



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Computação e Sistemas**

**Desafio dos Anéis: desenvolvimento de
um jogo sério digital para o ensino de
matemática e balanceamento de
demanda**

Matheus Metzker Soares

**TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO**

ORIENTAÇÃO:

Gilda Aparecida de Assis

COORIENTAÇÃO:

Sérgio Evangelista Silva

Agosto, 2025

João Monlevade–MG

Matheus Metzker Soares

**Desafio dos Anéis: desenvolvimento de um jogo
sério digital para o ensino de matemática e
balanceamento de demanda**

Orientador: Gilda Aparecida de Assis

Coorientador: Sérgio Evangelista Silva

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Computação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na Disciplina “Trabalho de Conclusão de Curso II”.

Universidade Federal de Ouro Preto

João Monlevade

Agosto de 2025



FOLHA DE APROVAÇÃO

Matheus Metzker Soares

Desafio dos Anéis: desenvolvimento de um jogo sério digital para o ensino de matemática e balanceamento de demanda

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação

Aprovada em 02 de setembro de 2025

Membros da banca

Dra. Gilda Aparecida de Assis - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Sérgio Evangelista Silva - Coorientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Fernando Bernardes de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Tatiana Alves Costa - Universidade Federal de Ouro Preto

Gilda Aparecida de Assis, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/09/2025



Documento assinado eletronicamente por **Gilda Aparecida de Assis, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/09/2025, às 18:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0979228** e o código CRC **FD8DB032**.

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor, apoio e dedicação em todos os momentos da minha vida

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, pelo amor, apoio incondicional e exemplo de dedicação, que foram fundamentais em toda a minha trajetória.

Aos amigos e colegas, que compartilharam momentos de estudo, trabalho e amizade, contribuindo para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

À minha orientadora, pelo acompanhamento atento, paciência e incentivo em todas as etapas deste trabalho, e ao meu coorientador, pelas contribuições valiosas, sugestões e apoio técnico que enriqueceram este projeto.

Enfim, a todos que, de maneira direta ou indireta, estiveram presentes e contribuíram para minha formação, registro aqui a minha sincera gratidão.

“Nos jogos como na vida: às vezes você ganha, às vezes aprende.”

— Autor desconhecido

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital Desafio dos Anéis, um jogo sério de matemática concebido para dispositivos móveis e inspirado na lógica de balanceamento de demanda em sistemas produtivos. O objetivo principal foi criar um recurso pedagógico que estimule o raciocínio lógico e matemático, ao mesmo tempo em que proporcione uma experiência lúdica e interativa. O processo de desenvolvimento seguiu a abordagem do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), com prototipação de interface no Figma e implementação na *engine Unity*. A avaliação preliminar foi realizada com 8 estudantes de Engenharia de Produção, que jogaram partidas em diferentes níveis de dificuldade e responderam a questionários sobre perfil e experiência de uso. Os resultados indicaram boa aceitação geral, destacando a clareza da interface, a manutenção da atenção e a percepção de aprendizagem. Conclui-se que o protótipo cumpriu seu papel inicial de integrar conceitos matemáticos a um ambiente digital acessível, configurando-se como recurso complementar para o ensino. O trabalho também identificou oportunidades de melhoria, como a inclusão de novas formas de interação e ajustes de *feedback*, a serem exploradas em ciclos futuros de desenvolvimento.

Palavras-chave: jogos sérios. ensino de matemática. engenharia de produção. usabilidade.

Abstract

This work presents the development of the digital game *Desafio dos Anéis*, a serious mathematics game designed for mobile devices and inspired by the logic of demand balancing in production systems. The main objective was to create an educational tool that stimulates logical and mathematical reasoning while providing a playful and interactive experience. The development process followed the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act), with interface prototyping in Figma and implementation in the Unity engine. A preliminary evaluation was carried out with 8 Production Engineering students, who played matches at different difficulty levels and answered questionnaires regarding their profile and user experience. The results indicated good overall acceptance, with emphasis on interface clarity, sustained attention, and perception of learning. It is concluded that the prototype fulfilled its initial role of integrating mathematical concepts into an accessible digital environment, positioning itself as a complementary educational resource. The study also identified opportunities for improvement, such as the inclusion of new interaction options and feedback adjustments, to be explored in future development cycles.

Key-words: serious games. mathematics education. production engineering. usability.

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Captura de tela do jogo educacional D-LEARN 2.0. | 20 |
| Figura 2 – Tela do jogo Aventuras Digitais com Material Dourado. | 21 |
| Figura 3 – Representação do ciclo PDCA aplicado ao desenvolvimento de jogos. | 22 |
| Figura 4 – Representação do jogo físico Desafio dos Anéis | 25 |
| Figura 5 – Protótipos de interface desenvolvidos no <i>Figma</i> | 27 |
| Figura 6 – Ambiente do <i>Unity</i> durante a implementação do jogo. | 28 |
| Figura 7 – Telas principais do jogo rodando em dispositivo móvel. | 29 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Cargas horárias totais sem redistribuição. | 24 |
| Tabela 2 – Distribuição balanceada das cargas de manutenção. | 25 |
| Tabela 3 – Síntese dos resultados (escala 0–10). | 32 |

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|------|-------------------------------------|
| 2D | Bidimensional |
| 3D | Tridimensional |
| GEQ | Game Experience Questionnaire |
| PCP | Planejamento e Controle da Produção |
| PDCA | Plan, Do, Check, Act |
| PBL | Aprendizagem Baseada em Problemas |
| UI | User Interface |

Lista de símbolos

| | |
|----------------|--|
| σ_{ini} | Desvio-padrão inicial das colunas |
| σ_{jog} | Desvio-padrão obtido pelo jogador |
| σ_{min} | Desvio-padrão ótimo conhecido |
| γ | Parâmetro de exigência para avaliação da qualidade |
| m | Número de movimentos realizados pelo jogador |
| m^* | Número mínimo de movimentos necessários |
| k | Constante de penalização por movimentos extras |
| t | Tempo total da partida |
| t_{ref} | Tempo de referência por nível de dificuldade |
| S | Pontuação final do jogador (escala 0–10) |

Sumário

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | Objetivos | 15 |
| 1.2 | Metodologia | 15 |
| 1.3 | Organização do trabalho | 16 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 | Jogos digitais e educação | 17 |
| 2.2 | Jogos sérios | 18 |
| 2.3 | Balanceamento de demanda e metodologias ativas no ensino de Engenharia | 18 |
| 2.4 | Gamificação e usabilidade | 19 |
| 2.5 | Trabalhos relacionados | 20 |
| 3 | DESENVOLVIMENTO | 22 |
| 3.1 | Abordagem metodológica: PDCA | 22 |
| 3.2 | Concepção e Dinâmica do Jogo | 23 |
| 3.2.1 | Contexto do Jogo Físico | 24 |
| 3.2.2 | Versão Digital e Mecânicas | 25 |
| 3.3 | Ferramentas e tecnologias | 26 |
| 3.3.1 | Prototipação de interface: Figma | 26 |
| 3.3.2 | Motor de jogo e implementação: Unity | 27 |
| 4 | RESULTADOS | 29 |
| 4.1 | Protótipo funcional e funcionalidades implementadas | 29 |
| 4.2 | Cálculo da pontuação | 30 |
| 4.3 | Experiência do usuário | 31 |
| 4.4 | Resumo dos resultados | 32 |
| 5 | CONCLUSÃO | 33 |
| | REFERÊNCIAS | 34 |
| | APÊNDICES | 37 |
| | APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO DO TESTE | 38 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| A.1 | Roteiro de teste exploratório | 38 |
| A.2 | Questionário de Experiência de Jogo | 38 |

1 Introdução

Os jogos digitais se consolidaram como um dos principais setores da indústria do entretenimento, movimentando cifras superiores às do cinema e da música somados (Fortim, 2022; PwC, 2023), um indicativo de sua grande popularidade. Além do aspecto econômico e do entretenimento, os jogos também vêm sendo explorados em contextos educacionais, configurando-se como ferramentas que extrapolam o entretenimento para possibilitar a aprendizagem de conteúdos complexos de maneira lúdica e interativa. Essa categoria, denominada jogos sérios, tem sido utilizada em diferentes áreas, como saúde, treinamento profissional e educação formal (MICHAEL; CHEN, 2005; ZYDA, 2005).

