

# OptimaCorporation: um jogo educacional interativo para redução da percepção de complexidade em problemas de otimização

*OptimaCorporation: An Interactive Educational Game to Reduce the Perceived Complexity of Optimization Problems*

Waldecir Martins<sup>1</sup>, Fabrizio Honda<sup>1</sup>, Fernanda Pires<sup>1</sup>, Marcela Pessoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA)  
ThinkTED Lab - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Emergentes

{wdsm.lic22, fpires, mspessoa}@uea.edu.br

fabrizio.honda@icomp.ufam.edu.br

**Abstract. Introduction:** Educational games are promising tools in the learning field, demonstrating the ability to reduce the perception of the complexity of content that students struggle with. **Objective:** Given this, this work aims to build an educational game, integrating interactive mechanics and narrative learning, aiming to minimize the perception of complexity in optimization problems. **Methodology:** The educational game design methodology was used to build the game, which consists of iterative-incremental stages. **Results:** Preliminary evaluations include applying the game in a university setting, whose results were positive but with a list of points for improvement.

**Keywords** narrative learning, Educational Games, Optimization Problems.

**Resumo. Introdução:** Os jogos educacionais têm se apresentado como ferramentas promissoras no âmbito do aprendizado, com potencial de diminuição da percepção de complexidade de conteúdos que os estudantes apresentam dificuldades. **Objetivo:** Diante disso, este trabalho visa minimizar a percepção da complexidade em problemas de otimização, através da construção de um jogo educacional, que integre mecânicas interativas e narrative learning, **Metodologia:** Utilizou-se a metodologia de game design educacional para construção do jogo, que se compõe de etapas iterativas-incrementais. **Resultados:** Avaliações preliminares incluem a aplicação do jogo em âmbito universitário, cujos resultados foram positivos mas com oportunidades de melhoria, ainda na fase de protótipo.

**Palavras-Chave** Jogos educacionais, Problemas de otimização, narrative learning.

## 1. Introdução

Na Educação Superior, os cursos de computação apresentam altos índices de evasão, que geram impactos sociais, institucionais e pessoais na vida dos estudantes [Alvim et al. 2024]. Um dos motivos que eleva esses índices está associado à dificuldade de compreensão de disciplinas que apresentam alto grau de abstração e raciocínio, como a de Projeto e Análise de Algoritmos (PAA). Essa disciplina possui uma carga teórica

elevada e exige que o estudante projete algoritmos para resolver problemas complexos, envolvendo conceitos como os de grafos: uma estrutura matemática definida como um par  $G=(V,E)$ , onde  $V$  é um conjunto de vértices e  $E$  é um conjunto de arestas que representam conexões entre pares de vértices [Cormen et al. 2022]. Dentro desse conceito, outros problemas complexos são contemplados, como os de otimização: problema das N-Rainhas, Passeio do Cavalo e Caminho Mínimo, cujo entendimento e abstração não são triviais [Pastre de Oliveira 2024]. Dessa forma, esses obstáculos podem dificultar o entendimento por parte dos estudantes, contribuindo para a desmotivação, reprovação e, em último caso, abandono da disciplina.

Observa-se que uma das alternativas para minimizar essas dificuldades é o uso de jogos no âmbito educacional, sobretudo para disciplinas de computação [Egenfeldt-Nielsen 2006, Kattenbelt e Raessens 2003]. Os jogos apresentam características lúdicas que são capazes de motivar e engajar os estudantes, auxiliando a minimizar a percepção de complexidade em conteúdos diversos, como os que envolvem problemas de otimização [Plass et al. 2015, Melo et al. 2019]. Esses artefatos oferecem um ambiente interativo e imersivo, que permite também o desenvolvimento de habilidades como o Pensamento Computacional [Wing 2006] – tido como fundamental para todas as pessoas no século XXI.

Entretanto, conceber jogos educacionais é desafiador, visto que balancear elementos de *game design* e de aprendizagem não é trivial [Berg Marklund 2013, Honda et al. 2020]. Além disso, é fundamental que os jogos educacionais estejam em conformidade com teorias de aprendizagem adequadas a cada contexto. Por exemplo, em relação aos problemas de otimização, pode ser interessante considerar: (i) Teoria da Aprendizagem Significativa [Ausubel 1963], que pressupõe que os conhecimentos podem ser melhor compreendidos quando há uma relação do conhecimento prévio do aprendiz com os novos conhecimentos, criando assim uma “âncora” de aprendizagem (subsunção). Pode ser atendida no jogo ao incorporar os conteúdos de forma gradativa, criando mecânicas com comportamentos similares aos conceitos; e (ii) *Narrative Learning* [Bruner 2010], considerando a importância da narrativa para o desenvolvimento cognitivo, auxiliando com o engajamento e ressignificando os conceitos tidos como complexos, cujo estudante atua como protagonista.

