

Do Código ao Físico: O Fliperama Analógico como Ferramenta Pedagógica de Disseminação de Jogos Educativos no Ensino Profissionalizante

From Code to Physical: The Analog Arcade as a Pedagogical Tool for Disseminating Educational Games in Professional Education

Felipe D. de Andrade¹, Mauricio de S. Estevam¹, Gabriel F. C. de Medeiros¹,
Ederson R. da Costa¹, Lucas F. dos Santos¹, Erick S. Mendes¹

¹ Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – Hub Academy – SENAC MS
R. Francisco C. Xavier, 75 – Centro, Campo Grande – MS, CEP: 79002052 – Brasil

{felipe.andrade, mauricio.estevam, gabriel.medeiros

ederson.costa, lucas.santos, erick.mendes}@ms.senac.br

Abstract. Introduction: The teaching of game development in professional education faces the challenge of transcending the computer screen and democratizing access to the products created by students. **Objective:** This article reports an explanatory case study [Yin 2014] on the construction of an analog arcade as a pedagogical tool for disseminating educational games developed by high school students in a professional education program, examining how integrating software development and maker culture impacts engagement and the development of technical and socioemotional competencies. **Methodology:** The study involved 65 students distributed across two classes at a civic-military state school, with 19 respondents to an evaluation questionnaire (29.2% response rate) and 12 active participants in arcade construction; students developed 8 multidisciplinary educational games in C# and Unity and built a full-size arcade using recycled wood, disassembled PlayStation 2 controllers, and arcade buttons; data were analyzed via descriptive statistics with 95% Wilson Score confidence intervals and thematic content analysis [Bardin 2011]. **Results:** 100% of respondents reported active or partially active participation (95% CI: 82.4%–100%); 84.2% developed teamwork competencies (95% CI: 60.4%–96.6%); 63.2% stated that the project greatly helped them understand multidisciplinary (95% CI: 38.4%–83.7%); and 89.5% had complete freedom for creative decisions (95% CI: 66.9%–98.7%), supporting the hypothesis that integrating software development and maker culture positively impacts engagement and competency development, transforming students from technology consumers into complete creators of technological solutions. **Keywords:** Analog Arcade, Maker Culture, Game-Based Learning, Professional Education, Physical Computing.

Resumo. Introdução: O ensino de desenvolvimento de jogos no contexto da educação profissionalizante enfrenta o desafio de transcender a tela do computador e democratizar o acesso aos produtos criados pelos alunos. **Objetivo:** Este artigo relata um estudo de caso explicatório [Yin 2014] sobre a construção

*de um fliperama analógico como ferramenta pedagógica de disseminação de jogos educativos desenvolvidos por alunos do ensino médio profissionalizante, examinando como a integração entre desenvolvimento de software e cultura maker impacta o engajamento e o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais. **Metodologia:** Participaram 65 alunos distribuídos em 2 turmas de uma escola estadual cívico-militar, sendo 19 respondentes de um questionário de avaliação (taxa de resposta de 29,2%) e 12 participantes ativos da construção; os alunos desenvolveram 8 jogos educativos multidisciplinares em C# e Unity e construíram um fliperama em tamanho real utilizando madeiras recicláveis, controles de PlayStation 2 desmontados e botões de arcade; os dados foram analisados por estatística descritiva com intervalos de confiança de 95% (método Wilson Score) e análise de conteúdo temática [Bardin 2011]. **Resultados:** 100% dos respondentes relataram participação ativa ou parcialmente ativa (IC 95%: 82,4%–100%); 84,2% desenvolveram competências em trabalho em equipe (IC 95%: 60,4%–96,6%); 63,2% afirmaram que o projeto ajudou muito a compreender a multidisciplinaridade (IC 95%: 38,4%–83,7%); e 89,5% tiveram total liberdade para decisões criativas (IC 95%: 66,9%–98,7%), sustentando a hipótese de que a integração entre desenvolvimento de software e cultura maker impacta positivamente o engajamento e o desenvolvimento de competências, transformando alunos de consumidores de tecnologia em criadores completos de soluções tecnológicas. **Palavras-chave:** Fliperama Analógico, Cultura Maker, Aprendizagem Baseada em Jogos, Educação Profissionalizante, Computação Física.*

