

O Uso de Jogos Sérios como Ferramenta de Apoio ao Ensino de Ecologia: Estudo de Caso com o Capy Runner

The Use of Serious Games as a Support Tool for Ecology Education: A Case Study with Capy Runner

Lucas Kaue Ribeiro Weber¹, Daniel Oliveira das Neves², Pedro Guilherme da Silva Araújo¹

¹Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Alegrete – RS – Brasil

²Instituto Infnet

Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{lucasweber.aluno, pedroaraujo.aluno}@unipampa.edu.br, daniel.neves@al.infnet.edu.br

Abstract. Introduction: Secondary education demands diversified methodological strategies to support Biology teaching, especially in infrastructure-limited environments. **Objective:** To investigate the pedagogical impact of Capy Runner — a WebGL¹ serious game about the Brazilian Cerrado biome — across different teacher mediation contexts in high school Biology classes. **Stages:** A quasi-experimental cross-over design with five classes ($n_{base} = 101$), comparing expository teaching with the game via Hake's Normalized Gain and field observations, with voluntary participation and formal guardian consent (CNS 466/2012 and 510/2016). **Expected Results:** With structured teacher mediation, the game produced high pedagogical impact ($g = 0.772$) and 75.7% delivery retention; without consistent mediation, gain was negative, showing that effectiveness is strongly modulated by the application context. Qualitative observations indicated greater engagement of neurodivergent students with the game, establishing a research agenda for the Ludora platform — a system under development for systematised data collection in educational games.

Keywords Educational Games, WebGL, Biology, High School, Inclusive Design.

Resumo. Introdução: O ensino médio demanda estratégias diversificadas para apoiar o ensino de Biologia, especialmente em contextos de infraestrutura limitada. **Objetivo:** Investigar o impacto pedagógico do Capy Runner — jogo sério WebGL sobre o bioma Cerrado — em diferentes contextos de mediação docente no ensino médio de Biologia. **Etapas:** Delineamento quase-experimental cross-over com cinco turmas ($n_{base} = 101$), comparando aulas expositivas ao jogo via Ganho Normalizado de Hake e observações de campo, com participação voluntária e consentimento formal (CNS 466/2012 e 510/2016). **Resultados Esperados:** Com mediação docente estruturada, o jogo produziu impacto alto ($g = 0,772$) e retenção de 75,7% de entregas; sem mediação consistente, o ganho foi negativo, evidenciando que a eficácia

¹WebGL (Web Graphics Library): open web standard for hardware-accelerated graphics rendering directly in the browser, requiring no installation and viable on low-performance school hardware.

é fortemente modulada pelo contexto de aplicação. Observações qualitativas indicaram maior engajamento de estudantes neurodivergentes com o jogo, constituindo agenda de pesquisa para a plataforma Ludora — sistema em desenvolvimento para coleta sistematizada de dados em jogos educacionais.
Palavras-Chave Jogos Educacionais, WebGL, Biologia, Ensino Médio, Design Inclusivo.

1. Introdução

O ensino de Biologia enfrenta desafios de desengajamento com conteúdos abstratos. A Aprendizagem Baseada em Jogos (GBL) surge como estratégia para promover imersão e dinamismo [de Carvalho 2015]. Este artigo investiga o impacto pedagógico do *Capy Runner*, jogo sério em *Pixel Art* com WebGL para o ensino do bioma Cerrado em hardware escolar de baixo desempenho. Durante os testes, observamos marginalização de estudantes neurodivergentes em aulas tradicionais — constatação que motivou o design inclusivo do jogo como módulo da plataforma *Ludora* (sistema em desenvolvimento para coleta sistematizada de dados de aprendizagem em jogos educacionais), discutida como agenda futura na Seção 5.

