



Leonardo Luz Fachel

Desenvolvimento de Jogo Sério para Auxílio no Ensino de Conceitos de Estruturas de Dados

Osório

2025

Leonardo Luz Fachel

Desenvolvimento de Jogo Sério para Auxílio no Ensino de Conceitos de Estruturas de Dados

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de
Sistemas.

Orientador: Bruno Chagas Alves Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

Campus Osório

Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Osório

2025

Leonardo Luz Fachel

Desenvolvimento de Jogo Sério para Auxílio no Ensino de Conceitos de Estruturas de Dados

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de
Sistemas.

Bruno Chagas Alves Fernandes
Orientador

Professor
Convidado 1

Professor
Convidado 2

Osório
2025

AGRADECIMENTOS

Agredecimentos...

Resumo

Estruturas de Dados é uma disciplina frequentemente associada a alta carga cognitiva e, consequentemente, a elevados índices de reprovação e evasão, principalmente devido à natureza abstrata de seus conceitos e à baixa motivação relatada pelos estudantes (MTAHO; MSELLE, 2024). Nesse contexto, este trabalho propõe uma alternativa ao ensino tradicional por meio do desenvolvimento de um jogo sério (MOUAHEB et al., 2012), projetado para ensinar e reforçar conteúdos educacionais de maneira lúdica. O jogo foi criado utilizando a metodologia de desenvolvimento ENgAGED (BATTISTELLA; WANGENHEIM, 2016), em conjunto com a estratégia instrucional de Aprendizagem Baseada em Jogos (GBL) (COFFEY, 2009).

Como resultado, foi desenvolvido um protótipo capaz de representar implicitamente conceitos fundamentais de estruturas de dados, como pilhas, filas e listas encadeadas, integrando-os às mecânicas do jogo. O protótipo foi avaliado por estudantes de Análise e Desenvolvimento de Sistemas e áreas correlatas, bem como por alguns participantes sem conhecimento prévio na área, utilizando uma versão adaptada do modelo de avaliação MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020). Os resultados indicam que o jogo apresenta boa usabilidade, proporciona uma experiência positiva ao jogador e comunica de forma eficaz os conteúdos propostos, embora tenham sido identificados alguns problemas no sistema de aleatoriedade (RNG) da mecânica central e a necessidade de um tutorial mais guiado.

Palavras-chave: Jogo Sério. Estruturas de Dados. Aprendizagem Baseada em Jogos.

Abstract

Data Structures is a discipline often associated with high cognitive load and, consequently, high failure and dropout rates, mainly due to the abstract nature of its concepts and the low motivation reported by students (MTAHO; MSELLE, 2024). In this context, this work proposes an alternative to traditional teaching through the development of a serious game (MOUAHEB et al., 2012), designed to teach and reinforce educational content in a playful way. The game was created using the ENgAGED development methodology (BATTISTELLA; WANGENHEIM, 2016), combined with the instructional strategy of Game-Based Learning (GBL) (COFFEY, 2009).

As a result, a prototype was developed that is capable of implicitly representing fundamental data structure concepts, such as stacks, queues, and linked lists, integrating them into its game mechanics. The prototype was evaluated by students of Systems Analysis and Development and related fields, as well as by some participants without prior knowledge in the area, using an adapted version of the MEEGA+ evaluation model (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020). The findings indicate that the game demonstrates good usability, provides a positive player experience, and effectively conveys the intended content, although some issues were identified regarding the randomness system (RNG) in the core mechanic and the need for a more guided tutorial.