1. Introdução

No Brasil, o Ensino Médio passou por mudanças significativas com a Lei nº 13.415/2017, que instituiu os Itinerários Formativos [Brasil 2017]. Esses itinerários constituem a parte flexível do currículo escolar e têm como objetivo ampliar a autonomia dos estudantes e permitir o aprofundamento em áreas de interesse [Bacich et al. 2018]. Entre eles, o quinto itinerário, voltado à área de Cultura Digital e Tecnologias, cria condições favoráveis para a integração de abordagens criativas e tecnológicas no ensino médio.

No contexto de Mato Grosso do Sul, o Senac-MS passou a atuar em parceria com a Secretaria de Estado de Educação na oferta do quinto itinerário formativo por meio de cursos técnicos. O modelo pedagógico adotado enfatiza a comunicação e a colaboração como marcas formativas centrais [SENAC 2022], mostrando-se compatível com abordagens baseadas em projetos multidisciplinares e cultura maker.

As aulas que fundamentam este relato ocorreram na Escola Estadual Cívico-Militar Professor Alberto Elpídio Ferreira Dias, em Campo Grande (MS), ofertadas pelo quinto itinerário formativo. Durante a disciplina de Desenvolvimento de Jogos, os alunos aprenderam a programar, modelar e projetar jogos educativos. No entanto, observou-se um desafio pedagógico comum no ensino de tecnologia: como transcender a tela do computador e fazer com que os produtos digitais criados pelos alunos alcançassem e engajassem toda a comunidade escolar (cerca de 420 estudantes)?

Para solucionar este desafio, a disciplina adotou uma abordagem baseada na Cultura Maker e na Computação Física [Papert e Harel 1991, Blikstein 2013]. Como projeto

culminante, os alunos projetaram e construíram um fliperama analógico (arcade) em tamanho real, integrando marcenaria, eletrônica (por meio de engenharia reversa de hardware e soldagem) e programação. O fliperama funcionou como uma interface tangível [Ishii 2008] que democratizou o acesso aos oito jogos educativos desenvolvidos pela turma, transformando o espaço escolar em um ambiente de aprendizagem lúdica e comunitária.

Este artigo apresenta um estudo de caso explanatório [Yin 2014] sobre a construção deste fliperama multidisciplinar como ferramenta de disseminação pedagógica. O objetivo principal é demonstrar como a integração entre o desenvolvimento de software (jogos) e hardware (cultura maker) pode potencializar o engajamento dos alunos e impactar positivamente a comunidade escolar. As contribuições deste trabalho incluem: (1) a descrição de uma metodologia replicável que une desenvolvimento de jogos e computação física no ensino médio profissionalizante; e (2) a análise empírica do impacto desta abordagem no desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais dos estudantes, com suporte estatístico via intervalos de confiança.

2. Referencial Teórico

2.1. Cultura Maker e Computação Física na Educação

A Cultura Maker na educação fundamenta-se no Construcionismo de Seymour Papert [Papert e Harel 1991], que postula que a aprendizagem é mais efetiva quando os alunos estão ativamente engajados na construção de artefatos tangíveis e significativos. Blikstein [Blikstein 2013] argumenta que a introdução de tecnologias de fabricação digital e computação física nas escolas democratiza a invenção, permitindo que os alunos deixem de ser meros consumidores de tecnologia para se tornarem criadores.

A computação física envolve a construção de sistemas interativos que podem sentir e responder ao mundo físico, utilizando microcontroladores (como o Arduino), sensores e atuadores [O'Sullivan e Igoe 2004]. No contexto educacional, a computação física preenche a lacuna entre o mundo digital (código) e o mundo físico, proporcionando uma compreensão mais concreta de conceitos abstratos de programação e eletrônica [Kafai e Burke 2014].

