Aprendizagem Baseada em Projetos com Jogos Digitais no Ensino de Sistemas Digitais em Engenharia da Computação

Alisson S. Pinho[1], **Davi O.S. Carvalho**[1], **Guilherme F.R. Lopes**[1], **Ícaro S. Gonçalves**[1]
Sinval V.A. Mota[1], **Thiago R.S. Jesus** [1], **Wild F. S. Santos**[1,2]

[1]Departamento de Tecnologia - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana – BA – Brasil

[2]Universidade SENAI Cimatec - Salvador, BA - Brasil

{Silvaalissonals, davioliveira541}@outlook.com, guife.gf@hotmail.com

{icarodsouza662, victor.agostinho0123}@gmail.com

thiagoramon993@gmail.com, wfssantos@uefs.br

Abstract. *Digital Systems education faces challenges related to abstraction and engagement. This paper reports an experience in a Digital Systems course based on Project-Based Learning and FPGA-based game development. The approach combined low-level programming, hardware/software integration, and custom graphics. Results demonstrate elevated engagement, autonomy, and concept consolidation. Comparative analysis across four offerings reveals superior performance with the game-based approach, suggesting digital games effectively support technically demanding courses.*

Resumo. *O ensino de Sistemas Digitais apresenta desafios de abstração e engajamento. Este artigo relata uma experiência em uma disciplina baseada em Aprendizagem Baseada em Projetos e desenvolvimento de jogos em FPGA. A abordagem integrou programação em baixo nível, integração hardware/software e arquitetura gráfica. Os resultados demonstram elevado engajamento, autonomia e consolidação conceitual. Análise comparativa entre quatro ofertas revela desempenho superior com a abordagem baseada em jogos, sugerindo que jogos digitais efetivamente apoiam disciplinas tecnicamente exigentes.*

1. Introdução

O ensino de Sistemas Digitais (SD) enfrenta desafios relacionados ao elevado nível de abstração de conceitos como lógica sequencial, arquitetura de computadores e integração *hardware/software*, e a articulação entre teoria e prática é comumente comprometida por abordagens expositivas, reduzindo o engajamento dos estudantes. Para mitigar esse problema, metodologias ativas como Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – PjBL) e Aprendizagem Baseada em Jogos (*Game-Based Learning* – GBL) têm demonstrado potencial significativo. PjBL promove a construção do conhecimento por meio da resolução de problemas reais, favorecendo autonomia e colaboração [Patil and Patil 2026], enquanto o GBL aumenta a motivação intrínseca e

torna conceitos abstratos mais acessíveis através de desafios progressivos e *feedback* imediato [Carvalho et al. 2022].

Em SD, plataformas *Field-Programmable Gate Arrays* (FPGA) possibilitam explorar conceitos de *hardware* e *software* embarcado de forma integrada. Entretanto, a complexidade dessas plataformas pode reduzir a motivação quando os projetos carecem de contextualização prática [Sasidhar et al. 2018]. O desenvolvimento de jogos digitais surge como alternativa promissora, transformando conceitos técnicos como comunicação com periféricos, memória mapeada e renderização gráfica em componentes necessários para aplicações funcionais e visualmente atrativas. Embora existam estudos sobre jogos na educação em computação, ainda são limitadas as investigações que utilizam jogos digitais como artefato estruturante para o ensino de SD em FPGA, com avaliação quantitativa em múltiplas ofertas da disciplina [Miguel and Moutinho 2021].

Diante dessa lacuna, este trabalho apresenta uma experiência educacional conduzida ao longo de quatro ofertas consecutivas de SD, integrando PjBL e desenvolvimento de jogos em FPGA com arquitetura gráfica customizada. O trabalho apresenta uma análise do desempenho acadêmico, da frequência e da aprovação, além de explorar a percepção discente, comparando a abordagem baseada em jogos com outras temáticas de projeto. As principais contribuições são: (i) proposição de uma abordagem integrada de PjBL e desenvolvimento de jogos em FPGA; (ii) avaliação comparativa em quatro ofertas, utilizando dados de desempenho e análise estatística; e (iii) análise quantitativa e qualitativa dos resultados observados, incluindo as percepções dos estudantes respondentes sobre engajamento, autonomia e aprendizagem.