Keywords: Serious Game. Data Structures. Game-Based Learning.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Captura de tela do jogo CodingJob	30
Figura 2 – Captura de tela do jogo CodeBô	31
Figura 3 – Foto do tabuleiro de CodeBô Unplugged	31
Figura 4 – Captura de tela do jogo para auxiliar em estrutura de dados	32
Figura 5 – Captura de tela do tabuleiro de Prog-poly	33
Figura 6 – Captura de tela do jogo Human Resource Machine	35
Figura 7 – Captura de tela do jogo AlgoBot	35
Figura 8 – Captura de tela do jogo MOP’N SPARK	36
Figura 9 – Captura de tela do jogo Iron Ears	37
Figura 10 – Personagem principal do jogo	54
Figura 11 – Companheiro felino	54
Figura 12 – Fogueira, ponto de controle do jogador	55
Figura 13 – Elementos alquímicos utilizados nas combinações do jogo	55
Figura 14 – Bandeira sinalizando o término da fase	55
Figura 15 – Inimigos presentes no jogo	56
Figura 16 – Blocos do cenário utilizados na construção dos níveis	56
Figura 17 – Camadas de Parallax que compõem a profundidade visual do cenário	56
Figura 18 – Consumíveis disponíveis ao jogador durante a partida	57
Figura 19 – Interface de jogo com elementos numerados	57
Figura 20 – Design do Nível Inicial	58
Figura 21 – Gráfico da avaliação de engajamento: “O jogo conseguiu manter o meu interesse.”	69
Figura 22 – Gráfico da avaliação de engajamento: “Eu estava motivado para continuar jogando.”	70
Figura 23 – Gráfico da avaliação de engajamento: “O jogo apresentou estímulos que mantiveram a minha atenção.”	70
Figura 24 – Gráfico da avaliação de diversão: “Jogar este jogo foi divertido.”	71
Figura 25 – Gráfico da avaliação de satisfação: “Senti satisfação ao completar desafios ou derrotar inimigos.”	72
Figura 26 – Gráfico da avaliação de satisfação: “Eu recomendaria este jogo para meus colegas.”	72
Figura 27 – Gráfico da avaliação de desafio: “O nível de desafio foi adequado para mim.”	73
Figura 28 – Gráfico da avaliação de desafio: “Os desafios me incentivaram a tentar melhorar.”	73
Figura 29 – Gráfico da avaliação de desafio: “Eu estava tão envolvido no jogo que perdi a noção do tempo.”	74

Figura 30 – Gráfico da avaliação de desafio: “Eu esqueci do ambiente ao meu redor enquanto jogava.”	74
Figura 31 – Gráfico da avaliação de estética: “O design do jogo é atraente.”	76
Figura 32 – Gráfico da avaliação de estética: “Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.”	76
Figura 33 – Gráfico da avaliação de aprendibilidade: “Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.”	77
Figura 34 – Gráfico da avaliação de operabilidade: “Eu considero que o jogo é fácil de jogar.”	78
Figura 35 – Gráfico da avaliação de operabilidade: “As regras do jogo são claras e compreensíveis.”	78
Figura 36 – Gráfico da avaliação de acessibilidade: “As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.”	79
Figura 37 – Gráfico da avaliação de acessibilidade: “As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.”	79
Figura 38 – Gráfico da avaliação de proteção: “Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.”	80
Figura 39 – Gráfico da avaliação de relevância: “Os conceitos de estruturas de dados (pilha, fila e lista encadeada) foram bem representados no jogo, mesmo que de forma implícita.”	81
Figura 40 – Gráfico da avaliação de relevância: “O jogo é útil para treinar conceitos já conhecidos.”	81
Figura 41 – Gráfico da avaliação de relevância: “A abordagem implícita (ensinar sem explicar diretamente) foi positiva.”	82

Lista de tabelas

Tabela 1 – Fatores que contribuem para as dificuldades no aprendizado da disciplina de estruturas de dados	15
Tabela 2 – Itens do questionário do modelo MEEGA+ adaptados	26
Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos relacionados	34
Tabela 4 – Comparação entre os jogos relacionados	38
Tabela 5 – Conversão do Sistema de Avaliação da Steam para um sistema numeral de 1 a 5	38
Tabela 6 – Requisito Funcional 01	39
Tabela 7 – Requisito Funcional 02	39
Tabela 8 – Requisito Funcional 03	40
Tabela 9 – Requisito Funcional 04	40
Tabela 10 – Requisito Funcional 05	40
Tabela 11 – Requisito Funcional 06	40
Tabela 12 – Requisito Funcional 07	40
Tabela 13 – Requisito Funcional 08	41
Tabela 14 – Requisito Funcional 09	41
Tabela 15 – Requisito Funcional 10	41
Tabela 16 – Requisito Funcional 11	41
Tabela 17 – Requisito Funcional 12	41
Tabela 18 – Requisito Funcional 13	42
Tabela 19 – Requisito Funcional 14	42
Tabela 20 – Requisito Funcional 15	42
Tabela 21 – Requisito Funcional 16	42
Tabela 22 – Requisito Não Funcional 01	43
Tabela 23 – Requisito Não Funcional 02	43
Tabela 24 – Requisito Não Funcional 03	43
Tabela 25 – Requisito Não Funcional 04	43
Tabela 26 – Requisito Não Funcional 05	43
Tabela 27 – Requisito Não Funcional 06	44
Tabela 28 – Requisito Não Funcional 07	44
Tabela 29 – Requisito Não Funcional 08	44
Tabela 30 – Requisito Não Funcional 09	44
Tabela 31 – Requisito Não Funcional 10	44
Tabela 32 – Requisito Não Funcional 11	45
Tabela 33 – Requisito Não Funcional 12	45
Tabela 34 – Requisito Não Funcional 13	45
Tabela 35 – Mecânicas Centrais	48