No âmbito do ensino de Engenharia de Produção, a aplicação de métodos ativos de aprendizagem tem-se mostrado cada vez mais relevante (PRINCE, 2004). Entre os diversos conteúdos dessa área, o balanceamento de demanda em sistemas produtivos representa um desafio recorrente para estudantes, que muitas vezes enfrentam dificuldades em visualizar a dinâmica do processo e compreender os impactos das decisões ao longo do fluxo de produção (SOUZA; PIRES, 1999). Métodos tradicionais de ensino, baseados em aulas expositivas e exercícios estáticos, nem sempre são suficientes para engajar o aluno ou para representar de modo claro a complexidade envolvida (FELDER; BRENT, 2005).

Além disso, observa-se que muitos discentes apresentam dificuldades em lidar com conceitos matemáticos e lógicos, fundamentais para compreender processos produtivos e solucionar problemas de engenharia. Nesse cenário, o uso de jogos digitais pode se tornar um recurso pedagógico diferenciado, ao promover um ambiente mais acessível e menos intimidador para a prática de cálculos e análises lógicas. Estudos apontam que jogos educacionais podem aumentar a motivação e facilitar a assimilação de conteúdos abstratos, justamente por transformarem o aprendizado em uma experiência interativa e engajante (GEE, 2003; ANNETTA, 2010).

Outro aspecto relevante é a inserção dos jogos sérios no contexto da transformação digital no ensino superior. Instituições têm buscado incorporar tecnologias inovadoras para complementar práticas pedagógicas, aproximando o ensino das linguagens e ferramentas com as quais os estudantes já estão familiarizados. Nesse sentido, os jogos digitais, principalmente em dispositivos móveis, podem contribuir não apenas para o aprendizado de conteúdos específicos, mas também para o desenvolvimento de habilidades transversais, como trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico (CONNOLLY et al., 2012; BOYLE et al., 2016).

Com base nessa problemática, este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital Desafio dos Anéis, inspirado na lógica de balanceamento de demanda em linhas de

produção, sendo estruturado como um jogo matemático que estimula o raciocínio lógico e a tomada de decisão. A proposta surgiu a partir da adaptação de um protótipo físico já utilizado em sala de aula e foi concebida para dispositivos móveis, visando ampliar o acesso e a atratividade da experiência de aprendizagem. O desenvolvimento do jogo seguiu o ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA), contemplando as etapas de planejamento, implementação, testes e refinamentos, em linha com a abordagem apresentada em (FONTANA et al., 2023). Para o design da interface foi utilizado o *Figma*, uma plataforma colaborativa de prototipação de interfaces, enquanto a implementação ocorreu na *engine Unity*, versão 6.000.0.40f1, com scripts em *C# (C Sharp)*, cuja documentação oficial está disponível em (Unity Technologies, 2025).

A avaliação da experiência dos jogadores foi conduzida por meio de uma versão adaptada do Game Experience Questionnaire (GEQ) (IJSELSTEIJN; KORT; POELS, 2013), complementada por um questionário desenvolvido especificamente para este trabalho no Google Forms. Esse instrumento adicional foi aplicado a estudantes do curso de Engenharia de Produção e buscou explorar tanto a usabilidade quanto a qualidade da experiência proporcionada pelo jogo, quanto o seu potencial como recurso pedagógico.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é projetar, desenvolver e avaliar um jogo digital educacional do tipo jogo sério, que estimule o raciocínio lógico e matemático, inspirado na lógica de balanceamento de demanda em sistemas produtivos.

Este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um jogo digital, baseado em um protótipo físico, que explore conceitos matemáticos e de lógica relacionados à dinâmica de sistemas produtivos;
- Incorporar elementos de usabilidade e acessibilidade, visando ampliar o engajamento e a atratividade da experiência;
- Validar o jogo por meio de testes de usabilidade e da aplicação de uma versão adaptada do GEQ;
- Analisar os resultados obtidos, discutindo as contribuições do jogo enquanto recurso pedagógico para o ensino de Engenharia de Produção e de conceitos matemáticos.

1.2 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada em etapas complementares, organizadas de modo iterativo segundo o ciclo PDCA (FONTANA et al., 2023).

As principais etapas foram:

1. **Estudo do referencial teórico:** levantamento de literatura sobre jogos digitais e educação, jogos sérios, metodologias ativas de aprendizagem, gamificação e usabilidade.
2. **Observação em sala de aula:** acompanhamento da disciplina Planejamento e Controle da Produção I do curso de Engenharia de Produção, na qual foi aplicado o jogo físico, possibilitando identificar potenciais de adaptação para o ambiente digital.
3. **Prototipação no *Figma*:** desenvolvimento de protótipos de interface, que serviram como guia para as etapas de implementação no motor de jogos *Unity*.
4. **Implementação no *Unity*:** desenvolvimento incremental do jogo digital com base nos protótipos, incluindo definição de mecânicas, interface e sistema de pontuação.
5. **Acompanhamento da orientação:** reuniões periódicas com a orientadora e o coorientador, garantindo o alinhamento entre objetivos pedagógicos e soluções técnicas.
6. **Teste exploratório:** aplicação do jogo em dispositivos móveis com oito discentes de Engenharia de Produção, seguida da coleta de dados por meio de questionários sobre perfil e percepção da experiência.

1.3 Organização do trabalho

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, abordando jogos digitais e educação, jogos sérios, metodologias de ensino em Engenharia de Produção, gamificação e usabilidade, além de trabalhos relacionados. O Capítulo 3 descreve o processo de concepção do jogo, as ferramentas utilizadas e as etapas de implementação. O Capítulo 4 reúne os principais resultados do projeto, incluindo a concepção e dinâmica do jogo, o protótipo funcional, as funcionalidades implementadas e a avaliação da experiência do usuário. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais e as perspectivas de continuidade do trabalho.

2 Revisão bibliográfica

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura relacionada aos temas centrais deste trabalho, bem como trabalhos correlatos. A revisão está organizada em cinco eixos: jogos digitais e educação, jogos sérios, balanceamento de demanda e metodologias ativas no ensino de Engenharia de Produção, gamificação e usabilidade, e trabalhos relacionados que inspiraram o desenvolvimento do Desafio dos Anéis.

2.1 Jogos digitais e educação

Nas últimas décadas, os jogos digitais deixaram de ser vistos apenas como uma maneira de entretenimento e passaram a ocupar espaço relevante em contextos educacionais. [Gee \(2003\)](#) argumenta que os jogos oferecem oportunidades únicas de aprendizagem situacional, pois permitem ao jogador testar hipóteses, receber *feedback* imediato e aprender em um ambiente que simula situações reais. De maneira semelhante, [Prensky \(2003\)](#) introduz o conceito de *Digital Game-Based Learning*, segundo o qual jogos digitais podem servir como instrumentos eficazes de ensino, alinhando-se ao estilo de linguagem e às expectativas da chamada “geração digital”.