2. Fundamentação Teórica

O PjBL tem se consolidado como uma abordagem pedagógica amplamente utilizada na formação em Engenharia e Computação por promover a construção do conhecimento por meio da resolução de problemas autênticos e do desenvolvimento de artefatos concretos. Diferentemente de abordagens centradas na transmissão de conteúdo, o PjBL posiciona os estudantes como protagonistas do processo de aprendizagem, favorecendo autonomia, colaboração, pensamento crítico e integração entre teoria e prática. Na Educação em Computação, essa metodologia tem sido utilizada em disciplinas relacionadas à programação, sistemas embarcados e arquitetura de computadores, permitindo que conceitos abstratos sejam explorados por meio de projetos [El-Thalji 2025].

Complementarmente, a integração de elementos de gamificação em contextos educacionais demonstra potencial para aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes, reduzindo a ansiedade associada a conteúdos técnicos complexos [Patil and Kumbhar 2021]. Embora relacionados, a gamificação e a Aprendizagem Baseada em Jogos (*Game-Based Learning* – GBL) não são abordagens equivalentes: enquanto a gamificação incorpora elementos de jogos em atividades educacionais, a GBL utiliza o jogo como meio ou ambiente para a aprendizagem. Essa distinção é relevante para o presente trabalho, que emprega o desenvolvimento de jogos digitais como artefato de aprendizagem no contexto do PjBL.

Em SD, plataformas baseadas em FPGA permitem que estudantes implementem sistemas digitais completos, explorando desde lógica combinacional até a integração entre *hardware* e *software*. Essa característica torna essas plataformas particularmente

adequadas para disciplinas de SD e Sistemas Embarcados (SE), pois possibilitam a experimentação prática de conceitos relacionados à arquitetura de computadores, memória mapeada, comunicação com periféricos e programação em baixo nível [Carvalho et al. 2022].

3. Trabalhos Relacionados

A utilização de jogos digitais como recursos educacionais tem sido investigada em diversos contextos da Educação em Computação. Estudos recentes demonstram que a integração do PjBL ao desenvolvimento de jogos pode favorecer ganhos em engajamento, motivação e participação dos estudantes [Carvalho et al. 2022]. Embora situados em contextos distintos, tais estudos convergem ao indicar que abordagens lúdicas e narrativas podem favorecer não apenas o engajamento, mas também a compreensão conceitual de tópicos complexos.

Estudos precedentes demonstram que a integração do desenvolvimento de jogos em plataformas FPGA é viável e pedagogicamente promissora. Investigações recentes sobre o uso de abordagens baseadas em jogos para o ensino de FPGA identificaram que essa estratégia pode reduzir a curva de aprendizagem associada à complexidade das plataformas reconfiguráveis [Miguel and Moutinho 2021]. Similarmente, pesquisas desenvolveram uma arquitetura baseada em sprites para facilitar a criação de jogos 2D em FPGA, demonstrando que a infraestrutura de programação pode ser simplificada para estudantes de graduação [Alves et al. 2022]. Estudos mais recentes também exploram o potencial da gamificação em ambientes de aprendizagem fundamentados em artefatos interativos, evidenciando níveis elevados de engajamento durante o desenvolvimento das atividades [El-Thalji 2025]. Embora relacionada ao uso de jogos, a gamificação consiste na incorporação de elementos de jogos em atividades educacionais, enquanto o presente trabalho utiliza o desenvolvimento de jogos digitais como artefato central do projeto.