Tabela 36 – Mecânicas Genéricas	49
Tabela 37 – Elementos do jogo e suas descrições	49
Tabela 38 – Comparativo entre Game Engines	53
Tabela 39 – Avaliação da Experiência do Jogador - Média, Mediana e Desvio Padrão	69
Tabela 40 – Avaliação da Usabilidade - Média, Mediana e Desvio Padrão	75
Tabela 41 – Avaliação do Conteúdo - Média, Mediana e Desvio Padrão	80
Tabela 42 – Comparaçao entre os jogos relacionados e o jogo proposto	85
Tabela 43 – Comparaçao entre os trabalhos relacionados e o trabalho proposto	85
Tabela 44 – Trabalhos Futuros: Objetivos Incompletos	86
Tabela 45 – Trabalhos Futuros: Melhorias baseadas no Feedback	86
Tabela 46 – Trabalhos Futuros: Ideias de Expansão	87
Tabela 47 – Dados de Perfil dos Participantes (N = 11)	94
Tabela 48 – Respostas Quantitativas: Conteúdo da Área (N = 11)	94
Tabela 49 – Respostas Brutas da Escala Likert - Experiência do Jogador (N = 11)	95
Tabela 50 – Respostas Brutas da Escala Likert - Usabilidade e Abordagem Implícita (N = 11)	95
Tabela 51 – Respostas Qualitativas: Conteúdo da Área e Barreiras no Jogo (N = 11)	96
Tabela 52 – Respostas Qualitativas: Comentários Gerais e Finais (N = 11)	97
Tabela 53 – Itens do questionário do modelo MEEGA+	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ILPC	Introdução Linguagem de Programação C
GBL	<i>Game-Based Learning</i>
ENgAGED	<i>EducatioNAL GamEs Development</i>
LIFO	<i>Last In First Out</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
MEEGA	<i>Model for the Evaluation of Educational Games</i>
SFX	<i>Sound Effects</i>
RNG	<i>Random Number Generation</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral	14
1.2	Objetivos Específicos	14
1.3	Justificativa	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Estruturas de Dados	16
2.2	Jogos Sérios	16
2.3	Aprendizagem Baseada em Jogos	17
2.4	Construcionismo	17
2.5	Unity	18
3	METODOLOGIA	19
3.1	Metodologia Científica	19
3.2	Metodologia de Desenvolvimento	20
3.3	Metodologia de Avaliação	25
4	TRABALHOS RELACIONADOS	29
4.1	Artigos	29
4.2	Aplicativos	34
4.3	Síntese dos Trabalhos Relacionados	38
5	DESENVOLVIMENTO	39
5.1	Análise do Jogo e Levantamento de Requisitos	39
5.2	Concepção do Jogo	46
5.3	Design do Jogo	52
5.4	Implementação do Jogo	58
5.5	Testes do Jogo	67
6	AVALIAÇÃO	68
6.1	Experiência do Jogador	68
6.2	Usabilidade	75
6.3	Conteúdo	80
6.4	Análise Qualitativa	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
7.1	Resultados	84
7.2	Comparativo com Trabalhos Relacionados	85

7.3	Limitações do Estudo	85
7.4	Trabalhos Futuros	86
7.5	Conclusão	87
 REFERÊNCIAS		88
 APÊNDICE A INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO ..		91
 APÊNDICE B DADOS BRUTOS DA AVALIAÇÃO		94
 APÊNDICE A INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO: MODELO ME- EGA+		98

1 INTRODUÇÃO

O ensino e a aprendizagem de conceitos fundamentais da área de computação, como estruturas de dados, constituem um desafio recorrente para educadores e estudantes. De acordo com o autor [Mtaho e Mselle \(2024\)](#), a disciplina de estruturas de dados é altamente exigente para estudantes de ciência da computação, sendo frequentemente associada a uma elevada carga cognitiva e, consequentemente, a altas taxas de reprovação e evasão do curso. Entre os principais fatores que contribuem para essas dificuldades estão a natureza abstrata dos conceitos envolvidos e a baixa motivação dos alunos. Esse cenário se agrava pelo fato de que, tradicionalmente, o ensino desses conteúdos ocorre por meio de aulas expositivas e exercícios de codificação, o que tende a gerar baixa retenção do conteúdo e desinteresse por parte dos estudantes ([CHILWANT, 2012](#)).