2. Trabalhos Relacionados

A GBL demonstra eficácia no ganho cognitivo [Ramos e Campos 2020], mas revisões apontam lacuna de ferramentas adaptadas à realidade brasileira. Pereira e Sousa [Pereira e de Sousa 2017] mitigam a abstração biológica, mas limitam a mecânica à memorização. Miranda e Bezerra [Miranda e Bezerra 2021] aplicam retórica procedimental no *Litorália*, sem validação empírica. Aires et al. [Aires et al. 2025] validam o *Jornada Briófitas Pampa* regionalmente, mas omitem adequação tecnológica e acessibilidade cognitiva. O *Capy Runner* projeta-se na interseção dessas lacunas (Tabela 1): adota WebGL para dispensar hardware dedicado e incorpora acessibilidade pedagógica desde a concepção.

Tabela 1. Comparativo entre o *Capy Runner* e trabalhos relacionados.

Trabalho	Valid.	Acessib.	Acesso
Pereira e Sousa [2017]	Sim	Não	Desktop
Miranda e Bezerra [2021]	Não	Não	Mobile
Aires et al. [2025]	Sim	Não	Desktop
Capy Runner	Sim	Sim	WebGL

Fonte: Elaboração própria (2026).

3. O Jogo: Design e Desenvolvimento

O *Capy Runner* é um Jogo Sério de exploração do bioma Cerrado, desenvolvido em Unity (C#) com *Pixel Art* para garantir desempenho em hardware escolar. O jogo é estruturado em fases temáticas: a Fase 1 apresenta identificação de espécies e habitats do Cerrado, enquanto a Fase 3 aborda interações ecológicas entre fauna e flora (Figura 1). A interface visual simplificada e o *feedback* imediato ao jogador foram adotados como princípios de acessibilidade pedagógica desde a concepção. O design pedagógico foi validado por docentes da rede pública, assegurando alinhamento com a BNCC. A distribuição via WebGL no *itch.io* elimina barreiras de instalação.



Figura 1. Telas do jogo: A) Fase 1 — identificação de espécies; B) Fase 3 — interações ecológicas.

4. Metodologia

4.1. Delineamento e Amostra

Adotou-se delineamento quase-experimental *cross-over*, com turmas alternando entre Controle (aula expositiva) e Experimento (*Capy Runner*). O *cross-over* foi escolhido por permitir que cada turma funcionasse como seu próprio controle, reduzindo o efeito de variáveis de confusão como nível socioeconômico e histórico escolar [Ramos e Campos 2020]. **Aspectos éticos:** participação voluntária com TCLE dos responsáveis e Termo de Assentimento dos estudantes com 12 anos ou mais (Resoluções CNS 466/2012 e 510/2016). A amostra compreendeu cinco turmas do Ensino Fundamental e Médio: grupo Experimento (2ºB, 8ºD, 8ºC; $n_{base} = 70$) e Controle (2ºC, 8ºB; $n_{base} = 31$). As sessões ocorreram em aulas duplas de aproximadamente 100 minutos; a fase do Cerrado do jogo tem duração média de 15 a 30 minutos, complementando a aula expositiva. O n efetivo por etapa variou por ausências: Experimento — Pré ($n = 70$), Pós I ($n = 71$), Pós II ($n = 53$); Controle — Pré ($n = 31$), Pós I ($n = 29$).

4.2. Coleta de Dados

Três etapas com o mesmo instrumento (5 questões de múltipla escolha sobre biomas, elaboradas pelos docentes e alinhadas à BNCC, disponível mediante solicitação aos autores), aplicadas em papel e corrigidas pelo professor titular com a equipe de pesquisa: (1) **Pré-teste** — antes da intervenção; (2) **Pós-teste I** — imediatamente após; (3) **Pós-teste II** — 14 dias depois (exceção documentada na turma 2ºC, ver Seção 6). O número reduzido de questões foi definido pelos docentes para adequação ao tempo de aula disponível.