Apesar dos avanços mencionados, ainda são limitados os estudos que investigam a integração sistemática da Aprendizagem Baseada em Projetos com o desenvolvimento de jogos digitais em FPGA em disciplinas de SD, acompanhada de avaliações quantitativas realizadas em múltiplas ofertas da disciplina. A maioria dos trabalhos existentes concentra-se em relatos de experiência isolados ou estudos de caso com amostras reduzidas, frequentemente sem análise comparativa com outras abordagens pedagógicas. Neste contexto, o presente trabalho busca contribuir para o preenchimento dessa lacuna ao investigar a integração sistemática do PjBL com o desenvolvimento de jogos em FPGA em disciplinas de SD, combinando a análise quantitativa de desempenho acadêmico, frequência e aprovação com a análise qualitativa da percepção discente sobre engajamento, autonomia e aprendizagem.

4. Metodologia

4.1. Contexto da Disciplina e Abordagem Pedagógica

A disciplina de SD do curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) está inserida em um currículo estruturado segundo a metodologia PjBL, adotada desde a criação do curso em 2003. Nesse modelo, os estudantes assumem papel ativo na construção do conhecimento, enquanto os docentes atuam como tutores, conduzindo discussões, orientando o processo investigativo

e acompanhando o desenvolvimento das soluções propostas. A disciplina tem como objetivo desenvolver competências relacionadas ao projeto de sistemas digitais, enfatizando a integração entre *hardware* e *software*, arquitetura de computadores, programação em baixo nível e comunicação com periféricos.

No contexto desta disciplina, o PjBL foi operacionalizado por meio do desenvolvimento de jogos digitais em FPGA como artefato central de aprendizagem. Ao longo do semestre, os estudantes solucionaram três problemas sequenciais, correspondentes às diferentes etapas de implementação do jogo, com aumento progressivo da complexidade técnica e integração dos conceitos de Sistemas Digitais. O processo de aprendizagem foi organizado em ciclos semanais compostos pela apresentação de um problema de engenharia, seguida de sessões tutoriais para discussão dos requisitos e planejamento da solução. Posteriormente, os estudantes realizaram investigação dos conceitos necessários, implementaram as funcionalidades em linguagem C e *Assembly*, executaram testes e atividades de depuração na plataforma DE1-SoC e, ao final de cada ciclo, integraram os módulos desenvolvidos antes do início do desafio seguinte. Essa dinâmica permitiu que os jogos fossem desenvolvidos de forma incremental, articulando conteúdos como programação em baixo nível, memória mapeada, comunicação com periféricos, arquitetura de computadores e integração entre *hardware* e *software*.

4.2. Plataforma Tecnológica e Infraestrutura Gráfica

Para viabilizar o desenvolvimento dos jogos, utilizou-se a plataforma DE1-SoC, composta por FPGA e processador ARM, permitindo aos estudantes implementar aplicações em linguagem C e *Assembly*, explorar memória mapeada e empregar protocolos de comunicação como I2C e UART em problemas típicos de sistemas embarcados. A infraestrutura gráfica foi baseada em uma arquitetura de GPU bidimensional desenvolvida especificamente para ambientes reconfiguráveis [Alves et al. 2022]. Essa arquitetura é composta por um processador *Nios II*, responsável pela comunicação entre os módulos gráficos, utilizando memórias FIFO (*First In, First Out*) para sincronização e atualização da saída de vídeo no padrão VGA (*Video Graphics Array*).

A interação entre os programas desenvolvidos pelos estudantes e os componentes gráficos foi realizada por meio de uma *Application Programming Interface* (API) em linguagem C, responsável por abstrair o acesso aos registradores da FPGA e disponibilizar funções para manipulação de *sprites*, polígonos e demais elementos gráficos. Essa abstração eliminou a necessidade de implementação de *drivers* gráficos de baixo nível, permitindo que os estudantes concentrassem seus esforços na resolução dos problemas de engenharia propostos, sem reduzir a profundidade técnica dos conceitos abordados. Do ponto de vista pedagógico, essa infraestrutura tornou possível desenvolver aplicações gráficas completas, preservando o foco da disciplina em conceitos como paralelismo, sincronização, memória mapeada e integração entre *hardware* e *software*.