Além disso, as novas gerações de estudantes estão cada vez mais habituadas a um fluxo constante de informações e experiências interativas, desenvolvendo um comportamento que valoriza respostas rápidas e estímulos visuais ([HA; IM, 2020](#)). Isso torna o ensino convencional ainda menos atrativo. A partir de sua pesquisa, o autor [Mtaho e Mselle \(2024\)](#) recomenda a adoção de novas estratégias de ensino para mitigar as dificuldades e melhorar a experiência de aprendizagem de estrutura de dados.

Nesse cenário, os jogos sérios surgem como uma estratégia educacional promissora, ao promover o aprendizado ativo e engajado ([MOUAHEB et al., 2012](#)). Diferentemente de abordagens instrucionais diretas, os jogos sérios podem ser projetados para que a aprendizagem ocorra como consequência da interação do jogador com o ambiente, desafios e regras do jogo. Essa perspectiva está alinhada à teoria do construcionismo, proposta por [Papert \(1993\)](#), segundo a qual o conhecimento é construído ativamente pelos alunos quando estes se envolvem com a criação, exploração e manipulação de artefatos significativos.

Jogos sérios são definidos como uma aplicação de videogames cujo objetivo principal é educar, treinar ou sensibilizar, sem abrir mão do entretenimento ([MOUAHEB et al., 2012](#)). Contudo, uma crítica recorrente a essa abordagem é que muitos desses jogos sérios falham como jogos, priorizam o conteúdo educativo de forma explícita, relegando a experiência lúdica a segundo plano, quando, na verdade, ensino e entretenimento deveriam caminhar lado a lado ([MOUAHEB et al., 2012](#)).

De acordo com [Araujo e Silva \(2025\)](#), atualmente, grande parte dos jogos sérios utilizam os conceitos de programação apenas como tema, sem integrá-los verdadeiramente às suas mecânicas. Essa limitação evidencia um modelo que tende a transformar o jogo em um pretexto para ensinar diretamente, por meio de mecânicas expositivas como questionários ou simulações superficiais.

O presente trabalho propõe uma abordagem alternativa: utilizar mecânicas de jogo que representem, de forma implícita e interativa, conceitos fundamentais de estruturas de dados. Em vez de apresentar diretamente listas, pilhas ou filas, o jogo incorporará esses elementos em sua lógica e estrutura interna, permitindo que o jogador interaja com tais conceitos de forma intuitiva e contextualizada. Dessa maneira, o aprendizado ocorre como consequência da resolução de problemas e da exploração do sistema, e não como resultado de instruções explícitas ou desafios de programação.

Diferentemente de jogos educativos que simulam exercícios de codificação, o objetivo deste trabalho é projetar um jogo no qual os conceitos ensinados estejam presentes nas ações tomadas pelo jogador, mesmo que ele não os reconheça explicitamente como tais. Na próxima seção, o objetivo geral deste trabalho será aprofundado.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um jogo sério que ensine e reforce conceitos fundamentais de estruturas de dados de forma implícita, por meio de mecânicas lúdicas e interativas. A proposta busca promover um processo de aprendizagem mais significativo, intuitivo e motivador.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os seguintes objetivos específicos estruturam e detalham o caminho para cumprir o objetivo geral deste trabalho.

- Desenvolver um jogo sério fundamentado na metodologia ENgAGED, integrando elementos lúdicos e educativos de forma coerente;
- Incorporar nas mecânicas do jogo representações implícitas de estruturas de dados, como listas, filas e pilhas, bem como algoritmos de ordenação;
- Implementar funcionalidades que permitam ao jogador interagir com essas estruturas de dados de maneira orgânica durante a jogabilidade;
- Avaliar a experiência do usuário e o potencial pedagógico do jogo por meio de testes com jogadores;
- Identificar aspectos de usabilidade, engajamento e clareza conceitual que possam orientar melhorias futuras no projeto.