Diante desse cenário, este trabalho apresenta o “OptimaCorporation”, um jogo educacional com o objetivo de reduzir a percepção de complexidade em problemas de otimização. Por meio da integração de mecânicas interativas e considerando as teorias de aprendizagem narrativa e significativa, o jogo propõe desafios inspirados em problemas clássicos de PAA, ressignificando-os dentro de uma narrativa de resolução problemas.

## 2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

Os jogos educacionais apresentam características que têm transformado o aprendizado com o uso ambientes interativos, lúdicos e até mesmo motivadores [Fernandes et al. 2020]. Eles se tornam ainda mais promissores quando associados ao conceito de *narrative learning*, que desempenha um papel importante ao conectar mecânicas interativas com histórias, criando experiências que agregam valor ao aprendizado. Conforme Bruner [2010], as narrativas tem um papel importante, pois não servem apenas para narrar eventos, mas também influenciam a forma como se

comunica e como se entende o mundo; elas trazem sentido à realidade e podem até mesmo organizar as ideias, permitindo que desafios abstratos sejam contextualizados e ressignificados dentro de histórias. Além disso, é essencial buscar uma aprendizagem que seja significativa, proporcionando que os conhecimentos prévios interajam com os novos conhecimentos e criem subsunçores (âncoras de aprendizagem), facilitando o processo de aprendizagem [Ausubel 1963]. Dessa forma, ambas as teorias podem auxiliar na construção de um jogo educacional para reduzir a percepção de complexidade de conteúdos como problemas de otimização. Portanto, similar à proposta deste trabalho, a seguir destacam-se alguns trabalhos correlatos na literatura.

O trabalho de Pereira [2021] apresenta uma proposta utilizando o tabuleiro de xadrez como ferramenta educacional para desenvolver o Pensamento Computacional (PC) e promover o aprendizado de algoritmos e resolução de problemas em estudantes. O estudo explora o problema do Passeio do Cavalo, que consiste em movimentar o cavalo sobre o tabuleiro de forma que ele visite todas as casas apenas uma vez, como um exemplo prático de decomposição e reconhecimento de padrões. A aplicação foi realizada com estudantes do ensino básico, que segundo o autor apresentaram melhora no raciocínio lógico e na compreensão de estruturas computacionais, dando indícios do potencial de jogos para o aprendizado de problemas de otimização e pensamento computacional.

No trabalho de Lytle et al. [2019] é apresentada uma análise sobre a utilização de uma ferramenta de visualização de programa para o desenvolvimento de algoritmos de caminho mínimo, em uma turma de Inteligência Artificial. A ferramenta permite ao estudante observar o comportamento dos seus algoritmos, trazendo a representação de um robô que precisa se movimentar entre pontos  $x$  e  $y$ , onde esse robô pode ou não ter o seu caminho restringido por obstáculos que o obriguem a variar sua rota. A avaliação da ferramenta levou em consideração um grupo de controle e um grupo experimental, onde o grupo que teve acesso à visualização demonstraram um desempenho melhor na criação de algoritmos de caminho mínimo, em comparação com aqueles que não utilizaram a ferramenta. O estudo concluiu que uma visualização simples pode transformar o desempenho dos estudantes, incentivando um envolvimento mais profundo na construção de algoritmos para resolver problemas complexos.

No trabalho de Melo et al. [2019], foi desenvolvido o jogo digital “As Aventuras de BiguiÓ” para abordar problemas computacionais complexos, como o Passeio do Cavalo, N-Rainhas e problemas de cobertura de vértices. O jogo, estruturado em uma narrativa de aventura no estilo dungeon, utiliza desafios interativos e puzzles que incentivam os jogadores a resolver problemas de forma lógica. A narrativa guia os jogadores por meio de uma história, em que o protagonista, BiguiÓ, precisa solucionar desafios para reativar um objeto que garante a eficiência de sua cidade. A avaliação foi realizada através da aplicação do modelo MEEGA+KIDS, cujos resultados apontam uma média satisfatória, onde esse jogo foi construído com o objetivo de proporcionar a visualização de problemas de otimização.