4.3. Análise Estatística

Análises conduzidas no **R v4.3.2** (*stats*, *rstatix*). O teste de **Shapiro-Wilk** indicou ausência de normalidade na maioria das turmas menores ($p < 0,05$); em razão disso, adotaram-se testes não-paramétricos: **Friedman** (evolução intragrupo) e **Mann-Whitney** (comparação entre grupos). Para 2ºB e 2ºC, únicas turmas com três momentos de coleta completos e n suficiente para medidas repetidas, aplicou-se **ANOVA de Medidas Repetidas** com correção de Greenhouse-Geisser (esfericidade violada; 2ºB: $F(1,47; 26,46) = 18,3$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,50$). Os desempenhos consolidados são **médias ponderadas por n** . O impacto pedagógico foi mensurado pelo Ganho

Normalizado de Hake: $g = (\%P_s - \%P_r) / (100\% - \%P_r)$, com $g \geq 0,3$ (médio) e $g \geq 0,7$ (alto) [Ramos e Campos 2020].

5. Resultados e Discussão

5.1. Desempenho Cognitivo e Ganho de Hake

A Tabela 2 apresenta os resultados. Em nível de grupo ponderado, o Controle obteve $g_I = 0,394$ ante $g_I = 0,268$ do Experimento. Essa diferença é parcialmente explicada pela **assimetria de *baseline*** (Controle partiu 14 p.p. acima) e pelas irregularidades na turma 2°C, cujo g elevado infla a média do grupo. A turma 8°B (Controle) registrou $g = -0,029$, indicando que o método expositivo também não garante ganho com mediação inconsistente.

A análise segmentada revela heterogeneidade determinante: a turma **2°B** (mediação estruturada) atingiu $g = 0,772$ (alto), maior valor da amostra. A **8°C** (menor suporte docente) registrou $g = -0,020$, evidenciando que a eficácia do jogo é **modulada pela mediação docente** [Ramos e Campos 2020]. Esse padrão é consistente com a literatura de GBL, que aponta a mediação como fator determinante para que jogos digitais produzam ganho cognitivo — sem ela, o jogo tende a ser subutilizado como ferramenta pedagógica [Ramos e Campos 2020]. A **8°D** exibiu *retenção diferida*: g cresceu de 0,269 (Pós I) para 0,388 (Pós II), sugerindo consolidação cognitiva após a experiência lúdica, consistente com efeitos de retenção relatados na literatura de GBL [Ramos e Campos 2020].

Tabela 2. Desempenho e Ganho Normalizado de Hake por turma.

Turma	Grupo	Pré	Pós I	Pós II	g_I / g_{II}
2°B ★	Exp.	56,1	90,0	80,5	0,772 / 0,555
8°D	Exp.	46,7	61,0	67,3↑	0,269 / 0,388
8°C	Exp.	34,9	33,6	25,7	-0,020 / -0,141
2°C †	Ctrl.	54,4	86,7	86,5†	0,705 / 0,701†
8°B ‡	Ctrl.	64,6	63,6	—	-0,029 / —
Exp. pond.	—	45,7	60,3	55,1	0,268 / 0,172
Ctrl. pond.	—	59,7	75,5	—	0,394 / —

★ maior g ↑ crescimento Pós I→II † intervalo <14 dias ‡ sem Pós II

Fonte: *Elaboração própria (2026).*

5.2. Engajamento Operacional

O **engajamento operacional** — número de provas entregues em papel no prazo de cada etapa — evidenciou estabilidade no grupo Experimento (70 no Pré, 71 no Pós I, 53 no Pós II; retenção de **75,7%**), enquanto o Controle registrou leve queda de 31 para 29 entregas (-6,5%). A ausência de Pós II no Controle impede comparação de retenção entre grupos.

5.3. Observações Qualitativas: Inclusão

Nas sessões expositivas, estudantes com indícios de neurodivergência tendiam à marginalização passiva — observação não sistematizada, registrada em diário de campo

pela equipe de pesquisa. Com o *Capy Runner*, o mesmo perfil demonstrou maior engajamento: interface visual e *feedback* imediato criaram pontos de entrada alternativos, reduzindo a dependência da fluência verbal [Coelho et al. 2022]. Esses achados são hipóteses observacionais a serem testadas em coleta sistematizada via *Ludora*.