Nesse contexto, diferentes estudos investigaram o impacto dos jogos digitais na aprendizagem. [Connolly et al. \(2012\)](#) realizaram uma revisão sistemática de estudos que aplicaram jogos digitais em contextos de aprendizagem, apontando benefícios significativos no desenvolvimento de habilidades cognitivas, motivação e colaboração. Em linha semelhante, [Boyle et al. \(2016\)](#) identificaram que a utilização desses recursos pode ampliar o engajamento e a retenção de conteúdos, em especial quando aplicados a disciplinas com alta carga abstrata. [Annetta \(2010\)](#) acrescenta que a integração entre narrativa, interatividade e objetivos educacionais contribui para transformar conteúdos complexos em experiências significativas para os estudantes.

Apesar dos avanços, existem também limitações. [Prince \(2004\)](#) e [Felder e Brent \(2005\)](#) apontam que as diferenças individuais entre estudantes, como estilos de aprendizagem, e barreiras institucionais, como falta de infraestrutura tecnológica, podem restringir a eficácia do uso de jogos no ensino. Assim, embora haja evidências positivas, a incorporação de jogos digitais à prática pedagógica requer planejamento cuidadoso, alinhamento curricular e estratégias de avaliação consistentes.

2.2 Jogos sérios

Dentre as diferentes categorias de jogos digitais, destacam-se os jogos sérios, definidos como aqueles cujo propósito principal vai além do entretenimento (MICHAEL; CHEN, 2005). Zyda (2005) complementa essa definição ao afirmar que os jogos sérios buscam engajar os jogadores em atividades que promovam aprendizado, treinamento ou conscientização.

A literatura sobre sobre essa categoria de jogos apresenta um amplo espectro de aplicações. Annetta (2010) relata experiências positivas no uso de jogos para o ensino de ciências, enquanto Wouters et al. (2013) destacam o impacto dos jogos sérios no desenvolvimento de habilidades colaborativas em ambientes de treinamento. Breuer e Bente (2010) enfatizam seu potencial em contextos educacionais formais, destacando a capacidade dos jogos de promover engajamento ativo dos estudantes.

No que diz respeito à avaliação da experiência do jogador, diferentes instrumentos foram propostos. O GEQ, desenvolvido por IJsselsteijn, Kort e Poels (2013), é um dos mais utilizados para mensurar dimensões como imersão, competência e diversão. Outro modelo amplamente referenciado é o *GameFlow*, de Sweetser e Wyeth (2005), que estabelece critérios para a análise da qualidade da experiência em jogos digitais, incluindo fatores como concentração, desafio e *feedback*. Esses instrumentos oferecem subsídios importantes para a validação de jogos educacionais. No contexto deste estudo, tais referenciais são fundamentais para estruturar a análise da experiência proporcionada pelo jogo Desafio dos Anéis.

2.3 Balanceamento de demanda e metodologias ativas no ensino de Engenharia

O balanceamento de demanda em sistemas produtivos constitui um tema central na área de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Slack, Chambers e Johnston (2009) e Fernandes e Filho (2010) destacam que a busca por equilibrar a capacidade produtiva com a variabilidade da demanda é essencial para a eficiência operacional. Apesar de sua relevância, trata-se de um conceito abstrato que, como ressaltam Souza e Pires (1999), frequentemente apresenta barreiras à compreensão dos estudantes quando ensinado por métodos tradicionais.

Nesse sentido, a incorporação de metodologias ativas tem-se mostrado promissora. Prince (2004) apresenta uma síntese de abordagens como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), a sala de aula invertida e a aprendizagem colaborativa, todas voltadas a promover maior engajamento dos estudantes. Moran (2018) e Freire (2014) reforçam a importância de práticas pedagógicas centradas no aluno, que estimulem a autonomia e a

reflexão crítica. No campo da Engenharia, [Felder e Brent \(2005\)](#) argumentam que o ensino tradicional nem sempre contempla a diversidade de estilos de aprendizagem, tornando necessária a adoção de abordagens alternativas. Tornam-se, assim, um terreno fértil para a introdução de recursos lúdicos, como jogos e simulações, capazes de aproximar teoria e prática.

Jogos digitais e simulações vêm sendo explorados nesse contexto como ferramentas capazes de representar graficamente a dinâmica produtiva, permitindo ao estudante visualizar gargalos, testar estratégias de decisão e compreender de modo prático conceitos que seriam difíceis de apreender apenas pela teoria. [Lima e Silva \(2017\)](#) sugerem que o uso de simulações em cursos de Engenharia aumenta o engajamento dos discentes e favorece a assimilação de conteúdos. [Fontana, Nepomuceno e Almeida \(2023\)](#) adaptaram o jogo físico “Fábrica de Aviões de Papel” para o ensino de gestão da produção, enquanto [Filho, Silva e Oliveira \(2024\)](#) analisaram o impacto de jogos digitais em turmas de Engenharia de Produção, ambos destacando ganhos significativos na aprendizagem. Essas iniciativas demonstram que a aplicação de jogos em Engenharia de Produção não apenas facilita a aprendizagem de conceitos abstratos, ao oferecer experiências práticas e interativas, mas também promove maior motivação e engajamento dos estudantes.

2.4 Gamificação e usabilidade

Embora frequentemente associada aos jogos sérios, a gamificação apresenta uma proposta distinta: utilizar elementos de jogos — como pontos, desafios e recompensas — em contextos não necessariamente lúdicos ([DETERDING et al., 2011](#)). Essa estratégia tem sido aplicada com sucesso em diferentes áreas, incluindo ambientes educacionais, para promover engajamento e motivação dos estudantes. [Kapp \(2012\)](#) ressalta que a gamificação pode criar um ambiente de aprendizagem mais dinâmico, enquanto [Hamari, Koivisto e Sarsa \(2014\)](#) demonstram evidências empíricas de que esses elementos aumentam a motivação intrínseca dos participantes.

Um aspecto que não pode ser negligenciado no design de jogos educacionais é a usabilidade. Segundo [Nielsen \(1994\)](#), sistemas interativos devem ser fáceis de aprender, eficientes de usar e agradáveis na experiência do usuário. A norma ISO 9241-11 reforça essa definição, estabelecendo critérios de eficácia, eficiência e satisfação para a avaliação da qualidade de uso. No campo específico dos jogos, [Korhonen, Koivisto e Arrasvuori \(2006\)](#) e [Desurvire e Wiberg \(2009\)](#) apresentam heurísticas voltadas para a jogabilidade, destacando aspectos como clareza das regras, equilíbrio dos desafios e *feedback* contínuo ao jogador.

A integração entre gamificação e usabilidade torna-se, portanto, essencial no desenvolvimento de jogos sérios. Elementos de recompensa e progressão devem estar alinhados a

uma interface clara, acessível e intuitiva, de modo a não apenas engajar, mas também facilitar o processo de aprendizagem. Dessa maneira, a união entre gamificação e usabilidade se configura como um requisito fundamental para o sucesso de jogos educacionais.

2.5 Trabalhos relacionados

Entre os trabalhos correlatos ao desenvolvimento de jogos sérios educacionais, destacam-se duas iniciativas recentes que dialogam diretamente com a proposta do Desafio dos Anéis.