A Tabela 1 ilustra a comparação dos trabalhos correlatos com o deste *paper*. O “OptimaCorporation” destaca-se por (i) incluir mecânicas que estimulam o desenvolvimento dos pilares do PC; (ii) contextualizar problemas clássicos de otimização em uma narrativa contínua; (iii) incluir suporte de personagens tutoriais (NPC); (iv) conter uma *gameplay* interativa que estimula a aprendizagem ativa, pois torna o jogador

responsável por tomar ações que geralmente os algoritmos são responsáveis por realizar automaticamente; e (iv) incorporar duas teorias de aprendizagem, enquanto que o trabalho de Melo et al. [2019] apresenta somente uma. Além disso, o jogo também conta com a utilização de técnicas de *Game Learning Analytics* (GLA) para captura de dados de *gameplay*, utilizando o *Firestore* (Google). O objetivo dessa coleta é a geração de *insights* a partir das evidências de aprendizagem que podem ser detectadas, cujos dados capturados envolvem: (i) problema enfrentado na fase; (ii) tempo de início e fim de sessão; (iii) quantidade de acertos e de erros; (iv) linha e coluna de cada casa visitada em cada tabuleiro e; (v) registro das ações e seus tempos respectivos. Ressalta-se que a coleta ainda está sendo ajustada, em processo de transição para o modelo GLBoard [Silva et al. 2022].

**Tabela 1. Comparação com os trabalhos relacionados.**

Nome do Jogo	PC	Teorias	NPC	Narrativa Contínua	GLA	Problemas de Otimização
Pereira (2021)	X	-	-	-	-	X
Lytle et al. (2019)	-	-	-	-	-	X
Melo et al. (2019)	X	X	-	-	-	X
<b>OptimaCorporation</b>	X	X	X	X	X	X

### 3. OptimaCorporation e a Percepção de Problemas de Otimização

OptimaCorporation é um jogo educacional cujo objetivo é a diminuição da percepção de complexidade em problemas de otimização, para estudantes de Ensino Superior (19-21 anos). O desenvolvimento do jogo utilizou como base o processo de *game design* educacional de Pires et al. [2021], com característica iterativa-incremental. A descrição das etapas e seus resultados respectivos são descritos a seguir.

#### 3.1. Problema/Pesquisa e levantamento de Requisitos

A primeira etapa refere-se à identificação de um problema de aprendizagem. Neste trabalho, observou-se em campo (sala de aula) que os estudantes de computação apresentam dificuldades na compreensão de problemas de otimização, principalmente na disciplina de PAA, tida como uma das mais complexas da matriz curricular.

A partir disso, o tema a ser tratado dentro da proposta ficou centrado em complexidade algorítmica, focando mais especificamente no conteúdo de problemas de otimização, cujo público-alvo é voltado para estudantes que estão cursando disciplinas de PAA ou correlatas. Além disso, consultou-se o currículo do Centro de Inovação para Educação Brasileira (CIEB) para elencar habilidades importantes para atuar como requisitos para a proposta de jogo, como: compreensão do conceito de algoritmos (PCEIAL0) e construção de algoritmos de média complexidade (PC08AL01) [(CIEB) 2023].

#### 3.2. Pesquisar, Imaginar e Refletir/Discutir

Na etapa de “Pesquisar”, realiza-se uma busca para analisar trabalhos correlatos e/ou aprofundar-se no tema. Neste trabalho, pesquisou-se por jogos educacionais relacionados ao tema para obter *insights* sobre o estado da arte e poder criar uma proposta inovadora. Entretanto, observou-se uma lacuna na área: poucos são os trabalhos que contemplam jogos educacionais para auxiliar na compreensão e/ou aprendizagem de conceitos relacionados a problemas de otimização. Em seguida, na etapa de “Imaginar”, os achados

anteriores são sinterizados e define-se o tipo de artefato e seu nome. Considerando a ausência de materiais semelhantes na literatura e na complexidade do tema, optou-se pela criação de um jogo educacional. O jogo foi intitulado como “OptimaCorporation”, numa temática envolvendo um ambiente corporativo para a resolução de problemas de complexidade de forma ótima (*Optima*).