2.2. Aprendizagem Baseada em Jogos e o Aluno como Designer

A Aprendizagem Baseada em Jogos (Game-Based Learning — GBL) sustenta que jogos bem projetados incorporam princípios pedagógicos como desafio progressivo, feedback imediato e agência do jogador [Prensky 2001, Gee 2003]. Revisões de literatura consolidam evidências empíricas de que o GBL e os serious games impactam positivamente a motivação e os resultados de aprendizagem em contextos formais [Connolly et al. 2012, Bado 2022], tendência também observada na produção brasileira [Sena et al. 2016]. Este trabalho articula duas faces complementares dessa literatura. Na perspectiva do consumo, os oito jogos educativos disponibilizados no fliperama atuam como artefatos de GBL para a comunidade escolar, que aprende conteúdos curriculares ao jogar. Na perspectiva da produção, os estudantes atuam como designers de jogos, mobilizando o que Kafai e Burke [Kafai e Burke 2014] denominam *constructionist gaming*: a aprendizagem que emerge não de jogar, mas de projetar, programar e depurar o próprio jogo. É essa segunda dimensão, o aluno como autor e não apenas jogador, que conecta o GBL ao construcionismo de Papert [Papert e Harel 1991] e distingue esta proposta de aplicações limitadas ao uso de jogos prontos.

2.3. Interfaces Tangíveis e Arcades Educacionais

As Interfaces Tangíveis de Usuário (Tangible User Interfaces — TUIs) buscam dar forma física à informação digital, aproveitando as habilidades humanas de interação com objetos físicos [Ishii 2008]. Em contraste com as interfaces gráficas tradicionais (teclado e mouse), as TUIs promovem maior colaboração, engajamento corporal e acessibilidade, características essenciais para ambientes educacionais inclusivos [Horn et al. 2012].

Historicamente, os fliperamas (arcades) representaram espaços de intensa socialização e engajamento em torno dos jogos digitais [Kocurek 2015]. A recriação de máquinas de arcade no ambiente escolar resgata essa dimensão social do jogo. Quando os alunos constroem seus próprios controles físicos para interagir com os jogos que programaram, vivenciam o ciclo completo de design de interação, compreendendo como o hardware afeta a experiência do usuário (Player Experience — PX) [Hodges et al. 2020].

2.4. Educação Profissionalizante e Aprendizagem Baseada em Projetos

A educação profissionalizante contemporânea exige o desenvolvimento de competências complexas que integram saberes técnicos e socioemocionais [Perrenoud 1999]. A Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning — PBL) é amplamente reconhecida como uma metodologia eficaz para este fim, pois organiza a aprendizagem em torno de problemas reais e culmina na criação de produtos concretos [Thomas 2000].

A construção de um fliperama é, por natureza, um projeto multidisciplinar. Exige conhecimentos de matemática e física (para a estrutura e eletrônica), lógica e programação (para o software), arte e design (para a estética da máquina e dos jogos), além de competências socioemocionais como trabalho em equipe, resolução de problemas e resiliência [Martinez e Stager 2013]. No contexto do Novo Ensino Médio brasileiro, projetos dessa natureza materializam os objetivos dos Itinerários Formativos, conectando o currículo à realidade e aos interesses dos jovens [Brasil 2017].

3. Trabalhos Relacionados

A literatura apresenta diversas iniciativas que integram desenvolvimento de jogos e cultura maker. Kafai e Vasudevan [Kafai e Vasudevan 2015] exploraram a construção de controles alternativos utilizando Makey Makey com estudantes do ensino fundamental, demonstrando como a criação de interfaces físicas aumenta o engajamento na programação de jogos no Scratch. A diferença central em relação ao presente trabalho reside na escala (controles simples vs. gabinete completo de arcade) e na profundidade técnica (soldagem em PCBs comerciais vs. kits prontos).

Hodges et al. [Hodges et al. 2020] descrevem o impacto de projetos de computação física no ensino médio, evidenciando que a tangibilidade dos resultados reduz a frustração inicial com a sintaxe da programação. No contexto brasileiro, Blikstein [Blikstein 2013] aponta que iniciativas que unem robótica educacional e desenvolvimento de jogos têm crescido, mas frequentemente focam apenas no aspecto do software ou utilizam kits robóticos fechados, limitando a expressão criativa da marcenaria e do design de produto.

