aprimorar meus conhecimentos;	0	0	0	2	3	0,7
7) As cartas eram fáceis de ler e entender;	0	0	0	0	5	0,8
8) O trabalho em grupo foi fundamental para resolver as questões.	0	2	0	0	3	0,6

Foram realizados mais cinco testes em ambiente de laboratório com alunos de graduação, com o objetivo de validar as melhorias implementadas após as avaliações iniciais. Esses testes permitiram observar uma maior fluidez nas partidas, melhor compreensão das regras e maior alinhamento entre as mecânicas do jogo e os conteúdos escolares. Além disso, foi realizado um teste em escola. Com as melhorias incorporadas, realizou-se um teste em sala de aula com alunos do segundo ano do ensino médio. A nova versão do jogo mostrou-se mais fluida, com regras compreendidas com facilidade e maior equilíbrio nas perguntas.

4.5. Processo de Aprendizagem

A partir das avaliações com os alunos realizados por meio de observações diretas, anotações de campo e relatos espontâneos identificou-se que o jogo favoreceu a aprendizagem ativa e interdisciplinar. A abordagem qualitativa adotada permitiu

compreender as interações e percepções dos estudantes, demonstrando a aplicação dos conhecimentos escolares em um contexto lúdico e significativo. Ainda, a estrutura cooperativa do jogo incentivou o trabalho em equipe, a tomada de decisões coletivas, o desenvolvimento de negociações e o pensamento estratégico, contribuindo para o fortalecimento de competências socioemocionais.

Um dos alunos participantes do ensino médio relatou: “No início foi um pouco difícil porque eu não jogo jogos de tabuleiro, mas com o tempo e com a ajuda dos meus amigos consegui entender o jogo. Até que é legal, não é bem uma prova, mas algumas perguntas são difíceis, mas como a gente tem que responder rápido para avançar acaba que não tem muito problema errar algumas”. Esse tipo de percepção reforça o potencial pedagógico do jogo e o impacto positivo das estratégias de personalização, como a escolha do nome do jogo. Tais elementos contribuíram para o engajamento, reforçando o protagonismo discente e promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura

5. Conclusão

O presente trabalho relatou a experiência do desenvolvimento de um jogo de tabuleiro educativo utilizando prototipagem rápida em parceria com escolas públicas do Rio de Janeiro. O jogo “Faz a Limpa” foi desenvolvido para integrar conceitos de sustentabilidade no ensino básico de forma prática e interdisciplinar. As avaliações dos alunos indicaram que o jogo facilita a compreensão sobre sustentabilidade e os conteúdos didáticos e, ainda, promove habilidades essenciais como colaboração e resolução de problemas.

O objetivo desta pesquisa foi concluído com sucesso, resultando em um jogo que pode ser utilizado em diversas matérias do ensino básico, integrando conceitos de sustentabilidade de forma prática e interdisciplinar.

Apesar dos resultados positivos, a pesquisa possui limitações, como o número limitado de participantes e o ambiente controlado do estudo, que podem não refletir a diversidade de contextos educacionais. Além disso, o feedback foi coletado em um curto período, não capturando os efeitos a longo prazo.

Como proposta para trabalhos futuros, pretende-se desenvolver novos jogos em colaboração com outras escolas públicas e realizar estudos com mais amplas e em contextos diversificados. O objetivo dessas implementações seria validar e aprimorar os resultados obtidos, contribuindo para uma educação mais dinâmica, inclusiva e eficaz.

6. Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC-UFRJ), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Parque Tecnológico da UFRJ pelo apoio à esta e outras pesquisas.

7. Referências

- Abreu, T. C. D. C., Paiva, L. C. V. D., Uzeda, L. E. F. D., Sobral Filha, D. D., & Xavier, A. F. (2024). Integração de tecnologias emergentes no ensino: Modelagem paramétrica e impressão 3D na educação básica. *Anais do XV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design – Graphica 2024*, Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul).
- Abreu, T. C. da C., Gomes, I. dos S., Fontainha, T. C., & Xavier, A. F. (2025). Desenvolvimento de um jogo sério com foco na educação para desenvolvimento sustentável no ensino de engenharia. *Enegep, XLV Encontro Nacional de Engenharia de Produção "Produção inteligente para um futuro renovável"* Natal, Rio Grande do Norte, 14 a 17 de outubro de 2025.
- ADERJ – Associação dos Diretores de Escolas Públicas do Estado do Rio de Janeiro. (2021). Sala Maker. ADERJ. <https://www.aderj.org.br/post/sala-maker>
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92. <https://hbr.org/2008/06/design-thinking>
- Chen, K. (2020). The Fallacies of MDA for Novice Designers: Overusing Mechanics and Underusing Aesthetics. In *Interactivity and the Future of the Human-Computer Interface* (pp. 190-205). IGI Global.
- Cole, C., Parada, R. H., & Mackenzie, E. (2024). Why and how to define educational video games?. *Games and Culture*, 19(8), 981-999.
- Grey, S., Grey, D., Gordon, N., & Purdy, J. (2017). Using formal game design methods to embed learning outcomes into game mechanics and avoid emergent behaviour. *International journal of game-based learning (IJGBL)*, 7(3), 63-73.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI* (Vol. 4, No. 1, p. 1722).
- IDEO. (2012). Design thinking for educators. <https://page.ideo.com/design-thinking-edu-toolkit>
- Li, M., Ma, S., & Shi, Y. (2023). Examining the effectiveness of gamification as a tool promoting teaching and learning in educational settings: a meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 14, 1253549.
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin.
- Neto, J. R., de Oliveira Maia, L. E., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024). A cultura Maker como metodologia ativa de Ensino: Contribuições, Desafios e Perspectivas na Educação. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 25(1), 107-115.
- Noël, F., Xexéo, G., Mangeli, E., Mothé, A., Marques, P., Kritz, J., Blanchard, F., Vermelho, H., & Paiva, B. D. (2021). SCREENER, an educational game for teaching

- the drug discovery and development process. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 54, e11786.
- Oliveira, C. Q., Silva, M. D. L. L. D. S. E., Carmo, B. P. R., & Andrade, L. C. C. (2025). Aula expositiva versus gamificação na fixação do conhecimento em estudantes de Medicina: um estudo randomizado. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 49(1), e025.
- Prefeitura do Rio de Janeiro. (2022, 23 de março). Prefeitura do Rio inaugura primeiro Ginásio Experimental Tecnológico. Prefeitura do Rio de Janeiro. <https://prefeitura.rio/educacao/prefeitura-do-rio-inaugura-primeiro-ginasio-experimental-tecnologico/>
- Schell, J. (2008). *The Art of Game Design: A book of lenses*. CRC press.
- Silva, A. S. N., Nogueira, P. L., & de Rezende, L. G. (2024). “Trilha Sustentável” na construção do conhecimento: o conceito de sustentabilidade através de um jogo educativo. *Revista Ponto de Vista*, 13(3), 01-19.
- Soares, L. L., & Ferreira, C. (2025). Aplicação de Metodologias Ativas para o Ensino da Modelagem e Prototipagem 3d: um Relato de Experiência no Ensino Médio. *RELACult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, 11.
- Tekinbas, K. S., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press.
- Wang, C., & Huang, L. (2021). A Systematic Review of Serious Games for Collaborative Learning: Theoretical Framework, Game Mechanic and Efficiency Assessment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(06), pp. 88–105. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.1849>