Seguidamente, em “Refletir/Discutir”, a documentação do jogo é elaborada, juntamente com a definição de seus elementos principais. Utilizou-se como base o *Educational Game Design Document* (EGDD), uma documentação inspirada no GDD de Rogers [2014] que não considera somente os aspectos de *game design*, mas também os elementos de aprendizagem. O EGDD contempla aspectos como: contexto do jogo, temática, idealização, narrativa, mecânicas, *gameplay*, aprendizagem, avaliação, estética, arte, interface e referências, onde alguns deles são descritos a seguir.

### 3.2.1. Narrativa e *Gameplay*

Para contemplar os problemas de otimização no jogo, elaborou-se uma narrativa em que o jogador trabalha em corporação e deve resolver problemas que ocorreram na empresa – praticando ativamente os algoritmos que solucionam os problemas. Desse modo, a história definida foi: *"Optima, uma das maiores empresas de telecomunicações do mundo, enfrenta o caos após um misterioso ataque de um hacker desativar suas filiais, interrompendo serviços essenciais em diversas cidades. Alex, filho do fundador e prodígio em tecnologia, é chamado para assumir a missão de restaurar as operações e salvar a empresa. Com a orientação de Leo, um engenheiro veterano, e contando com aliados locais em cada filial, Alex percorre diversas instalações enfrentando desafios complexos, como: (i) alocação de servidores, (ii) reconexão de mesas de trabalho e (iii) otimização de rotas de rede. Durante sua jornada, ele coleta pistas e supera obstáculos, descobrindo pouco a pouco a gravidade do ataque e a necessidade de fortalecer a infraestrutura da empresa Optima"*.

O objetivo do jogador consiste em solucionar os problemas existentes na corporação, a fim de restabelecer as conexões e restaurar o funcionamento. Para isso, em cada fase ele utilizará mecânicas que envolvem: (i) movimentação pelo teclado e interação com o ambiente de jogo; e (ii) visualização do ambiente e clique do mouse. Durante os problemas, o jogador contará com diferentes mecânicas, como: (i) N-rainhas, em que o jogador deve utilizar da mecânica de “agarrar”, utilizando a tecla “E” para segurar os servidores da empresa e alocá-los no local correto; e (ii) para os demais níveis de Passeio do Cavalo e Caminho Mínimo, o jogador inicialmente irá interagir com um objeto no cenário para dar início ao *minigame*, que exige somente que o jogador utilize de cliques do mouse. A descrição de cada nível é detalhada na seção seguinte.

### 3.2.2. Mecânicas de Jogo x Aprendizagem

O “OptimaCorporation” reúne atualmente três problemas de otimização: N-Rainhas, Passeio do Cavalo e Caminho Mínimo. Cada problema é atribuído a um conjunto de três fases e o mesmo é integrado à narrativa e às mecânicas que incentivam a aprendizagem ativa do jogador, utilizando elementos interativos e visuais como os

tabuleiros apresentados para contextualizar o problema e diminuir a abstração. Cada problema de otimização foi ressignificado em histórias para trabalhar o conceito de *narrative learning*, em que os problemas abstratos foram contextualizados para diminuição da complexidade. Os elementos do problema original, utilizando de narrativa, foram contextualizados em elementos de jogo, como observado pela Tabela 2. Além disso, a seguir cada problema é descrito:

**Problema das N-rainhas - alocação de servidores:** envolve a alocação de N quantidades de Rainhas em um tabuleiro  $N \times N$  de forma que nenhuma rainha fique sob ataque uma da outra, respeitando a restrição de: não estarem na mesma linha, coluna e diagonal [Cormen et al. 2022]. O problema envolve as rainhas e o próprio tabuleiro, onde os elementos correspondentes na narrativa são, respectivamente, os servidores e o chão do setor da empresa. Alex, o personagem principal, precisa restabelecer a comunicação da empresa. Em um determinado setor, ele deve alocar servidores em posições específicas para recuperar o sinal. Contudo, esses servidores não podem causar interferência uns nos outros. Por isso, não podem estar nas mesmas linhas, colunas ou diagonais. Além disso, como parte do algoritmo é apresentada ao jogador como utilizar a técnica de *backtracking*, – desfazer movimentos a fim de encontrar o caminho correto – através de um botão interativo de “desfazer jogada”, essa técnica é utilizada de maneira automática em algoritmos, contudo a interatividade do botão no jogo torna o jogador responsável ativo pela decisão de aplicar essa técnica.