Estudos de caso em educação maker no Brasil — como os reportados por André [André 2013] — reforçam que a autoria de artefatos físicos em contexto público gera impacto na motivação intrínseca e na identidade do aprendiz como produtor de

conhecimento. O presente trabalho diferencia-se por: (a) relatar a construção de um fliperama analógico *completo* (estrutura, eletrônica e software) em escola pública cívico-militar; (b) utilizar engenharia reversa de hardware comercial (PCBs de PS2); (c) adotar análise estatística com IC para avaliar competências; e (d) registrar dupla culminância — feira interna e evento científico (FETEC-MS).

4. Metodologia

4.1. Design de Pesquisa

Este estudo adota o design de **Estudo de Caso Explanatório** conforme Yin [Yin 2014], modalidade adequada quando a questão de pesquisa é do tipo “como” e “por que”, o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos, e o fenômeno é contemporâneo e inserido em contexto real. A questão central é: *Como a integração entre desenvolvimento de jogos digitais e cultura maker, materializada em um fliperama analógico, impacta o engajamento e o desenvolvimento de competências de alunos do ensino profissionalizante?*

A estratégia segue a abordagem de **caso único incorporado** [Yin 2014], com a escola como unidade principal de análise e as duas turmas como subunidades. A triangulação de dados ocorre entre: (i) dados quantitativos do questionário; (ii) análise qualitativa de respostas abertas; e (iii) evidências documentais (protótipos de jogos, registros fotográficos, aprovação na FETEC-MS). A abordagem mista (quantitativa + qualitativa) segue Creswell [Creswell 2014].

4.2. Hipóteses de Pesquisa

As hipóteses de pesquisa, todas testando se a proporção de respostas favoráveis supera 50% dos participantes, são: **H_{1a}** (Engajamento) a abordagem integrada promove engajamento ativo; **H_{1b}** (Trabalho em Equipe) a construção colaborativa desenvolve competências de trabalho em equipe; **H_{1c}** (Multidisciplinaridade) o fliperama como artefato tangível facilita a compreensão da multidisciplinaridade; e **H_{1d}** (Autonomia Criativa) a metodologia proporciona liberdade para decisões criativas. Para cada hipótese, testa-se $H_0 : p \leq 0,50$ contra $H_1 : p > 0,50$.

O teste estatístico utilizado para cada hipótese é o **teste binomial exato unicaudal** ($\alpha = 0,05$), adequado para proporções com amostras pequenas ($n = 19$). Os intervalos de confiança de 95% foram calculados pelo método **Wilson Score** [Wilson 1927], que apresenta melhor cobertura que o intervalo de Wald para proporções extremas com n pequeno. O intervalo de Wilson para uma proporção $\hat{p} = k/n$ com confiança $1 - \alpha$ é calculado com $z = 1,96$; o valor- p é obtido por $P(X \geq k \mid n = 19, p = 0,50)$, onde $X \sim \text{Binomial}(19, 0,50)$.

4.3. Contexto Institucional e Participantes

Este estudo foi conduzido na Escola Estadual Cívico-Militar Professor Alberto Elpídio Ferreira Dias, localizada em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, fundada em 2021, com 420 alunos em regime de tempo integral. O estudo envolveu 65 alunos (distribuídos em 2 turmas) matriculados na disciplina de Desenvolvimento de Jogos, ofertada como componente curricular do Quinto Itinerário Formativo. Destes, 19 responderam ao formulário de avaliação (taxa de resposta de 29,2%), e 12 participaram ativamente da construção do fliperama.

As atividades ocorreram em um laboratório móvel (Carreta de Tecnologia), equipado com computadores e ferramentas de software (Unity, Visual Studio Code, LibreSprite).