O primeiro é o jogo D-LEARN 2.0, desenvolvido para apoiar o ensino de Arquitetura de Software. Essa versão digital evoluiu a partir do jogo de tabuleiro LEARN, incorporando recursos como histórico de partidas, reorganização do tabuleiro, novas cartas e a introdução de um temporizador por questão. O objetivo foi ampliar o nível de desafio e reduzir a monotonia identificada em versões anteriores. A avaliação da experiência do jogador foi realizada por meio do questionário MEEGA+, aplicado a estudantes de Engenharia de Software, e apontou melhorias significativas na qualidade do jogo, especialmente quanto ao engajamento e à percepção de aprendizagem (LIMA; MARQUES, 2024). O D-LEARN 2.0 foi projetado para rodar em computadores e segue o estilo de jogo de tabuleiro digital. Sua dinâmica envolve fases progressivas, nas quais os estudantes precisam lidar com cenários cada vez mais complexos de organização e decisão em Arquitetura de Software. Os desafios são baseados na resolução de problemas em tempo limitado, o que estimula tanto o raciocínio lógico quanto a capacidade de tomada de decisão sob pressão. A Figura 1 apresenta uma captura de tela do D-LEARN 2.0, ilustrando sua interface e elementos de jogabilidade.

Figura 1 – Captura de tela do jogo educacional D-LEARN 2.0.



Fonte: Lima e Marques (2024)

Outro exemplo é o jogo Aventuras Digitais com Material Dourado, que adapta o material concreto criado por Maria Montessori para o ambiente digital, integrando elementos de gamificação como níveis de dificuldade, recompensas e feedback imediato. O jogo foi concebido com o intuito de auxiliar no ensino de operações aritméticas básicas e na compreensão da estrutura numérica, especialmente em turmas de Educação Básica. Sua validação pedagógica envolveu docentes e bolsistas de licenciatura, que relataram entusiasmo e relevância do recurso, além de sugerirem melhorias na interface e no suporte visual (SIEDLER et al., 2024). O Aventuras Digitais com Material Dourado foi desenvolvido para dispositivos móveis e segue o estilo puzzle educativo. O jogo é organizado em fases, que introduzem progressivamente operações mais complexas, estimulando o raciocínio lógico-matemático. A cada desafio superado, o jogador recebe recompensas visuais e auditivas, o que reforça a motivação e contribui para manter a atenção. Seu público-alvo principal são crianças do Ensino Fundamental, mas sua aplicação pode ser ampliada para atividades de reforço escolar e práticas de ensino lúdico em outros níveis. A Figura 2 apresenta a tela inicial do jogo, destacando seu redesign e os recursos interativos implementados.

Figura 2 – Tela do jogo Aventuras Digitais com Material Dourado.



Fonte: Siedler et al. (2024)

Ambos os trabalhos reforçam a importância de metodologias de avaliação da experiência do jogador, bem como do uso de gamificação para potencializar o aprendizado em áreas de alta abstração. Essas referências serviram de inspiração para o desenvolvimento do Desafio dos Anéis, especialmente no que diz respeito à integração entre usabilidade, engajamento e objetivos educacionais.

3 Desenvolvimento

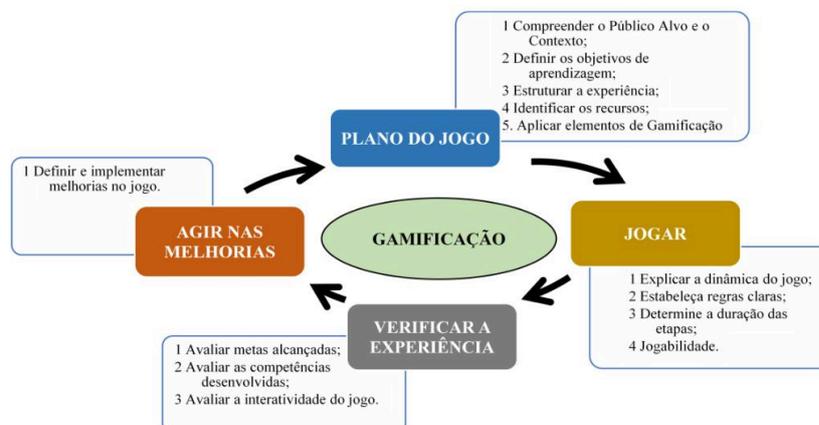
Este capítulo descreve a abordagem metodológica adotada no projeto, a concepção e dinâmica do jogo, bem como as ferramentas e tecnologias empregadas em sua implementação. O desenvolvimento foi estruturado em ciclos iterativos guiados pelo PDCA, contemplando planejamento, prototipação no *Figma*, implementação no *Unity* e ajustes realizados a partir de testes de usabilidade.

3.1 Abordagem metodológica: PDCA

A condução do projeto seguiu o ciclo PDCA, uma estratégia de melhoria contínua originalmente difundida na área de gestão da qualidade, mas que vem sendo incorporada a processos de inovação educacional e desenvolvimento de jogos sérios (FONTANA et al., 2023). Essa abordagem estrutura o trabalho em ciclos curtos de planejamento, execução, verificação e ação corretiva, permitindo ajustes rápidos e embasados em evidências.

A escolha pelo PDCA justifica-se por sua simplicidade e flexibilidade, qualidades que se adequam ao contexto deste projeto, no qual foi necessário conciliar objetivos pedagógicos com restrições técnicas e de tempo. Ao organizar as etapas de desenvolvimento segundo essa lógica, buscou-se garantir não apenas a implementação de funcionalidades, mas também sua validação a partir da experiência real do usuário. Nesse sentido, o ciclo adotado reforça a integração entre design instrucional, desenvolvimento tecnológico e avaliação prática.

Figura 3 – Representação do ciclo PDCA aplicado ao desenvolvimento de jogos.



Fonte: Fontana et al. (2023)

As etapas foram aplicadas da seguinte maneira:

- **Plan (Planejar)**: definição dos objetivos educacionais (como estimular o raciocínio lógico-matemático e a compreensão do balanceamento de demanda), levantamento dos requisitos de jogabilidade e elaboração dos protótipos iniciais das telas no *Figma*, que serviram como guia para a implementação.
- **Do (Executar)**: desenvolvimento incremental das mecânicas centrais do jogo, da interface e dos sistemas de *feedback* no *Unity*, utilizando a linguagem *C#* para a implementação dos scripts.
- **Check (Verificar)**: realização de testes de usabilidade com especialistas nos primeiros ciclos e com potenciais usuários nos ciclos finais, com foco em identificar a clareza da interface, o nível adequado de desafio, o tempo de resposta e a compreensão das regras. Essa etapa teve papel central na validação da proposta, já que forneceu evidências diretas sobre a experiência do jogador.
- **Act (Agir)**: a partir do *feedback* obtido, foram realizados ajustes de dificuldade, refinamentos no fluxo de telas, melhorias nas mensagens de orientação e nos indicadores visuais, além de correções de falhas pontuais. Essas mudanças visaram aumentar a fluidez da experiência e aproximar o jogo dos objetivos educacionais propostos.

Como representado na [Figura 3](#), o ciclo PDCA funcionou como guia metodológico para o desenvolvimento, garantindo que cada decisão estivesse vinculada a um processo estruturado de planejamento, execução, verificação e ação corretiva. A etapa *Check*, com a realização de testes de usabilidade junto a especialista e potenciais usuários, teve papel central no refinamento do jogo, pois forneceu evidências práticas que orientaram melhorias em aspectos de jogabilidade, interface e clareza das regras. Desse modo, o uso do PDCA assegurou um processo de desenvolvimento iterativo e fundamentado, favorecendo tanto a qualidade técnica quanto a aderência aos objetivos. Além disso, manteve aberta a possibilidade de novos ciclos de aperfeiçoamento, em consonância com sua natureza de melhoria contínua.