**Problema do Passeio do Cavalo - reconexão de mesas de trabalho:** envolve movimentar um cavalo no tabuleiro  $N \times N$  seguindo as regras do xadrez (movimento em “L”) de forma a visitar todas as casas sem repeti-las [Cormen et al. 2022]. O problema envolve a movimentação planejada do cavalo e o respectivo tabuleiro. Na narrativa, os elementos que correspondem ao cavalo e ao tabuleiro são, respectivamente, as estações de trabalho e o chão do setor da empresa. Nesse caso, Alex precisa restabelecer a energia de estações de trabalho, para isso ele deve percorrer todas as estações espalhadas pelo chão, seguindo o padrão do cavalo no xadrez. O objetivo é passar por todas as estações e completar a conexão sem deixar campos não visitados.

**Problema do Caminho Mínimo - otimização de rotas de rede:** envolve encontrar a melhor rota entre dois pontos A e B, em um tabuleiro  $N \times N$ , de forma que o custo do percurso seja minimizado. O problema consiste em identificar o caminho de menor custo em uma grade, garantindo uma solução. Na narrativa, os elementos que correspondem aos pontos do grafo e ao tabuleiro são, respectivamente, os dispositivos de comunicação (computador e antena) e o chão do setor da empresa. Nesse cenário, Alex precisa restaurar a conexão entre o computador central e a antena responsável por transmitir o sinal e, para isso, deve planejar uma rota, utilizando os movimentos mais curtos possíveis para evitar o desperdício de energia.

Dessa forma, alinhado com *narrative learning* na contextualização dos problemas com a história do jogo e com a Aprendizagem Significativa na interação desses conceitos com os conhecimentos prévios dos algoritmos vistos em sala de aula, o jogo proporciona que o jogador se divirta enquanto pratica os conteúdos educacionais, facilitando o processo de aprendizagem, sobretudo ao diminuir a percepção de complexidade. Além disso, cada fase conta com um personagem que auxilia o jogador na compreensão do problema, apresentando tutoriais e dicas de como prosseguir dentro do mundo de jogo, dos quais:

**Lehmer:** personagem NPC responsável pelo tutorial do problema das N-Rainhas e inspirado no cientista da computação Derrick Henry Lehmer, responsável por introduzir o backtracking em 1950. **Hermann:** personagem NPC responsável pelo tutorial do problema do Passeio do Cavalo e inspirado no matemático alemão Hermann Karl von Warnsdorf, responsável por ter desenvolvido a heurística de Warnsdorf, um método para encontrar soluções aproximadas para o problema do passeio do cavalo. **Dijkstra:** personagem NPC responsável pelo tutorial do problema do Caminho Mínimo e inspirado no cientista da computação Edsger Wybe Dijkstra, responsável por ter desenvolvido um método para encontrar o caminho mais curto de um vértice para outro.

**Tabela 2. Problemas Clássicos x Descrição, Narrativa e Figura**

Problema	Descrição	Narrativa	Figura
N-Rainhas	Posicionar rainhas sem que se ataquem	Alocar servidores no chão do setor da empresa sem interferência entre eles (linha, coluna, diagonal)	
Passeio do Cavalo	Percorrer todas as casas do tabuleiro sem repetir	Alex deve visitar todas as estações de trabalho no padrão de movimento do cavalo sem repetir casas	
Caminho Mínimo	Identificar o caminho de menor custo entre dois pontos	Planejar uma rota entre computador e antena usando menos energia ao se locomover pelo chão do setor	

### 3.3. Criar e Brincar/Testar

A etapa de “Criar” trata da produção dos primeiros artefatos do jogo (protótipos), onde cada protótipo evolui ao longo do processo e neles são aplicadas as modificações obtidas a partir dos *feedbacks* dos testadores. Os protótipos concebidos são descritos a seguir.

**Protótipo de baixa fidelidade:** nessa fase foi elaborado o protótipo de baixa fidelidade em papel (Figura 1), onde diversas ideias surgiram. Era necessário um jogo capaz de apresentar problemas de otimização e lógica para os usuários e, ao mesmo tempo, estabelecer uma relação entre história e *gameplay*, fazendo com que tornassem menos abstrato o aprendizado e apresentação do conteúdo educacional, trazendo isso de forma lúdica e menos massiva. **Protótipo de média fidelidade:** após o refinamento do protótipo de papel, foi realizada a prototipação de média fidelidade do jogo na ferramenta Figma, proporcionando a realização de testes para validação da proposta e trazendo *feedbacks* de melhorias para a etapa de implementação do jogo em uma *game engine*. **Protótipo de alta fidelidade:** nessa etapa foi realizada implementação do jogo na *game engine* Unity, onde nessa versão foram feitas modificações no jogo para contemplar os *feedbacks* obtidos nas validações dos protótipos anteriores.