4.3. Contexto e Participantes

A experiência com o desenvolvimento de jogos digitais foi conduzida ao longo de quatro ofertas consecutivas da disciplina de SD, envolvendo um total de 45 estudantes distribuídos em equipes de três integrantes cada. Todas as turmas utilizaram a plataforma DE1-SoC e desenvolveram os projetos sem código-base, dispondo apenas da especificação do problema e da infraestrutura computacional disponibilizada pela

disciplina. Os estudantes foram avaliados por indicadores acadêmicos objetivos, como nota final, frequência e situação de aprovação. A percepção sobre engajamento, motivação, autonomia e compreensão foi investigada por meio de questionário, cujas respostas foram analisadas separadamente dos indicadores acadêmicos.

4.4. Coleta e Análise de Dados

Para avaliar os resultados da abordagem proposta, foram analisados os dados acadêmicos das quatro ofertas da disciplina, incluindo nota final, frequência e situação acadêmica (aprovação ou reprovação). Complementarmente, ao final de cada semestre foi aplicado um questionário anônimo contendo questões em escala Likert de cinco pontos e perguntas abertas. Entretanto, foram obtidas apenas oito respostas, concentradas na oferta que utilizou jogos digitais. Dessa forma, os dados de percepção foram utilizados de maneira exploratória e não permitem estabelecer uma comparação de percepção entre essa oferta e as turmas que utilizaram outras temáticas de projeto.

Os dados quantitativos foram analisados por meio de estatística descritiva (média, desvio-padrão, frequência e taxa de aprovação) e análise inferencial. Para comparar as notas finais entre as quatro ofertas, foram aplicados testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Levene). Devido à violação desses pressupostos, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn com correção de Bonferroni para identificar diferenças específicas entre turmas. O tamanho de efeito foi reportado por meio do ϵ^2 (epsilon-squared).

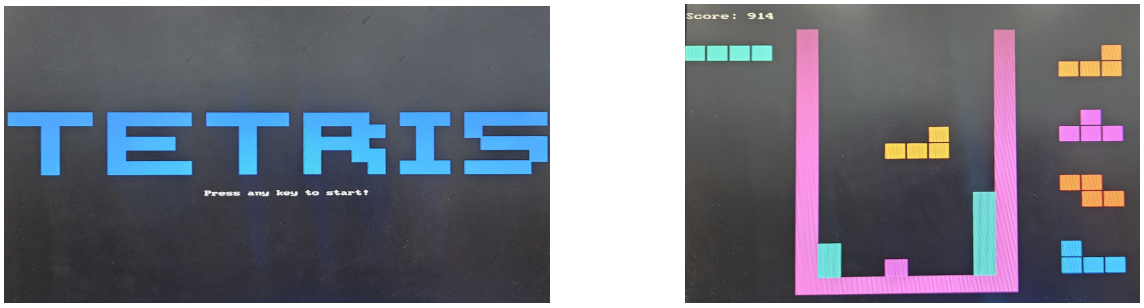
As respostas discursivas do questionário foram submetidas à análise temática, permitindo identificar padrões relacionados ao engajamento, à motivação, à autonomia e à compreensão dos respondentes. Adicionalmente, foi realizada análise comparativa com dados de três ofertas posteriores da disciplina que utilizaram outras temáticas de projeto (Detecção de Bordas em Imagens, *Zoom In/Out* em Imagens e Implementação de *Extreme Learning Machine* (ELM) em FPGA), todas com a mesma plataforma (DE1-SoC) e a mesma metodologia (PjBL com ciclos semanais). Essa comparação entre coortes sucessivas permitiu realizar uma análise do desempenho acadêmico em contextos com diferentes artefatos de projeto, tendo o desenvolvimento de jogos digitais como principal fator diferenciador, sem permitir atribuir causalidade exclusiva a essa abordagem.