3.2 Concepção e Dinâmica do Jogo

A concepção do Desafio dos Anéis foi estruturada em duas etapas complementares: o modelo físico, utilizado inicialmente como recurso didático em sala de aula, e a adaptação digital, desenvolvida para ampliar a acessibilidade e enriquecer a experiência do usuário. Em ambos os formatos, a lógica central do jogo consiste em redistribuir demandas de forma equilibrada, reduzindo variações excessivas e estimulando o raciocínio lógico.

3.2.1 Contexto do Jogo Físico

O jogo Desafio dos Anéis tem origem em um protótipo físico utilizado como recurso didático em aulas de PCP. Sua dinâmica busca representar situações reais de balanceamento de carga e demanda, que ocorrem em diferentes setores produtivos, como logística, manutenção e saúde. Para exemplificar, considere o caso de uma oficina responsável pela manutenção preventiva de seis caminhões, cada um composto por seis etapas de revisão, com tempos variando de 1 a 6 horas.

Se todas as manutenções fossem realizadas no mesmo período, a demanda da oficina variaria de 6 a 36 horas, conforme apresentado na Tabela 1. Essa variação é indesejada, pois exigiria de 1 a 5 trabalhadores dependendo do dia, sendo que 1 trabalhador pode trabalhar no máximo por 8 horas, gerando tanto sobrecarga quanto ociosidade.

Tabela 1 – Cargas horárias totais sem redistribuição.

| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Carga | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Para resolver o problema, propõe-se redistribuir as etapas de manutenção em diferentes períodos, mantendo a ordem interna de cada caminhão, mas escalonando os veículos de forma alternada. Essa organização, mostrada na Tabela 2, permite que a carga horária permaneça constante em 21 horas por período, equivalente a 3 trabalhadores em jornadas de 7 horas, eliminando variações excessivas. Este processo de reequilibrar a demanda, representado no protótipo físico, constitui o desafio central do jogo, posteriormente adaptado e expandido em sua versão digital.

Tabela 2 – Distribuição balanceada das cargas de manutenção.

| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|--------------|----|----|----|----|----|----|
| C1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C2 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C3 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| C4 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 |
| C5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 |
| C6 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 |
| Carga | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4 ilustra o tabuleiro físico do Desafio dos Anéis, mostrando em (a) a configuração inicial e em (b) uma solução redistribuída. Esse modelo serviu como inspiração para a versão digital, demonstrando de maneira tangível o impacto da reorganização da demanda e aproximando o conceito matemático da prática em Engenharia de Produção.

Figura 4 – Representação do jogo físico Desafio dos Anéis



(a) Configuração inicial.



(b) Distribuição balanceada das cargas.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2 Versão Digital e Mecânicas

Na versão digital, o Desafio dos Anéis mantém o princípio de balanceamento de carga, mas em um formato interativo voltado para dispositivos móveis. O jogador interage com tabuleiros numéricos que variam conforme o nível de dificuldade: 5×5 (fácil, números de 0 a 4), 6×6 (médio, números de 0 a 6) e 7×7 (difícil, números de 0 a 9). Essa variação aumenta progressivamente a complexidade do desafio, exigindo maior raciocínio lógico e estratégia.

Durante a partida, o jogador acompanha indicadores como tempo decorrido, número de movimentos realizados e valores da menor e da maior soma de colunas. A mecânica central consiste em realizar *shifts* — movimentos horizontais das linhas para a esquerda ou direita — com o objetivo de redistribuir os números e reduzir a diferença entre colunas. A qualquer momento, o jogador pode encerrar a partida, e o sistema calcula a pontuação final com base em três fatores: proximidade da solução ótima, tempo total e número de movimentos além do ideal.

Dessa forma, a versão digital amplia a proposta original, transformando o equilíbrio de cargas em uma experiência lúdica e pedagógica, que combina raciocínio lógico, estratégia e tomada de decisão em um ambiente interativo e acessível.

3.3 Ferramentas e tecnologias

O desenvolvimento do jogo envolveu o uso de diferentes ferramentas digitais que suportaram tanto a etapa de concepção visual quanto a de implementação. Para garantir organização, eficiência e maior qualidade no resultado final, foram adotados recursos de prototipação e design de interface, além de um motor de jogo multiplataforma para a programação e execução da aplicação.

3.3.1 Prototipação de interface: Figma

Para apoiar a etapa inicial de design, utilizou-se o *Figma*, uma plataforma colaborativa de design de interfaces que se destaca pela facilidade de uso, pelo acesso gratuito em sua versão educacional e pela possibilidade de trabalho diretamente no navegador, sem necessidade de instalação local. Tais características tornam a ferramenta especialmente adequada para projetos acadêmicos, permitindo desenvolver protótipos de maneira ágil e acessível.

O Figma possibilita a criação de *wireframes* e *mockups* interativos, que podem ser compartilhados em nuvem com histórico de versões, comentários e edição simultânea. Essa funcionalidade contribuiu para a organização do processo, reduzindo retrabalhos e favorecendo a validação prévia de decisões de layout, navegação e hierarquia visual. Ao explicitar fluxos de tela, componentes e estados antes da implementação em código, o uso do Figma permitiu alinhar requisitos pedagógicos e técnicos de maneira eficiente.

Na [Figura 5](#) são apresentados dois exemplos de protótipos desenvolvidos no *Figma*, representando telas centrais do jogo que serviram como guia para a etapa de implementação no *Unity*.

Como o jogo foi planejado para rodar em dispositivos móveis, os protótipos também foram concebidos considerando dimensões reduzidas de tela, legibilidade de textos e

disposição simplificada dos elementos. Esse cuidado buscou antecipar desafios de usabilidade próprios do ambiente mobile, garantindo que a transição do design para a implementação no *Unity* ocorresse de modo mais fiel e eficiente.

Figura 5 – Protótipos de interface desenvolvidos no *Figma*.



(a) Protótipo da tela inicial.

(b) Protótipo da tela de jogo.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.2 Motor de jogo e implementação: Unity

O *Unity* é um motor de jogo multiplataforma amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicações interativas bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D), suportando sistemas como computadores pessoais, dispositivos móveis e consoles. Entre suas principais vantagens estão a extensa documentação oficial, a comunidade ativa de desenvolvedores e a

loja de assets, que disponibiliza recursos prontos e reutilizáveis para acelerar a modelagem e a implementação (Unity Technologies, 2025). Um diferencial é a flexibilidade de exportação do produto final, permitindo compilar a mesma aplicação para diferentes plataformas com ajustes mínimos.