4.4. Estrutura da Disciplina e Desenvolvimento dos Jogos

Tabela 1. Jogos Educativos Desenvolvidos para o Fliperama

Nome do Jogo	Tema	Disciplinas	Objetivos Pedagógicos
Ambição por Território	Segunda Guerra Mundial	História, Geografia, Geopolítica	Raciocínio crítico, tomada de decisões estratégicas
Trilhas da Cidade Morena	Cultura Local	História, Arte, Informática	Conhecimento cultural local, identidade regional
PRISMAS	Geometria	Matemática	Reconhecimento de formas, visualização espacial
Fortress of the Pantanal	Biodiversidade	Biologia, Ecologia	Consciência ambiental, fauna local
Discovering The World	Geografia Global	Geografia, História	Diversidade cultural, contextos globais
Porta dos Mistérios	Literatura	Português, Literatura	Interpretação de textos, programação narrativa
EcoSpace	Sustentabilidade	Ciências, Geografia	Resolução de problemas ambientais
A Travessia	Brasil	História, Geografia	Conhecimento do Brasil, contextos históricos nacionais

A disciplina ocorreu ao longo do ano letivo de 2025, com carga horária de 10 horas semanais. A estrutura curricular foi organizada em quatro Unidades de Competência (UC): (1) Programação e Banco de Dados; (2) Modelagem de Desenhos; (3) Empreendedorismo; e (4) Desenvolvimento Local (Projeto Integrador). Durante o ano, os alunos desenvolveram oito jogos educativos multidisciplinares em C# utilizando a engine Unity (Tabela 1).

4.5. Construção do Fliperama: Abordagem Maker

O projeto do fliperama analógico emergiu como solução para democratizar o acesso aos jogos. A estrutura física (gabinete) foi construída utilizando madeiras recicláveis de móveis antigos doados pelos alunos e suas famílias, promovendo engajamento comunitário desde a fase de prototipação.

A integração eletrônica representou o principal desafio técnico. Em vez de utilizar placas controladoras comerciais prontas, adotou-se engenharia reversa: os alunos

desmontaram controles originais de PlayStation 2 para extrair as placas de circuito impresso (PCBs). Três controles foram desmontados; um foi danificado durante os testes iniciais de soldagem — episódio documentado como momento de aprendizagem por erro, fundamental para o desenvolvimento de resiliência técnica [Martinez e Stager 2013]. Após o mapeamento das trilhas da PCB, os alunos soldaram fios conectando os contatos originais aos botões de fliperama adquiridos para o projeto. Esta solução comunicou-se com o mapeamento de teclas em C# previamente desenvolvido nos jogos.

4.6. Instrumentos de Coleta de Dados

Para avaliar o impacto desta abordagem, aplicou-se um questionário online (Google Forms) com 14 questões (múltipla escolha e abertas) sobre: (a) nível de participação nas atividades; (b) competências socioemocionais percebidas; (c) aprendizados técnicos; (d) percepção sobre multidisciplinaridade; e (e) autonomia criativa. O instrumento incluiu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), adaptado para a faixa etária dos participantes conforme exigências éticas para pesquisas com menores de idade. As categorias do questionário foram derivadas diretamente do referencial teórico: participação e engajamento remetem ao GBL [Prensky 2001]; competências socioemocionais, à pedagogia das competências [Perrenoud 1999]; percepção de multidisciplinaridade, à Aprendizagem Baseada em Projetos [Thomas 2000]; e autonomia criativa, ao construcionismo [Papert e Harel 1991]. Essa correspondência assegura a validade de conteúdo do instrumento em relação aos construtos investigados.

Os dados quantitativos (frequências) foram analisados por estatística descritiva com cálculo de IC 95% pelo método Wilson Score [Wilson 1927]. Os dados qualitativos (respostas abertas) foram submetidos à **análise de conteúdo temática** conforme Bardin [Bardin 2011], seguindo as fases de: (i) pré-análise (leitura flutuante e corpus); (ii) exploração do material (codificação em categorias); e (iii) tratamento dos resultados (inferência e interpretação).