5.4. Síntese

Os dados **não permitem afirmar superioridade estatística do *Capy Runner*** em nível de grupo. A contribuição verificável reside em: (1) impacto alto com mediação estruturada (2°B , $g = 0,772$); (2) engajamento estável com 75,7% de retenção de entregas; e (3) dinâmicas de inclusão qualitativamente distintas. Esses achados sustentam o potencial pedagógico do jogo como **ferramenta de apoio** em contextos de mediação estruturada.

6. Limitações

- **Intervalo irregular (2°C):** Pós II aplicado em <14 dias, podendo inflar o g de retenção por memória de curto prazo ($\dagger$).
- **Ausência de Pós II no Controle e na 8°B :** Impede comparação de retenção entre grupos — principal lacuna do estudo.
- **Mediação não controlada:** A variação na qualidade docente entre turmas (contraste 2°B vs. 8°C) é fator determinante sem controle sistemático nesta coleta.
- **Assincronia amostral:** Ausências e entregas incompletas reduziram o n efetivo em alguns subgrupos.
- **Dados de inclusão não sistematizados:** O número de estudantes com indícios de neurodivergência por grupo não foi registrado formalmente, limitando análises quantitativas sobre acessibilidade e restringindo as observações ao plano qualitativo.

7. Conclusão

O estudo evidenciou que o impacto pedagógico do *Capy Runner* é fortemente modulado pelo contexto de mediação docente: com suporte estruturado, atingiu $g = 0,772$ (alto); sem ele, o ganho foi negativo. A viabilidade técnica em hardware escolar de baixo desempenho foi confirmada como condição necessária, mas não suficiente. O trabalho pavimentou o caminho para a plataforma *Ludora*, que controlará variáveis procedimentais, automatizará a coleta e permitirá sistematizar as observações sobre inclusão identificadas nesta aplicação.

8. Uso de IA

O uso de IA seguiu as diretrizes da SBC: revisão de escrita (Gemini e Claude Sonnet 4.6), organização de dados e geração de scripts de visualização (Python/matplotlib). O processamento estatístico foi realizado integralmente no R v4.3.2; todas as interpretações são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Referências

- Aires, E. T., Gonzatti, F., e Bordin, J. (2025). Aprendizado lúdico: conhecendo as briofitas e fitofisionomias do pampa brasileiro por meio de um jogo digital. *Ambiente & Educação: Revista de Educacao Ambiental*, 30(1):1–19.

- Aranha, G. (2006). Jogos eletrônicos como um conceito chave para o desenvolvimento de aplicações imersivas e interativas para o aprendizado. *Ciências & Cognição*, 07:105–110.
- Coelho, C. P., Soares, R. G., do Amaral Gonçalves, N. S., e Roehrs, R. (2022). Gamificação e educação especial inclusiva: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Pedagógica*, 24:1–23.
- de Carvalho, C. V. (2015). Aprendizagem baseada em jogos (game-based learning). *II World Congress on Systems Engineering and Information Technology*, pages 180–184.
- Gonçalves, L. L., Giacomazzo, G. F., Rodrigues, F., e Macaia, C. B. S. (2016). Gamificação na educação: um modelo conceitual de apoio ao planejamento em uma proposta pedagógica. pages 1309–1318.
- Miranda, G. e Bezerra, E. (2021). Litorália: um jogo digital para o ensino da biodiversidade brasileira. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 709–712, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Pereira, L. R. R. e de Sousa, P. M. (2017). Biologia divertida: Uma abordagem digital no ensino de ciencia. In *Anais do XVI Simposio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 979–982, Curitiba, PR, Brasil.
- Ramos, D. K. e Campos, T. R. (2020). O uso de jogos digitais no ensino de Ciências Naturais e Biologia: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 19(2):450–473.