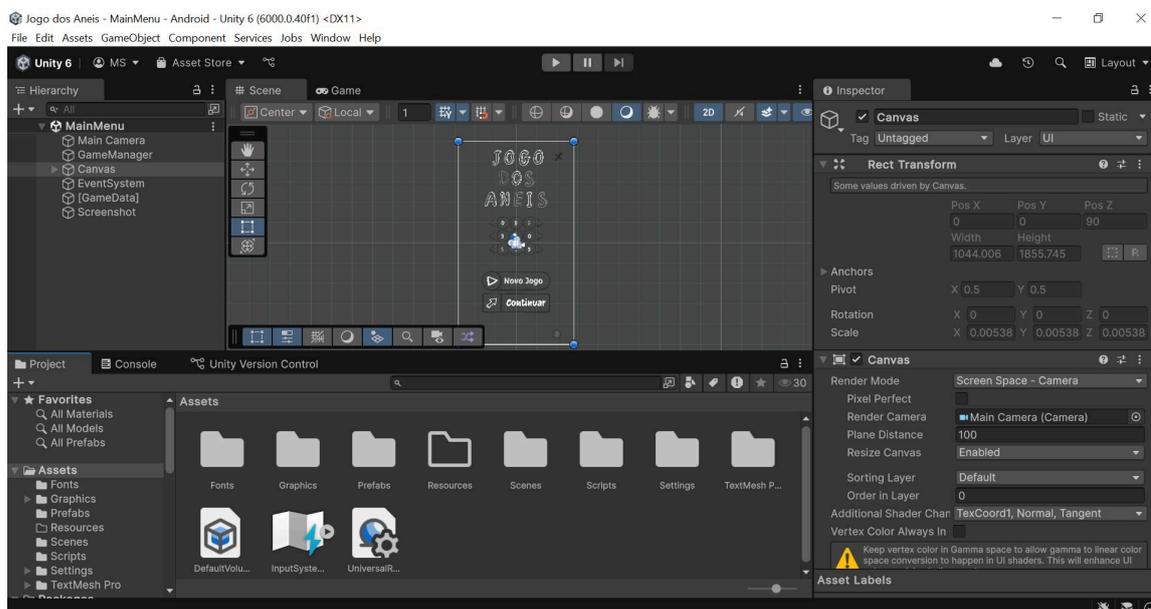
Neste projeto, utilizou-se a versão 6.000.0.40f1 do *Unity*, em conjunto com a linguagem *C#*, padrão da plataforma. A codificação em *C#* estruturou as regras do jogo, a lógica de pontuação e os sistemas de feedback (por exemplo, mensagens de acerto/erro e indicadores visuais). A interface gráfica foi construída com o sistema de *User Interface* (UI) do *Unity*, organizando telas e elementos por meio de prefabs e cenas, o que favoreceu a modularidade e o reaproveitamento de componentes sem impactar o restante do projeto.

O *Unity* também possibilitou integrar recursos externos (como imagens e fontes), garantindo maior personalização estética. As ferramentas visuais da plataforma facilitaram o ajuste fino da interface, com visualização imediata das alterações, o que otimizou o fluxo entre design e implementação dentro das restrições de tempo do projeto.

O ambiente do *Unity*, mostrado na Figura 6, concentrou a organização de arquivos, a edição visual das cenas e o controle dos componentes interativos em uma única interface, tornando-se central para a implementação deste trabalho.

Além disso, o desenvolvimento foi direcionado para dispositivos móveis, em especial a plataforma Android, por sua ampla acessibilidade entre os estudantes. Esse foco exigiu atenção ao dimensionamento dos elementos visuais e à simplicidade da interface, de modo a garantir usabilidade adequada em telas menores e desempenho satisfatório durante a execução do jogo.

Figura 6 – Ambiente do *Unity* durante a implementação do jogo.



Fonte: Elaborado pelo autor

4 Resultados

Este capítulo apresenta os principais resultados do desenvolvimento do jogo Desafio dos Anéis, com ênfase no protótipo funcional, nas funcionalidades implementadas e na avaliação com usuários em ambiente móvel. As decisões de design descritas no Capítulo 3 foram consolidadas em uma versão executável, cuja experiência prática é discutida a seguir, juntamente com o sistema de pontuação e os achados do teste exploratório.

4.1 Protótipo funcional e funcionalidades implementadas

A implementação no *Unity* resultou em um protótipo funcional, contendo tela inicial, seleção de dificuldade e o tabuleiro de jogo. Essa versão consolidou as decisões de design previamente concebidas no *Figma*, ajustadas para melhorar legibilidade e jogabilidade em dispositivos móveis com interação *touch*. A Figura 7 apresenta as três telas centrais do jogo.

Figura 7 – Telas principais do jogo rodando em dispositivo móvel.



(a) Menu inicial.

(b) Seleção de dificuldade.

(c) Tabuleiro do jogo.

Fonte: Elaborado pelo autor

As principais funcionalidades implementadas foram:

- **Tela inicial e menus:** permitem acessar rapidamente a seleção de dificuldade e iniciar a partida, mantendo a navegação simples e direta.
- **Ajustes de dificuldade:** três níveis que aumentam progressivamente o tamanho do tabuleiro e a complexidade dos números, ampliando o desafio de raciocínio lógico e estratégico.
- **Feedback visual:** indicadores visuais acompanham as ações do jogador, como mudanças no valor mínimo e máximo das colunas após cada movimento, auxiliando na percepção de equilíbrio da distribuição.
- **Cálculo de pontuação:** ao encerrar a partida, o sistema avalia o desempenho considerando (i) a proximidade da solução encontrada em relação à melhor distribuição possível, (ii) o tempo total de jogo e (iii) o número de movimentos além do ideal.
- **Integração estética:** o estilo visual buscou remeter a um tabuleiro desenhado em papel, com elementos hand drawn, reforçando o caráter lúdico e a ideia de “desafio matemático feito à mão”.

Essa versão funcional consolidou os elementos essenciais para a jogabilidade e possibilitou a aplicação dos primeiros testes de experiência com usuários.

4.2 Cálculo da pontuação

A pontuação do jogo foi definida de modo a considerar três aspectos principais: (i) a qualidade da solução encontrada em relação ao equilíbrio ótimo, (ii) a quantidade de movimentos utilizados e (iii) o tempo total da partida.

A qualidade da solução é medida pela redução do desvio-padrão das colunas em comparação ao estado inicial. Seja σ_{ini} o desvio-padrão inicial, σ_{jog} o desvio do jogador e σ_{min} o desvio ótimo conhecido. O progresso normalizado é dado pela Equação 4.1:

$$progress = \frac{\sigma_{ini} - \sigma_{jog}}{\sigma_{ini} - \sigma_{min}}, \quad 0 \leq progress \leq 1 \quad (4.1)$$

Esse valor é então elevado a uma potência γ para tornar a avaliação mais exigente quando o jogador está próximo do ótimo, conforme a Equação 4.2:

$$qualidade = progress^\gamma \quad (4.2)$$

Movimentos extras em relação ao número mínimo necessário (m^*) geram uma penalização suave, como mostra a Equação 4.3:

$$pen_{mov} = \frac{1}{1 + k \cdot (m - m^*)}, \quad m \geq m^* \quad (4.3)$$

De maneira semelhante, o tempo de jogo é penalizado apenas quando ultrapassa um tempo de referência t_{ref} , como representado na Equação 4.4:

$$pen_{tempo} = \frac{1}{1 + \frac{\max(0, t - t_{ref})}{t_{ref}}} \quad (4.4)$$

Por fim, a pontuação final S é calculada multiplicando esses fatores e escalando para a faixa de 0 a 10, conforme a Equação 4.5:

$$S = 10 \cdot qualidade \cdot pen_{mov} \cdot pen_{tempo} \quad (4.5)$$

No protótipo, os parâmetros (γ , k , t_{ref}) foram calibrados experimentalmente de acordo com cada nível de dificuldade, de forma a equilibrar desafio e acessibilidade.

4.3 Experiência do usuário

Para obter evidências preliminares de uso, foi conduzido um teste exploratório com estudantes. Participaram 8 discentes, com idades entre 21 e 26 anos. Cada um recebeu instruções para jogar livremente duas ou mais partidas em cada nível de dificuldade, em sessões de aproximadamente 8 a 10 minutos, com o jogo executando em um smartphone.