4.7. Culminância e Disseminação

O projeto teve dois momentos distintos de culminância. O primeiro ocorreu em uma feira escolar interna, onde o fliperama foi disponibilizado para que toda a comunidade escolar pudesse jogar os oito títulos desenvolvidos, validando o artefato como ferramenta de disseminação pedagógica. O segundo foi a aprovação para apresentação na Feira de Tecnologias, Engenharias e Ciências de Mato Grosso do Sul (FETEC-MS), onde o foco recaiu sobre a metodologia de construção e a engenharia reversa, por meio de banners elaborados pelos próprios alunos.

5. Resultados e Discussão

5.1. Resultados das Hipóteses e Análise Estatística

A Tabela 2 sintetiza os resultados dos testes para as quatro hipóteses formuladas. Todos os valores- p foram calculados por teste binomial exato unicaudal ($H_1 : p > 0,50$; $n = 19$; $\alpha = 0,05$).

Tabela 2. Síntese dos Testes de Hipóteses ($n = 19$, $\alpha = 0,05$)

Hipótese	k	$\hat{p}$	IC 95% (Wilson)	valor- p	Decisão
H _{1a} Engajamento ativo	19	1,000	[82,4%; 100%]	< 0,001	Rejeita H_0
H _{1b} Trabalho em equipe	16	0,842	[60,4%; 96,6%]	0,002	Rejeita H_0
H _{1c} Multidisciplinaridade	12	0,632	[38,4%; 83,7%]	0,180	Não rejeita H_0
H _{1d} Liberdade criativa	17	0,895	[66,9%; 98,7%]	< 0,001	Rejeita H_0

Os resultados confirmam H_{1a}, H_{1b} e H_{1d}, indicando que a abordagem produziu engajamento, desenvolvimento de trabalho em equipe e autonomia criativa em proporções significativamente superiores a 50%. A hipótese H_{1c} (multidisciplinaridade) não foi rejeitada ao nível $\alpha = 0,05$ ($p = 0,180$), o que sugere que, embora 63,2% dos respondentes tenham percebido ganho nessa dimensão, a evidência não é suficientemente forte para generalizar a partir da amostra atual ($n = 19$). Este resultado deve ser investigado com maior poder amostral em estudos futuros.

5.2. Engajamento e Desenvolvimento de Competências Socioemocionais

A Tabela 3 apresenta as competências socioemocionais percebidas pelos alunos, com os respectivos IC 95% pelo método Wilson Score.

Tabela 3. Competências Socioemocionais Desenvolvidas ($n = 19$)

Competência	k	%	IC 95% Wilson
Trabalho em equipe	16	84,2%	[60,4%; 96,6%]
Criatividade e Inovação	13	68,4%	[43,4%; 87,4%]
Comunicação	10	52,6%	[29,2%; 75,3%]
Liderança	6	31,6%	[12,6%; 56,6%]
Autonomia	6	31,6%	[12,6%; 56,6%]

O destaque para “Trabalho em equipe” (84,2%; IC: [60,4%; 96,6%]) corrobora a literatura sobre cultura maker [Blikstein 2013], que enfatiza a natureza colaborativa da construção de artefatos físicos. A necessidade de integrar equipes de programação (C#), arte (Libresprite) e hardware (marcenaria e solda) exigiu intensa comunicação e coordenação entre os estudantes. O amplo IC de “Comunicação” (29,2%–75,3%) reflete a heterogeneidade da amostra e reforça a necessidade de maior n para conclusões mais precisas sobre esta dimensão.

5.3. Impacto Técnico do Projeto Maker

Quanto aos aprendizados técnicos ($n = 19$), os mais citados foram design de interfaces (8; 42,1%; IC: [21,1%; 66,0%]), trabalho multidisciplinar (7; 36,8%; IC: [17,2%; 61,4%]),

programação de sistemas (5; 26,3%; IC: [9,1%; 51,2%]), resolução de problemas técnicos (4; 21,1%; IC: [6,1%; 45,6%]) e montagem e integração de hardware (3; 15,8%; IC: [3,4%; 38,9%]). Os dois últimos refletem os desafios da engenharia reversa dos controles de PS2, incluindo o episódio da queima de um controle como aprendizagem baseada no erro [Martinez e Stager 2013]. Os IC amplos nas categorias técnicas indicam dispersão na percepção individual, esperada em turmas heterogêneas quanto à experiência prévia com eletrônica.