1.3 JUSTIFICATIVA

A proposta deste trabalho encontra respaldo na demanda por tornar o ensino de estruturas de dados mais motivador ([MTAHO; MSELLE, 2024](#)) e alinhado às expectativas das novas gerações de aprendizes. O uso de jogos sérios como recurso educacional permite contextualizar os conceitos dentro de uma narrativa envolvente, aumentando o engajamento e favorecendo a construção do conhecimento de forma mais prática e intuitiva ([MOUAHEB et al., 2012](#)), contribuindo para mitigar as duas principais dificuldades enfrentadas pelos alunos na disciplina de estrutura de dados, conforme apresentado na [Tabela 1](#).

Tabela 1 – Fatores que contribuem para as dificuldades no aprendizado da disciplina de estruturas de dados

Fator	Frequência	Percentual	Rank
Natureza abstrata dos conceitos de estruturas de dados	13	31.0	1
Baixa motivação dos alunos	10	23.8	2
Natureza multidimensional dos conceitos de estruturas de dados	9	21.4	3
Natureza dinâmica dos conceitos de estruturas de dados	8	19.0	4
Metodologia de ensino inadequada	7	16.7	5
Conhecimento prévio deficiente dos alunos	7	16.7	6
Modelo mental defeituoso dos alunos	7	16.7	7
Organização ineficaz dos materiais de aprendizagem	6	14.3	8
Dificuldades no planejamento da solução do programa	5	11.9	9
Organização e implementação ineficaz do currículo	4	9.5	10

Fonte: ([MTAHO; MSELLE, 2024](#)), editado pelo Autor

Além disso, a adoção da metodologia ENgAGED ([BATTISTELLA; WANGENHEIM, 2016](#)) no processo de desenvolvimento garante uma abordagem sistemática, permitindo que os objetivos educacionais sejam alcançados sem comprometer a experiência lúdica.

Dessa forma, este trabalho justifica-se por buscar uma alternativa para o ensino de estruturas de dados, conforme recomendado por [Mtaho e Mselle \(2024\)](#), pretendendo contribuir para a formação de profissionais mais criativos e capazes de aplicar o conhecimento de maneira prática e estratégica.

No capítulo seguinte, apresenta-se o referencial teórico que embasa esta pesquisa, fornecendo os fundamentos conceituais necessários para compreender o desenvolvimento do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão abordados os conceitos e as tecnologias fundamentais que embasam este trabalho, conectando-os diretamente aos desafios de ensino e aprendizagem de estruturas de dados e à proposta de um jogo sério com aprendizagem implícita.

2.1 ESTRUTURAS DE DADOS

Estruturas de dados como listas, pilhas, filas, árvores e grafos fornecem mecanismos distintos para organizar e acessar informações, cada uma com vantagens e limitações específicas em termos de complexidade de inserção, remoção e busca (CORMEN et al., 2022). A compreensão dessas diferenças é essencial para o desenvolvimento de algoritmos eficientes e para a resolução de problemas computacionais complexos. Entretanto, a abstração desses conceitos representa uma barreira significativa para estudantes, tornando necessário explorar métodos pedagógicos mais interativos e motivadores.

Conforme destacado por Mtaho e Mselle (2024), a disciplina de estruturas de dados é frequentemente associada a uma elevada carga cognitiva e a altas taxas de reprovação e evasão em cursos de computação. As dificuldades advêm, em grande parte, da natureza abstrata dos conceitos envolvidos e da baixa motivação dos alunos conforme indicado na Tabela 1. O modelo de ensino tradicional, que se baseia em aulas expositivas e exercícios de codificação, muitas vezes não consegue proporcionar a retenção efetiva do conteúdo nem despertar o interesse necessário para a compreensão aprofundada (CHILWANT, 2012). Essa lacuna pedagógica ressalta a urgência de explorar e implementar estratégias de ensino inovadoras que possam mitigar essas barreiras e enriquecer a experiência de aprendizagem.

2.2 JOGOS SÉRIOS

Jogos sérios são definidos como aplicações interativas que utilizam o design e a tecnologia dos videogames para fins que vão além do puro entretenimento, como educação, treinamento ou conscientização (MOUAHEB et al., 2012). Eles surgem como uma alternativa promissora às metodologias de ensino tradicionais, buscando engajar os alunos em ambientes de aprendizagem imersivos e motivadores.