O questionário avaliativo utilizado foi adaptado do GEQ (IJSSELSTEIJN; KORT; POELS, 2013), instrumento consolidado na literatura para mensuração de experiência em jogos digitais. Ele foi estruturado em escala Likert de 5 pontos (0–4), posteriormente convertida para a faixa de 0–10 a fim de facilitar a leitura dos resultados, em que 0 representa “discordo totalmente” e 10 representa “concordo totalmente”.

Após a sessão de jogo, os participantes responderam a dois instrumentos: (i) um questionário de caracterização do perfil, abordando idade, experiência prévia com jogos digitais e relação com a matemática no curso; e (ii) o questionário avaliativo de experiência de uso, contemplando dimensões como satisfação, desafio, atenção e percepção de aprendizagem.

Durante a observação, perceberam-se perfis distintos de interação: alguns participantes demonstraram entusiasmo e curiosidade, enquanto outros jogaram com mais cautela. A dificuldade foi percebida de forma heterogênea, em consonância com os níveis. Comentários representativos incluem:

- “Achei fácil no começo, mas no nível difícil precisei pensar mais.”
- “Gostaria de poder escolher os números do tabuleiro.”
- “A interface é clara; deu para entender rápido como jogar.”

Tabela 3 – Síntese dos resultados (escala 0–10).

| Item | Média (0–10) | Participantes |
|-----------------------------------|--------------|---------------|
| Satisfação com a experiência | 7,2 | 8 |
| Jogo divertido/agradável | 6,3 | 8 |
| Jogo desafiador | 7,5 | 8 |
| Senti frustração/irritação | 3,5 | 8 |
| Ajudou a revisar conceitos | 6,9 | 8 |
| Facilitou praticar conceitos | 7,5 | 8 |
| Manteve minha atenção | 9,1 | 8 |
| Interface clara/fácil | 8,8 | 8 |
| Tornou o estudo mais interessante | 8,4 | 8 |
| Boa forma de aprendizagem | 8,1 | 8 |

Fonte: dados do questionário aplicado aos participantes

Os resultados consolidados, apresentados na [Tabela 3](#), indicam boa aceitação geral (satisfação média 7,2/10) e forte valorização de clareza da interface (8,8/10), atenção mantida (9,1/10) e percepção de aprendizagem (8,1/10). O jogo foi considerado desafiador (7,5/10) e apresentou baixo índice de frustração (3,5/10).

4.4 Resumo dos resultados

Em síntese, o Desafio dos Anéis encontra-se implementado e funcional no *Unity*, rodando em dispositivos móveis e mantendo coerência com os protótipos concebidos no *Figma*. Trata-se de um jogo sério de matemática que, além de explorar conceitos relacionados a balanceamento de carga e demanda, valoriza o raciocínio lógico e a experiência lúdica. O teste com 8 discentes sugere uma boa aceitação geral; as fórmulas de pontuação mostraram-se eficazes em distinguir qualidade da solução e eficiência; e as sugestões coletadas (por exemplo, permitir escolher números do tabuleiro) orientam próximos ciclos de melhoria. Entre os aspectos mais elogiados, destacaram-se a clareza da interface e a capacidade do jogo em manter a atenção dos participantes.

5 Conclusão

Este trabalho apresentou o processo de concepção, desenvolvimento e avaliação inicial do jogo *Desafio dos Anéis*, implementado no *Unity* e voltado para dispositivos móveis. O projeto buscou aliar o caráter lúdico de um jogo sério de matemática com o objetivo pedagógico de apoiar o raciocínio lógico e a compreensão de conceitos como balanceamento de carga e demanda em contextos produtivos. Foram descritas as etapas metodológicas empregadas, as ferramentas utilizadas (*Figma* e *Unity*), bem como as principais funcionalidades implementadas no protótipo.

Os testes exploratórios realizados com estudantes indicaram boa aceitação geral, com destaque para a clareza da interface, a atenção mantida durante a atividade e a percepção de aprendizagem. Também foram identificadas oportunidades de aprimoramento, como o refinamento dos feedbacks e a inclusão de novas funcionalidades sugeridas pelos próprios participantes, a exemplo da possibilidade de escolher os números do tabuleiro. Esses achados reforçam que o protótipo cumpriu seu papel de gerar engajamento, promover o raciocínio matemático e oferecer uma experiência divertida.

Embora o jogo esteja implementado e funcional, trata-se de uma versão inicial. Futuras melhorias podem contemplar ajustes de dificuldade mais refinados, expansão de recursos estéticos e implementação de mecanismos adicionais de motivação, como rankings e conquistas. Também se destaca a necessidade de avaliações mais amplas, com grupos diversificados de usuários, de modo a validar de forma sistemática seu potencial como recurso pedagógico e lúdico.

Assim, conclui-se que o *Desafio dos Anéis* alcançou seu objetivo principal de indicar a viabilidade do uso de jogos digitais sérios no apoio ao ensino de matemática e de conceitos de Engenharia de Produção. Ao mesmo tempo, abre espaço para novos ciclos de aperfeiçoamento, reafirmando o caráter iterativo do processo de desenvolvimento de jogos e seu potencial de contribuir para a aprendizagem ativa e engajadora.

Além disso, como perspectiva futura, pretende-se disponibilizar o jogo gratuitamente na loja Google Play, de modo a ampliar seu alcance e permitir a coleta de feedback de um público mais diversificado. Também está prevista a realização do registro formal do software, com definição de uma licença apropriada que assegure a autoria e incentive seu uso acadêmico. Esses encaminhamentos, aliados à possível inclusão de novos recursos como rankings, conquistas e personalização do tabuleiro, reforçam o potencial de evolução do *Desafio dos Anéis* como ferramenta lúdica e pedagógica.

Referências

- ANNETTA, L. A. *The "I"s Have It: A Framework for Serious Educational Game Design*. [S.l.]: Rowman & Littlefield Education, 2010. Placeholder ajustado para a citação usada no texto. ISBN 978-1607092908. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 18.
- BOYLE, E. et al. An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, Elsevier, v. 94, p. 178–192, 2016. ISSN 0360-1315. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.
- BREUER, J.; BENTE, G. Serious games: An overview. In: RITTERFELD, U.; CODY, M.; VORDERER, P. (Ed.). *Serious Games: Mechanisms and Effects*. New York, NY: Routledge, 2010. p. 15–32. Citado na página 18.
- CONNOLLY, T. et al. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, Elsevier, v. 59, n. 2, p. 661–686, 2012. ISSN 0360-1315. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.
- DESURVIRE, H.; WIBERG, C. Game usability heuristics (play) for evaluating and designing better games: The next iteration. In: *Proceedings of the International Conference on Online Communities and Social Computing (OCSC '09)*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. p. 557–566. Citado na página 19.
- DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In: *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 9–15. Citado na página 19.
- FELDER, R. M.; BRENT, R. Understanding student differences. *Journal of Engineering Education*, Wiley, v. 94, n. 1, p. 57–72, 2005. ISSN 1069-4730. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 19.
- FERNANDES, F. C.; FILHO, M. G. *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: Conceitos, Uso e Implantação*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Citado na página 18.
- FILHO, F. B.; SILVA, M.; OLIVEIRA, R. Jogos digitais como apoio ao ensino de engenharia de produção: análise de impactos na aprendizagem. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)*. Salvador, Brasil: [s.n.], 2024. p. 1–10. Citado na página 19.
- FONTANA, M. E.; NEPOMUCENO, V.; ALMEIDA, L. The skills stimulated by integrating contents of production management in higher education in engineering by adapting 'the paper airplane factory' game. In: *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 957–966. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/article/view/27884>. Citado na página 19.
- FONTANA, M. E. et al. Modelo teórico para desenvolvimento de jogos sérios associado ao conteúdo curricular na educação superior em engenharia. In: *Anais do Congresso*

Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE). Brasília, Brasil: ABENGE, 2023. p. 1–12. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 22.