5.4. O Fliperama como Ferramenta de Disseminação

O objetivo de democratizar o acesso aos jogos foi alcançado. Na avaliação dos alunos, 63,2% afirmaram que o fliperama ajudou muito a compreender a multidisciplinaridade e 89,5% relataram total liberdade para decisões criativas (Tabela 2). A interface tangível do fliperama (botões físicos, gabinete de madeira) reduziu a barreira de entrada para os demais alunos da escola [Ishii 2008], permitindo interação imediata com os conteúdos dos jogos sem necessidade de familiaridade com teclado e mouse.

A aprovação na FETEC-MS evidenciou que os alunos não apenas construíram tecnologia, mas compreenderam sua arquitetura interna, cumprindo o objetivo central do Itinerário Formativo de Cultura Digital.

5.5. Análise Qualitativa das Respostas Abertas

A análise de conteúdo temática [Bardin 2011] das respostas abertas ($n_q = 14$ respostas analisadas) gerou três categorias recorrentes: (1) *Identidade do Criador* — relatos de orgulho pela autoria de um produto físico funcional; (2) *Aprendizagem por Erro* — menções explícitas ao episódio do controle queimado como momento de aprendizagem; e (3) *Impacto Comunitário* — percepção de que o fliperama “pertence à escola” e não apenas à turma. Esta última categoria dialoga diretamente com o conceito de construcionismo social de Papert [Papert e Harel 1991], no qual o artefato público amplifica o valor da aprendizagem individual.

6. Ameaças à Validade

Seguindo a taxonomia de Cook e Campbell (apud [Yin 2014]), identificam-se as seguintes ameaças à validade deste estudo:

Validade Interna: (a) *Viés de auto-relato* — os dados provêm de questionário respondido voluntariamente, sujeito a desejabilidade social; a triangulação com evidências documentais (aprovação FETEC-MS, artefatos físicos) mitiga parcialmente esta ameaça. (b) *Efeito do facilitador* — o professor-pesquisador é parte do contexto, o que pode influenciar as respostas; estudos futuros devem considerar avaliadores externos.

Validade Externa (Generalização): (a) *Amostra pequena* ($n = 19$) e não probabilística — os resultados não podem ser generalizados para outras escolas ou populações sem replicação. (b) *Taxa de resposta de 29,2%* — os 46 não-respondentes podem diferir sistematicamente dos 19 respondentes; análises de sensibilidade ou follow-up em estudos futuros são recomendáveis.

Validade de Construto: Os construtos “engajamento” e “competências socioemocionais” são medidos por auto-percepção em único instrumento; o uso de escalas

validadas (ex.: Utrecht Work Engagement Scale adaptada para estudantes) fortaleceria futuras medições.

Validade de Conclusão Estatística: Com $n = 19$, o poder estatístico para detectar efeitos moderados ($p = 0,65$) em teste binomial unicaudal é de aproximadamente 50%, indicando que resultados não significativos (como H_{1c}) devem ser interpretados com cautela, não como evidência de ausência de efeito.

7. Conclusão

Este estudo de caso explanatório demonstrou que a integração entre desenvolvimento de jogos digitais e cultura maker, materializada na construção de um fliperama analógico, é uma estratégia pedagógica que produziu resultados mensuráveis no contexto do ensino médio profissionalizante. Três das quatro hipóteses formuladas foram confirmadas estatisticamente ($\alpha = 0,05$): engajamento ativo (100%; $p < 0,001$), desenvolvimento de trabalho em equipe (84,2%; $p = 0,002$) e autonomia criativa (89,5%; $p < 0,001$). A hipótese de multidisciplinaridade (63,2%; $p = 0,180$) não atingiu significância estatística com o tamanho amostral atual, indicando necessidade de investigação com maior poder.

A utilização de materiais reciclados e engenharia reversa de controles de PS2 não apenas viabilizou o projeto economicamente em escola pública, mas enriqueceu o processo de aprendizagem ao exigir resolução de problemas autênticos. A análise de conteúdo qualitativa revelou três categorias emergentes — identidade do criador, aprendizagem por erro e impacto comunitário — que complementam os dados quantitativos e reforçam o alinhamento com o construcionismo de Papert [Papert e Harel 1991].