5. Resultados

5.1. Desenvolvimento dos Jogos

Como artefato central da estratégia pedagógica, as equipes desenvolveram jogos digitais completos utilizando a plataforma DE1-SoC e a arquitetura gráfica descrita na Seção anterior. A experiência foi estruturada em duas fases: na primeira fase, todas as quatro equipes desenvolveram uma implementação do jogo *Tetris* [Pajitnov 1984]. O jogo implementou as sete peças originais, sistema de rotação, visualização antecipada das próximas peças e funcionalidade *Hold*, utilizando o acelerômetro da placa FPGA como dispositivo de entrada para controle de movimento. As Figuras 1 apresentam as interfaces desenvolvidas pelos estudantes. Na segunda fase, cada equipe desenvolveu seu próprio projeto, escolhendo entre diferentes temáticas de jogos, desde que respeitassem orientações mínimas de uso de *sprites* e polígonos para exploração da infraestrutura gráfica disponibilizada.

Essa estrutura em duas fases foi planejada para que todas as equipes desenvolvessem familiaridade com a arquitetura gráfica, os protocolos de comunicação com periféricos e as técnicas de sincronização necessárias antes de enfrentar os desafios técnicos mais complexos dos projetos individuais. A consolidação com *Tetris* forneceu uma base de conhecimentos integrados sobre programação em linguagem C e *Assembly*, comunicação com periféricos, manipulação de memória mapeada, renderização gráfica e sincronização entre *hardware* e *software*, com o objetivo de preparar os estudantes para as fases subsequentes de desenvolvimento.



(a) Tela inicial. **(b) Jogo em execução.**

Figura 1. Interfaces desenvolvidas pelos estudantes para o jogo *Tetris*.

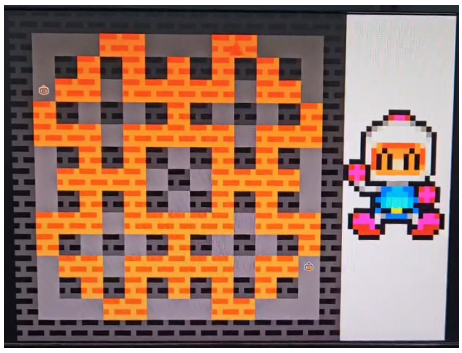
Subsequentemente, cada equipe desenvolveu seu próprio projeto, escolhendo a temática do jogo e a abordagem técnica, respeitando as orientações mínimas de uso de *sprites* e polígonos. Essa liberdade criativa resultou no desenvolvimento de implementações inspiradas em *Bomberman* [Hudson Soft 1983], *Pac-Man* [Namco 1980], *Flappy Bird* [Nguyen 2013] e *Asteroids* [Atari 1979], ilustrando que a infraestrutura desenvolvida pode suportar diferentes estilos de jogos e níveis de complexidade.

O projeto inspirado em *Bomberman* explorou interação *multiplayer*, leitura simultânea de acelerômetro e mouse por meio de múltiplas *threads*, sincronização das explosões e atualização dinâmica do cenário. Essa implementação envolveu desafios de gerenciamento de concorrência e sincronização entre componentes de *hardware* e *software*, conforme ilustrado nas Figuras 2a.

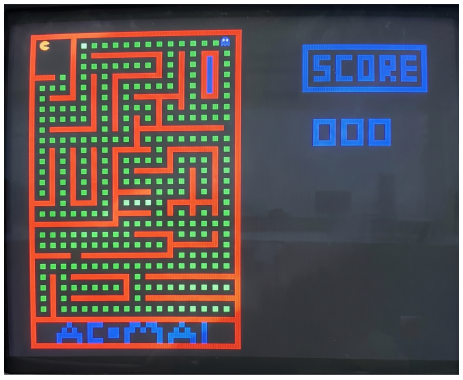
A Figura 2b apresenta a interface desenvolvida para o projeto inspirado em *Pac-Man*, que incorporou movimentação independente dos jogadores, elementos gráficos dinâmicos e detecção de colisões em tempo real, exigindo otimização de algoritmos de detecção de colisão e gerenciamento eficiente de múltiplos objetos gráficos em movimento simultâneo.