Contudo, a eficácia de um jogo sério não reside apenas em seu conteúdo educacional, mas na sua capacidade de integrá-lo de forma coesa à experiência lúdica. Uma crítica recorrente a muitos jogos com propósito educacional é que eles falham em ser bons jogos, priorizando a instrução direta em detrimento da jogabilidade. De acordo com Araujo e Silva (2025), muitos

jogos sérios para o ensino de programação, por exemplo, utilizam os conceitos apenas como tema, sem incorporá-los profundamente em suas mecânicas centrais. Isso resulta em experiências que se assemelham mais a questionários interativos ou a exercícios de codificação disfarçados, perdendo o potencial transformador que a mídia dos jogos pode oferecer.

2.3 APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS

A Aprendizagem Baseada em Jogos (GBL), é uma estratégia instrucional que emprega jogos completos como ferramentas para alcançar objetivos de aprendizagem específicos. Diferencia-se da gamificação, que apenas aplica elementos de jogos (como pontos, medalhas e *rankings*) a contextos não lúdicos. Na GBL, o aprendizado emerge da própria interação do jogador com as mecânicas, sistemas e narrativas do jogo (COFFEY, 2009).

O potencial da GBL reside na sua capacidade de criar um ciclo de aprendizado motivado intrinsecamente. Um jogo bem projetado desafia o jogador, oferece *feedback* constante e permite a experimentação em um ambiente seguro, onde o erro é parte do processo de descoberta (COFFEY, 2009). Em vez de receber informações de forma passiva, o jogador aprende ativamente ao testar hipóteses, resolver problemas e superar obstáculos. Essa abordagem é particularmente relevante para conceitos abstratos como os de estruturas de dados, pois permite que os alunos visualizem e manipulem representações concretas desses conceitos dentro do universo do jogo, promovendo um engajamento que o ensino tradicional muitas vezes não consegue (MTAHO; MSELLE, 2024; CHILWANT, 2012).

2.4 CONSTRUCIONISMO

A fundamentação pedagógica deste trabalho está ancorada na teoria do Construcionismo de Seymour Papert. Derivada do construtivismo de Piaget, a teoria de Papert postula que a aprendizagem é mais eficaz quando o aprendiz está conscientemente engajado na construção de um artefato público e tangível, seja ele um castelo de areia, um poema, uma máquina ou um programa de computador (PAPERT, 1993). Essa perspectiva é crucial para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem que promovam a autonomia e a descoberta.

O Construcionismo defende que o conhecimento não é algo a ser simplesmente transmitido, mas algo a ser construído e reconstruído pelo indivíduo por meio de ações e interações com o mundo. Nesse contexto, o jogo proposto neste trabalho pode ser visto como um “micromundo” de aprendizagem, um ambiente onde os jogadores constroem seu entendimento sobre estruturas de dados não por meio de instrução direta, mas ao manipular os sistemas do jogo para resolver problemas. As soluções que o jogador cria dentro do jogo são os artefatos que refletem e solidificam seu aprendizado. Essa abordagem se alinha perfeitamente à proposta de um aprendizado implícito, onde o conhecimento é uma consequência direta da experiência e da ação, e não o

seu pré-requisito, conforme a metodologia de ensino que busca desacoplar o conceito ensinado de uma linguagem de programação específica, focando na compreensão conceitual através da interação lúdica.

2.5 UNITY

Para a concretização da proposta pedagógica deste trabalho, que visa o ensino implícito de estruturas de dados por meio de um jogo sério, a *game engine* Unity foi selecionada como a principal ferramenta de desenvolvimento. A Unity é um ambiente de desenvolvimento multiplataforma amplamente reconhecido na indústria de jogos, simulações e aplicações interativas, destacando-se por sua flexibilidade e robustez ([Unity Technologies, 2025](#)).

A escolha da Unity é fundamentada em suas características que se alinham diretamente aos objetivos do projeto. Primeiramente, sua arquitetura baseada em componentes e a utilização da linguagem C# permitem a criação de mecânicas de jogo sofisticadas e a representação abstrata de estruturas de dados de forma eficiente. Isso é crucial para a implementação de um aprendizado implícito, onde os conceitos são integrados à lógica do jogo sem serem explicitamente ensinados. Em segundo lugar, a capacidade multiplataforma da Unity garante que o jogo possa ser acessado por um público mais amplo de estudantes, independentemente do sistema operacional. Por fim, a vasta comunidade de desenvolvedores e a rica documentação disponível para a Unity aceleram o processo de desenvolvimento, permitindo uma maior concentração no design da experiência de aprendizagem ([Unity Technologies, 2025](#)).