A etapa de “Brincar/Testar” diz respeito à validação interna do jogo, realizada com estudantes da universidade e/ou especialistas na área. Essa fase é cíclica com a etapa de “Criar”, pois a validação por meio de testes implica o retorno à etapa anterior para incorporar modificações que geram um novo protótipo. As validações para

cada protótipo ocorreram da seguinte forma: (i) baixa fidelidade, foi validado por uma professora doutora/mestre e também por um graduado em Licenciatura em Computação; (ii) média fidelidade, foi validado e testado por estudantes graduandos de Licenciatura em Computação, através da ferramenta de prototipação Figma; e (iii) alta fidelidade, foi testado e validado por estudantes de Licenciatura em Computação, cujo Design Experimental é descrito na Seção 4 e os Resultados na Seção 5.



**Figura 1. Protótipos de baixa, media e alta fidelidade.**

#### 4. Design Experimental

Com o desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade, foram conduzidos testes para identificar pontos dentro do jogo como: (i) inconsistências de usabilidade; (ii) motivação dentro do jogo; e (iii) percepção de aprendizagem. A avaliação foi realizada com 80% dos testadores sendo o público-alvo e 20% não, visando analisar se o jogo possibilita a diminuição da percepção de complexidade em problemas de otimização para ambos, assim como avaliar aspectos de usabilidade para transformar os *feedbacks* obtidos em pontos de melhoria.

**Seleção de Participantes:** a seleção dos participantes foi feita por conveniência, sendo 4 estudantes de graduação do curso de Licenciatura em Computação, 40% estudantes de terceiro período, 60% estudantes de períodos diversos e 1 já graduada do curso de Licenciatura em Computação. A seleção deu-se com objetivo de avaliar o desempenho de estudantes que possuem, ou não, contato com o conteúdo educacional. Dos testadores, 60% se identificaram como sendo homens e 40% se identificaram como sendo mulheres, possuindo todos uma faixa etária entre 18 e 24 anos. Todos os participantes preencheram um termo de consentimento que autoriza a utilização dos seus dados para pesquisas, de forma anônima e seguindo as diretrizes da LGPD.

**Instrumentação:** como forma de avaliar a motivação e usabilidade/experiência do jogador, fez-se uso de instrumentos validados pela literatura: (i) o emoti-SAM [Hayashi et al. 2016], com três questões referentes a diversão, animação e entendimento do conteúdo e; (ii) o MEEGA+ [Petri et al. 2019], composto por 33 questões divididas em duas categorias principais (usabilidade e experiência do jogador), que, somadas, totalizam 11 dimensões (removeu-se “Interação social” pois o jogo não é *multiplayer*).

**Contexto de Aplicação:** os testes foram realizados em formato presencial, com dois momentos: (i) *playtesting*, onde os participantes jogaram o jogo e; (ii) avaliação, por meio do preenchimento de um formulário via Google Forms baseado nos modelos emoti-SAM E MEEGA+.



## 5. Resultados

Com a realização do teste do EMOTI-SAM, os dados apontam que: (i) dos testadores 100% se sentiram felizes ao jogar, destes 60% apontaram o sentimento “Agradável” e 40% como “Satisfeito”; (ii) Dos testadores 100% ficaram animados, onde 60% apontou o sentimento “Animado” e 40% como “Totalmente” Acordado”. Apesar dos resultados positivos obtidos nas avaliações, ainda são necessárias melhorias de *gameplay* que visem concentrar os resultados de avaliação nos pontos mais altos de satisfação. A avaliação de compreensão do conteúdo educacional teve um resultado positivo, onde 20% dos testadores se declararam “independentes” e 80% “poderosos” quanto à compreensão do conteúdo, sugerindo percepção de aprendizado. A partir da realização de testes com o MEEGA+, foram avaliadas a experiência do jogador e usabilidade através de questões quantitativas com escala Likert de 1 (discordo plenamente) a 5 (concordo plenamente), e qualitativas com campos para que o testador pudesse elencar suas opiniões sobre o jogo.