Outras equipes desenvolveram versões inspiradas em *Flappy Bird* e *Asteroids*, ilustradas nas Figuras 2c e 2d, respectivamente. O projeto baseado em *Flappy Bird* enfatizou conceitos relacionados à temporização, física simplificada, detecção contínua de colisões e sincronização da atualização gráfica. Por sua vez, a implementação inspirada em *Asteroids* explorou movimentação vetorial, geração dinâmica de obstáculos, disparo de projéteis e gerenciamento simultâneo de múltiplos objetos gráficos, envolvendo um nível elevado de complexidade técnica entre os projetos desenvolvidos na disciplina.

Em conjunto, os cinco projetos ilustram que a arquitetura gráfica desenvolvida



(a) ***Bomberman*** **em execução.**



(b) ***Pac-Man*** **em execução.**



(c) ***Flappy Bird*** **em execução.**



(d) ***Asteroids*** **em execução.**

Figura 2. Interfaces dos jogos desenvolvidos pelos estudantes: (a) *Bomberman*; (b) *Pac-Man*; (c) *Flappy Bird*; (d) *Asteroids*.

oferece flexibilidade para suportar diferentes mecânicas de jogos e distintos níveis de complexidade computacional. Embora apresentem mecânicas distintas, todos os projetos compartilharam uma mesma base arquitetural, exigindo integração entre programação em linguagem C e *Assembly*, comunicação com periféricos, manipulação de memória mapeada, renderização gráfica e sincronização entre *hardware* e *software*. Essa diversidade de aplicações sugere que a metodologia proposta pode ser aplicada a diferentes tipos de projeto, permitindo que diferentes equipes explorem soluções criativas sem comprometer os objetivos de aprendizagem da disciplina. Mais do que produtos finais, esses jogos constituíram artefatos de aprendizagem que permitiram aos estudantes aplicar, de forma integrada, conceitos de SD, Arquitetura de Computadores e SE em aplicações completas e funcionais.

5.2. Resultados Acadêmicos

Para complementar a análise dos resultados educacionais, foram analisados indicadores acadêmicos de quatro ofertas consecutivas da disciplina de SD ($n = 45$). A oferta de 2024.2 utilizou jogos digitais como artefato central da aprendizagem, enquanto as ofertas de 2025.1, 2025.2 e 2026.1 adotaram a mesma metodologia PjBL com projetos em Processamento de Imagens e Aprendizado de Máquina implementados em FPGA. A Tabela 1 apresenta os indicadores acadêmicos observados em cada semestre.

A análise estatística utilizou testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Levene), que revelaram violação de pressupostos paramétricos. Consequentemente, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis,

Tabela 1. Indicadores acadêmicos das ofertas da disciplina

Turma	n	Projeto	Média	DP	Faltas	Aprovação
2024.2	10	Jogos Digitais	9,88	0,15	2,60	100,0%
2025.1	12	Detecção de Borda	7,32	2,89	4,58	66,7%
2025.2	11	*Zoom In/Out*	8,55	0,43	1,64	100,0%
2026.1	12	ELM	8,93	1,00	3,17	100,0%

que revelou diferença estatisticamente significativa nas notas finais ($H = 13,87$, $p = 0,0031$, $\epsilon^2 = 0,29$). O pós-teste de Dunn indicou que a turma de 2024.2 apresentou desempenho significativamente superior às turmas de 2025.1 ($p = 0,0125$) e 2025.2 ($p = 0,0043$), sem diferenças significativas em relação a 2026.1 ($p = 0,1095$).

A turma de 2024.2 apresentou a maior média (9,88) com menor variabilidade (DP = 0,15), indicando desempenho consistentemente alto. A turma de 2025.1 apresentou a menor média (7,33) com maior variabilidade (DP = 2,89) e menor frequência (média de 4,6 faltas), além de taxa de aprovação inferior (66,7%). As demais turmas apresentaram desempenho intermediário com 100% de aprovação. Embora o estudo permita uma comparação entre ofertas sucessivas, a ausência de randomização e a existência de possíveis diferenças entre as turmas recomendam cautela na interpretação dos resultados. Assim, os dados indicam uma associação entre a abordagem baseada em jogos digitais e o desempenho acadêmico observado em 2024.2, sem permitir atribuir exclusivamente a essa abordagem as diferenças identificadas em relação às demais ofertas.