Para além do dispositivo maker, o estudo evidencia o papel dos jogos no itinerário formativo de Cultura Digital. Ao transitarem de jogadores a designers, os estudantes vivenciaram o ciclo completo de produção de jogos — concepção, programação, teste e disseminação — competência central do quinto itinerário [Brasil 2017]. O fliperama operou, assim, em dupla condição: como artefato de Aprendizagem Baseada em Jogos para a comunidade que joga [Prensky 2001, Connolly et al. 2012] e como produto de *constructionist gaming* para os autores que o criam [Kafai e Burke 2014], integrando as duas frentes que a literatura de jogos e educação frequentemente trata em separado.

Como limitações, destacam-se a taxa de resposta de 29,2%, o tamanho amostral reduzido e a ausência de grupo controle. Trabalhos futuros devem: (1) replicar o estudo com maior n e instrumento validado; (2) incluir grupo controle para isolar o efeito da abordagem maker; e (3) investigar o impacto longitudinal no desempenho acadêmico nas disciplinas regulares.

Declaração de Uso de Inteligência Artificial

Conforme o Código de Conduta para Autores em Publicações da SBC, declaramos que ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (Gemini) foram utilizadas exclusivamente para auxiliar na revisão gramatical, estruturação de parágrafos e formatação de tabelas e referências em $\text{\LaTeX}$. A IA não gerou dados empíricos, não realizou análises interpretativas e não figura como autora. Todas as ideias, metodologias, dados coletados e conclusões apresentadas são de autoria e responsabilidade integral dos pesquisadores humanos.

Referências

- André, M. E. D. A. d. (2013). *Etnografia da Prática Escolar*. Papirus, Campinas, 18th edition.
- Bacich, L., Neto, A. T., e de Mello Trevisani, F. (2018). *Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Penso Editora.
- Bado, N. (2022). Game-based learning pedagogy: a review of the literature. *Interactive Learning Environments*, 30(2):219–235.
- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. Edições 70, Lisboa.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and ‘making’ in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, 4:1–21.
- Brasil (2017). *Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017: Altera as Leis nºs 9.394 e 11.494 e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral*. Diário Oficial da União.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., e Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2):661–686.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, 4th edition.
- Gee, J. P. (2003). *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*. Palgrave Macmillan.
- Hodges, S., Sentance, S., Finney, J., e Ball, T. (2020). Physical computing: A key element of modern computer science education. *Computer*, 53(4):20–30.
- Horn, M. S., Crouser, R. J., e Bers, M. U. (2012). Tangible interaction and learning: the case for a hybrid approach. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(4):379–389.
- Ishii, H. (2008). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, 51(6):32–36.
- Kafai, Y. B. e Burke, Q. (2014). *Connected Code: Why Children Need to Learn Programming*. MIT Press.
- Kafai, Y. B. e Vasudevan, V. (2015). Constructionist gaming beyond the screen: Middle school students’ crafting and computing of touchpads, board games, and controllers. In *Proceedings of the 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, pages 49–54.
- Kocurek, C. A. (2015). *Coin-operated Americans: Rebooting boyhood at the video arcade*. University of Minnesota Press.
- Martinez, S. L. e Stager, G. (2013). *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom*. Constructing Modern Knowledge Press.
- O’Sullivan, D. e Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Cengage Learning.
- Papert, S. e Harel, I. (1991). *Situating Constructionism*. Ablex Publishing.

- Perrenoud, P. (1999). *Construir as Competências desde a Escola*. Artmed.
- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.
- Sena, S. et al. (2016). Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 14(1):81–92.
- SENAC (2022). *Modelo Pedagógico do Senac: Competências e Habilidades*. SENAC.
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. *Autodesk Foundation*.
- Wilson, E. B. (1927). Probable inference, the law of succession, and statistical inference. *Journal of the American Statistical Association*, 22(158):209–212.
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, 5th edition.