Ao que se refere à usabilidade, foram analisadas quatro dimensões do MEEGA+: (i) **estética**, com relação ao design atraente do jogo e à combinação textos/cores e fontes, apresentando avaliações positivas (80%) e negativas (20%), indicando uma boa avaliação e apontando para pontos não tão adequados, como a escolha da fonte; (ii) **aprendizibilidade** (capacidade de aprendizado), com uma avaliação positiva (73,3%), onde 100% dos jogadores indicaram “aprender esse jogo foi fácil” e uma parte foi indiferente ou discordante, quanto à rapidez para aprender o jogo (23,7%), indicando que alguns necessitaram de mais tempo para entender; (iii) **operabilidade**, com valores que indicam que o jogo é fácil de jogar (60%), mas com demais resultados que indicam indiferença (40%), mostrando que apesar dos jogadores aprenderem a jogar com facilidade, isso não tornou o jogo fácil, indicando um desafio eminente e necessidade de melhoria na dificuldade das fases; (iv) **acessibilidade**, com bons resultados (70%) indicando bom uso das fontes legíveis e cores, contra testadores discordantes ou indiferentes quanto à fonte utilizada (30%).

Em relação à experiência do jogador, foram analisadas as seguintes dimensões no MEEGA+: (i) **confiança**, foram obtidas avaliações positivas (80%), mas também com avaliações indiferentes (20%), o que pode indicar a necessidade de melhoria na organização do conteúdo para atender a confiança no aprendizado; (ii) **desafio**, no geral as avaliações classificaram o jogo como adequadamente desafiador, com ritmo adequado e tarefas não repetitivas; (iii) **satisfação**, a maioria dos votos concordaram fortemente com relação a: a) sentimento de realização, b) o esforço pessoal permite avançar no jogo, c) satisfação quanto ao que foi aprendido no jogo e d) recomendaria esse jogo para meus colegas, indicando a boa interação dos testadores com o jogo; (iv) **diversão**, 70% “concordaram fortemente” com a diversão estar presente no jogo e com algum acontecimento que possibilitou um sorriso, enquanto 30% apenas “concordaram” com os pontos, mas ainda assim positivamente, indicando boa relação durante a *gameplay*; (v) **atenção Focada**, 90% dos testadores viram algo que capturou a atenção no início do jogo, contra 10% discordantes, indicando a necessidade de melhoria na *gameplay* ou narrativa de jogo; (vi) **relevância**, 60% dos testadores apontaram o conteúdo do jogo como relevante, contra 40% que se apresentaram como indiferentes, a maioria considerou o conteúdo como claro e que prefere aprender com o jogo do que de outra forma, assim como a maioria julgou o jogo como um método de ensino adequado para a disciplina; (vii) **percepção de aprendizagem**, 90% avaliaram como positivo e 10% indiferente quanto ao

aprendizado através do jogo, indicando uma taxa elevada de compreensão, porém com a necessidade de ajustes para melhorar a percepção do aprendizado.

Os dados qualitativos do MEEGA+, foram verificados através da análise de conteúdo [Bardin 2015], onde, para os participantes da experiência, foram apresentadas as seguintes perguntas qualitativas: (i) “O que você mais gostou no jogo?”, destacou-se a jogabilidade e os desafios, com observações como: “desafiador para o pensamento”, “dinâmica do jogo”, “movimentação no tabuleiro” e “resolução de problemas”; (ii) “O que você achou ruim no jogo?”, as avaliações permitiram identificar diferentes pontos, entre elas: a) ausência de dicas para ajudar o jogador após múltiplos erros; b) excesso de texto nos tutoriais; c) confusão nas instruções apresentadas nos tabuleiros; e d) indiferença quanto as fontes utilizadas; (iii) “O que você aprendeu jogando o jogo?”, as respostas foram variadas, mais especificamente a conteúdos relacionados a raciocínio lógico, com citações como: “organizar componentes”, “pensar em caminhos”, “raciocínio lógico” e “backtracking”. Os dados coletados apontam a necessidade de melhorias para questões de acessibilidade e clareza das instruções do jogo. Por fim, também houve citações diretas sobre “problemas de otimização” e à possibilidade de aprender “algoritmos complexos de forma leve e eficiente”. As informações indicam que os participantes reconheceram os elementos de aprendizagem no jogo de forma geral, mas talvez com pouca profundidade do conceito, o que pode estar ligado à contextualização narrativa criada em torno dos problemas de otimização o que sugere também que parte da aprendizagem permaneceu implícita.