5.3. Percepção dos Estudantes

A percepção dos estudantes sobre a metodologia foi avaliada por meio de um questionário anônimo composto por questões em escala Likert de cinco pontos, aplicado ao final da oferta que utilizou jogos digitais. O objetivo foi analisar aspectos relacionados à motivação, engajamento, autonomia e percepção da contribuição dos projetos para a aprendizagem. A Tabela 2 sintetiza os principais resultados obtidos ($n = 8$). Como não foram obtidas respostas comparáveis das demais ofertas, os resultados desta subseção devem ser interpretados como descritivos da amostra respondente e não permitem afirmar que as percepções observadas sejam exclusivas da abordagem baseada em jogos.

Tabela 2. Percepção dos estudantes sobre a metodologia ($n = 8/10$).

Aspecto Avaliado	**Concordância**
Motivação vs. projetos tradicionais	100%
Feedback visual facilitou aprendizagem	75%
Dedicação além do mínimo exigido	88%
Progressão incremental manteve interesse	62%
Jogo final como produto autoral	62%

Entre os respondentes, observou-se elevada concordância em relação à motivação associada à metodologia. Todos os respondentes concordaram com a afirmação de que desenvolver um jogo os motivou mais do que projetos tradicionais como semáforo e cronômetro. Quanto ao *feedback* visual imediato, 75% dos estudantes concordaram que o retorno visual da GPU facilitou a percepção rápida de erros no código, sendo que

50% concordaram totalmente com essa afirmação. A dedicação além do mínimo exigido foi relatada por 88% dos estudantes, sugerindo engajamento com as atividades entre os respondentes. Especificamente, 88% concordaram totalmente que se dedicaram além do mínimo porque queriam melhorar o jogo. A progressão incremental dos projetos, iniciando com *Tetris* e evoluindo para jogos mais complexos, manteve o interesse de 62% dos respondentes ao longo do semestre. Finalmente, 62% dos estudantes concordaram totalmente que sentiram o jogo final como um produto seu, e não apenas como um exercício escolar, sugerindo percepção de autoria sobre o artefato desenvolvido.

De maneira geral, os resultados descritivos do questionário são compatíveis com os indicadores acadêmicos apresentados na subseção anterior, embora tenham sido obtidos de uma amostra reduzida e sem comparação de percepção com as demais ofertas. A elevada percepção de motivação, engajamento e autoria entre os respondentes, associada aos bons índices de desempenho acadêmico, frequência e aprovação observados na oferta de 2024.2, indica que a utilização de jogos digitais como artefato central da metodologia PjBL é uma estratégia promissora para o ensino de SD em cursos de Engenharia da Computação, sem permitir concluir que esses resultados sejam exclusivamente decorrentes da abordagem baseada em jogos.

6. Conclusão

A experiência baseada no desenvolvimento de jogos digitais em plataformas reconfiguráveis fundamentadas em FPGA revelou-se uma estratégia didática promissora para o ensino de conteúdos complexos em Sistemas Digitais. A proposta pedagógica articulou fundamentação teórica, prática de projeto e resolução de problemas contextualizados, favorecendo uma aprendizagem ativa e tecnicamente consistente. A implementação de mecanismos como renderização gráfica por *sprites*, sincronização de vídeo via VGA e detecção de colisões favoreceu a materialização de conceitos tradicionalmente abstratos, como máquinas de estados, concorrência e lógica sequencial. Adicionalmente, a natureza dos projetos demandou a articulação de múltiplos conhecimentos, abrangendo programação em C e *Assembly*, arquitetura de computadores, protocolos de comunicação e interação com periféricos, promovendo uma aprendizagem integrada.