Fortim. *Pesquisa Game Brasil 2022*. 2022. Disponível em: <<https://www.pesquisagamebrasil.com.br>>. Citado na página 14.

FREIRE, P. *Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido*. [S.l.]: Editora Paz e Terra, 2014. Citado na página 18.

GEE, J. P. *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*. New York, NY: Palgrave Macmillan, 2003. ISBN 9781403961692. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.

HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does gamification work?—a literature review of empirical studies on gamification. In: IEEE. *2014 47th Hawaii international conference on system sciences*. [S.l.], 2014. p. 3025–3034. Citado na página 19.

IJSSELSTEIJN, W.; KORT, Y. de; POELS, K. The game experience questionnaire: Development of a self-report measure to assess the psychological impact of digital games. In: *Manuscript in Preparation*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado 3 vezes nas páginas 15, 18 e 31.

KAPP, K. M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012. Citado na página 19.

KORHONEN, H.; KOIVISTO, E. M. I.; ARRASVUORI, J. Playability heuristics for mobile games. In: *Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '06)*. New York, NY, USA: ACM, 2006. p. 9–16. Citado na página 19.

LIMA, L. A.; SILVA, J. F. Uso de simulações computacionais no ensino de engenharia: potencialidades e desafios. In: *Anais do XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)*. Joinville, Brasil: [s.n.], 2017. p. 1–12. Citado na página 19.

LIMA, M.; MARQUES, A. B. Avaliação e melhoria da experiência do jogador em um jogo para ensino de arquitetura de software. In: *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 1442–1452. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames/article/view/32411>>. Citado na página 20.

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. [S.l.]: Muska & Lipman / Premier-Trade, 2005. ISBN 1592006221. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 18.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, p. 02–25, 2018. Citado na página 18.

NIELSEN, J. *Usability engineering*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1994. Citado na página 19.

PRENSKY, M. Digital game-based learning. *Computers in entertainment (CIE)*, ACM New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 21–21, 2003. Citado na página 17.

PRINCE, M. Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, Wiley, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004. ISSN 1069-4730. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 18.

PwC. *Global Entertainment and Media Outlook 2023–2027*. 2023. Disponível em: <<https://www.pwc.com/outlook>>. Citado na página 14.

SIEDLER, M. et al. Aventuras digitais com material dourado: Jogo digital voltado ao aprendizado de matemática. In: *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 1453–1464. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames/article/view/32412>>. Citado na página 21.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. ISBN 9788522451780. Citado na página 18.

SOUZA, F.; PIRES, S. *Balanceamento de Linhas de Produção*. São Paulo: Atlas, 1999. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 18.

SWEETSER, P.; WYETH, P. Gameflow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, ACM New York, NY, USA, v. 3, n. 3, p. 3–3, 2005. Citado na página 18.

Unity Technologies. *Unity Manual, versão 6.000.0.40f1*. [S.l.], 2025. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 28.

WOUTERS, P. et al. A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of educational psychology*, American Psychological Association, v. 105, n. 2, p. 249, 2013. Citado na página 18.

ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, IEEE, v. 38, n. 9, p. 25–32, 2005. ISSN 0018-9162. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 18.

Apêndices

APÊNDICE A – Documentação do teste

A.1 Roteiro de teste exploratório

O teste exploratório do jogo Desafio dos Anéis foi conduzido com 8 estudantes do curso de Engenharia de Produção, em sessões de aproximadamente 8 a 10 minutos, utilizando um smartphone com sistema Android. O objetivo foi observar a interação com o protótipo funcional, coletar evidências sobre usabilidade e identificar sugestões espontâneas de melhoria. O roteiro seguiu os seguintes passos:

1. **Preparação:** foi gerada uma build do jogo e instalada em um smartphone disponibilizado exclusivamente para os testes. Cada participante recebeu instruções para jogar duas ou mais partidas em cada nível de dificuldade (fácil, médio e difícil), de forma livre, com o objetivo de experimentar as principais mecânicas e funcionalidades do jogo. As sessões foram realizadas de forma individual, garantindo que cada aluno pudesse explorar o jogo sem interferências externas.
2. **Execução:** durante a sessão, foram observados aspectos como clareza da interface, facilidade de uso, tempo de adaptação às regras, nível percebido de desafio e estratégias adotadas pelos jogadores. O desenvolvedor participou como observador, sem interferir na execução dos testes pelos avaliadores, registrando comentários espontâneos e comportamentos notados durante a interação.
3. **Encerramento:** ao final da sessão, os jogadores responderam a dois questionários: (i) de caracterização de perfil (idade, experiência prévia com jogos digitais e relação com a matemática no curso) e (ii) de avaliação da experiência de uso, adaptado do GEQ.

A.2 Questionário de Experiência de Jogo

Descrição

Este questionário é dividido em duas partes:

- **Parte 1:** 5 perguntas para conhecer melhor o perfil do participante.
- **Parte 2:** 10 perguntas sobre sua experiência com o jogo.

Pedimos que responda de forma sincera. Suas respostas são muito importantes para avaliar a qualidade do jogo e seu potencial como ferramenta de aprendizagem.

Vale ressaltar que as respostas são armazenadas de forma anônima.

Parte 1 – Perfil do Participante

Descrição da seção:

Estas perguntas têm como objetivo conhecer melhor o perfil dos participantes. As respostas serão utilizadas apenas para fins de análise da pesquisa.

1. Qual a sua idade?

Resposta aberta (escreva sua idade)

2. Você já tinha jogado jogos digitais de matemática antes deste?

Sim Não

3. Com que frequência você costuma jogar jogos digitais (de qualquer tipo)?

Todos os dias

Algumas vezes por semana

Algumas vezes por mês

Raramente

Nunca

4. Você considera que tem experiência com jogos digitais?

Escala de 0 a 4:

0 Nenhuma experiência

1

2

3

4 Muita experiência

5. Como você avalia sua relação com a matemática no curso?

Escala de 0 a 4:

0 Muito negativa

1

2

- 3
- 4 Muito positiva

Parte 2 – Experiência com o Jogo

Descrição da seção:

Agora queremos entender como foi sua experiência ao jogar.

Responda cada afirmação usando a escala abaixo, indicando o quanto você concorda com cada uma delas:

0 = *Discordo totalmente* | 4 = *Concordo totalmente*

1. Eu me senti satisfeito com a experiência do jogo.

- 0 1 2 3 4

2. O jogo foi divertido e agradável de jogar.

- 0 1 2 3 4

3. O jogo foi desafiador.

- 0 1 2 3 4

4. Eu senti frustração ou irritação durante o jogo.

- 0 1 2 3 4

5. O jogo ajudou a revisar conceitos já vistos em aula.

- 0 1 2 3 4

6. O jogo facilitou a prática de conceitos estudados.

- 0 1 2 3 4

7. O jogo manteve minha atenção durante a atividade.

0 1 2 3 4

8. A interface do jogo (visuais, menus, controles) foi clara e fácil de usar.

0 1 2 3 4

9. O jogo tornou o estudo e a prática mais interessantes.

0 1 2 3 4

10. Eu considero que o jogo foi uma boa forma de aprendizagem.

0 1 2 3 4