## 6. Considerações finais

Este artigo apresentou “OptimaCorporation”, um jogo educacional para tratar da complexidade de problemas de otimização, através da implementação de um jogo educacional que incorpora gameplay e narrativa de aprendizagem. Durante o desenvolvimento, utilizou-se a metodologia de game design educacional com etapas iterativas-incrementais, o que permitiu a realização de correções e adição de melhorias contínuas. Os resultados apontam, em sua maioria, avaliações positivas quanto à jogabilidade, motivação e percepção de aprendizagem dos testadores. As análises realizadas através dos instrumentos EMOTI-SAM e MEEGA+ revelam satisfação e engajamento, além de proporcionar desafios que estimularam o raciocínio lógico. A maioria dos participantes relatou aprendizado relacionado à lógica e otimização, porém alguns pontos como clareza das instruções de cada fase e elementos visuais, se tratando especialmente da fonte, foram apontados como pontos de melhoria.

Os dados indicam que “OptimaCorporation” apresenta indícios para auxiliar na redução da percepção de complexidade de problemas de otimização. Como trabalhos futuros pretende-se: (i) melhorar questões de usabilidade e instruções das fases, baseado nos *feedbacks* obtidos; (ii) empregar mais problemas de otimização ao jogo, o que implica também o crescimento da narrativa e; (iii) execução de ajustes para captura e análise dos dados através do modelo GLBoard.

## Referências

Alvim, Í. V., Bittencourt, R. A., e Duran, R. S. (2024). Evasão nos cursos de graduação em computação no Brasil. In *Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*, pages 1–11. SBC.

- Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning.
- Bardin, L. (2015). *Análise de conteúdo* (la reto & a. pinheiro, tradução)(6ª edição). Lisboa, Portugal: Edições, 70.
- Berg Marklund, B. (2013). *Games in formal educational settings: Obstacles for the development and use of learning games*. PhD thesis, University of Skövde.
- Bruner, J. (2010). Narrative, culture, and mind. *Telling stories: Language, narrative, and social life*, 46:49.
- (CIEB) (2023). Currículo de referência em computação: Educação infantil e ensino fundamental. Acessado em: 21 abr. 2024.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., e Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms*. MIT press.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2006). Overview of research on the educational use of video games. *Nordic journal of digital literacy*, 1(3):184–214.
- Fernandes, F. G., Mollo, R. A. T., e da Costa Barbosa, F. (2020). A aplicação de um jogo para motivação do processo de ensino-aprendizagem em cursos de engenharia e ciências exatas. *Universidade Federal da Paraíba. Revista Temas em Educação*, 29(2).
- Hayashi, E. C., Posada, J. E. G., Maíke, V. R., e Baranauskas, M. C. C. (2016). Exploring new formats of the self-assessment manikin in the design with children. In *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–10.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., e de Oliveira, E. H. T. (2020). Lições aprendidas em computação através da criação de um jogo educacional: entre automatos e design de aprendizagem. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 1753–1762. SBC.
- Kattenbelt, C. e Raessens, J. (2003). 34. computer games and the complexity of experience.
- Lytle, N., Floryan, M., e Barnes, T. (2019). Effects of a pathfinding program visualization on algorithm development. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 225–231.
- Melo, D., Pires, F., e de Freitas, R. (2019). As aventuras de biguió: um jogo educacional sobre coberturas e caminhos de rainhas, torres e cavalos. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 1310.
- Pastre de Oliveira, G. (2024). Aspectos matemáticos do problema das n-rainhas e a construção do conhecimento por alunos de ciência da computação. *Educação Matemática Pesquisa*, 26(1).
- Pereira, A. d. S. (2021). O jogo de xadrez como material instrucional para o ensino de pensamento computacional. *Trabalho de conclusão de curso*.
- Petri, G., Von Wangenheim, C. G., e Borgatto, A. F. (2019). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):52–81.

- Pires, F. G. d. S. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.
- Plass, J. L., Homer, B. D., e Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Rogers, S. (2014). *Level Up! The guide to great video game design*. John Wiley & Sons.
- Silva, D., Pires, F., Melo, R., e Pessoa, M. (2022). Glboard: um sistema para auxiliar na captura e análise de dados em jogos educacionais. In *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 959–968. SBC.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.