Os resultados quantitativos indicam que a turma responsável pelo desenvolvimento de jogos digitais obteve o melhor desempenho acadêmico, considerando a maior média e a menor dispersão de notas, além de apresentar taxa de aprovação de 100% entre as quatro ofertas analisadas. Entretanto, a menor média de faltas foi observada na turma de 2025.2, e não na turma que desenvolveu jogos. Os dados descritivos do questionário, composto por apenas oito respostas, foram favoráveis à metodologia entre os respondentes, indicando que a natureza interativa, visual e incremental das soluções desenvolvidas esteve associada à percepção de compreensão conceitual e envolvimento com as atividades práticas. A combinação entre desafios técnicos e elementos interativos também foi relacionada à dedicação às atividades laboratoriais, sugerindo engajamento entre os estudantes respondentes.

Cumpre ressaltar que os resultados discutidos devem ser interpretados à luz das limitações inerentes a relatos de experiência com delineamento quase-experimental, especialmente no que se refere à influência de fatores contextuais, como o perfil das

turmas, à ausência de randomização e às diferenças no tamanho das amostras. Além disso, o questionário contou com apenas oito respostas, aparentemente concentradas na oferta que utilizou jogos digitais, sem dados comparáveis de percepção das demais turmas. Portanto, não é possível afirmar que o entusiasmo relatado seja exclusivo da abordagem baseada em jogos, nem atribuir causalidade exclusiva a essa abordagem para as diferenças observadas no desempenho acadêmico. Como desdobramentos futuros, pretende-se expandir a proposta para outros componentes curriculares e aprofundar a investigação de seus resultados educacionais por meio de instrumentos formais de avaliação, aplicados de modo comparável entre as turmas. Adicionalmente, vislumbra-se a incorporação de técnicas de Inteligência Artificial nos projetos didáticos, ampliando a complexidade dos sistemas desenvolvidos e diversificando os cenários de aprendizagem em sistemas digitais e embarcados.

Referências

Alves, G. S. B., Dias, A. M., and Sarinho, V. T. (2022). Development of a sprite-based architecture for creating 2d games in reconfigurable environments using fpga devices. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 283–288, Natal, RN, Brazil. Trilha de Computação - Artigos Curtos.

Atari (1979). Asteroids. Jogo de arcade. Desenvolvido por Lyle Rains e Ed Logg.

Carvalho, W., Rodriguez, C., and Rocha, R. (2022). Aprendizagem baseada em projetos no contexto do desenvolvimento de jogos: uma revisão sistemática de literatura. pages 267–277.

El-Thalji, I. (2025). Boosting active learning through a gamified flipped classroom: A retrospective case study in higher engineering education. *Education Sciences*, 15(4):430.

Hudson Soft (1983). Bomberman. Jogo Eletrônico. Jogo eletrônico desenvolvido por Hudson Soft, lançado inicialmente em 1983.

Miguel, M. and Moutinho, F. (2021). Towards fpga learning through a game-based approach. In *XVII Jornadas sobre Sistemas Reconfiguráveis (REC2021)*, Porto, Portugal. Financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal.

Namco (1980). Pac-man. Jogo Eletrônico. Jogo eletrônico desenvolvido por Namco, lançado originalmente em 1980.

Nguyen, D. (2013). Flappy bird. Jogo mobile disponível em iOS e Android.

Pajitnov, A. (1984). Tetris. Jogo Eletrônico. Jogo eletrônico desenvolvido por Alexey Pajitnov, lançado inicialmente em 1984.

Patil, R. Y. and Patil, Y. (2026). *Game Development as a Pedagogical Innovation for Project-Based Learning in Computer Graphics and Gaming*, pages 367–398. IGI Global Scientific Publishing.

Patil, Y. M. and Kumbhar, P. D. (2021). Learning by gamification: An effective active learning tool in engineering education. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34(3):1–15.

Sasidhar, S. et al. (2018). A project-based approach to fpga-aided teaching of digital systems. *IEEE Transactions on Education*, 61(4):290–297.