3 METODOLOGIA

Segundo [Creswell e Creswell \(2021\)](#), um projeto de pesquisa é um plano estruturado que orienta todo o processo investigativo, abrangendo desde a formulação do problema e os objetivos do estudo até os procedimentos de coleta e análise de dados. A definição da metodologia é essencial, pois fornece ao pesquisador um caminho claro para desenvolver o estudo de maneira coerente e fundamentada. Diante disso, este capítulo apresenta os métodos de pesquisa, desenvolvimento e avaliação utilizados, detalhando as escolhas metodológicas adotadas ao longo do trabalho.

3.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA

A metodologia científica adotada neste trabalho é de natureza exploratória, com abordagem mista, qualitativa e quantitativa, e classifica-se como uma pesquisa aplicada. A próxima seção detalha e justifica essas escolhas.

3.1.1 Classificação Metodológica

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada. Segundo [Creswell e Creswell \(2021\)](#), a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Neste contexto, o foco está na solução de dificuldades de aprendizagem na disciplina de Estruturas de Dados ([MTAHO; MSELLE, 2024](#)) por meio do desenvolvimento e avaliação de um jogo sério ([MOUAHEB et al., 2012](#)).

A natureza da pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que se propõe investigar uma abordagem não tradicional e relativamente inexplorada no contexto educacional: o ensino implícito de estruturas de dados através de um jogo sério. Pesquisas exploratórias visam proporcionar maior familiaridade com um problema, permitindo aprofundar a compreensão sobre novas perspectivas e práticas pedagógicas ([CRESWELL; CRESWELL, 2021](#)). Neste trabalho, o objetivo é verificar a viabilidade e a aceitação inicial da ferramenta proposta junto a usuários reais, coletando evidências que possibilitem a formulação de hipóteses para investigações futuras.

A abordagem do problema é mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos para proporcionar uma análise abrangente. A abordagem quantitativa foi realizada por meio da coleta de dados estruturados utilizando o questionário MEEGA+ ([PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020](#)), adaptado conforme necessário, permitindo a mensuração objetiva de fatores como usabilidade, conteúdos abordados e experiência do jogador através de escalas Likert ([LIKERT, 1932](#)). Já os dados qualitativos foram obtidos por meio da análise de perguntas

abertas presentes no formulário de avaliação, permitindo captar percepções subjetivas, sugestões e críticas detalhadas dos participantes que não seriam identificadas apenas pelos dados numéricos (CRESWELL; CRESWELL, 2021).

3.1.2 Etapas da Pesquisa

Esta pesquisa foi composta por diversas etapas e teve início com uma Revisão Bibliográfica, por meio da qual foram identificadas publicações acadêmicas e aplicações relacionadas ao uso de jogos sérios no ensino de conceitos de programação. Essa etapa proporcionou uma visão das abordagens já utilizadas, seus resultados e os conceitos mais frequentemente aplicados.

Em seguida, foi idealizado e desenvolvido um jogo sério com base na metodologia ENgAGED (BATTISTELLA; WANGENHEIM, 2016) adaptada. Esse processo envolveu diversas fases como a concepção pedagógica, o design e a implementação do jogo proposto.

Posteriormente, realizou-se a coleta de dados por meio do modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020), recomendado pela metodologia ENgAGED. Nessa etapa, foram empregadas técnicas qualitativas e quantitativas com o objetivo de avaliar a experiência dos participantes, a usabilidade do jogo e a assimilação dos conteúdos implícitos presentes nas mecânicas desenvolvidas.

Por fim, realizou-se a análise e discussão dos resultados. Essa etapa envolveu o cruzamento dos dados obtidos com os objetivos da pesquisa, a fim de verificar se o jogo efetivamente representou, de forma consistente, os conceitos de estruturas de dados e, sobretudo, se proporcionou aos participantes uma experiência engajadora, divertida e motivadora.

3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do jogo sério foi adotada, de forma adaptada, a metodologia ENgAGED, proposta por Battistella e Wangenheim (2016). O processo integra princípios de design instrucional com design de jogos, estruturando o desenvolvimento em fases sistemáticas que asseguram coerência pedagógica. Essa abordagem é particularmente adequada para projetos que buscam equilibrar objetivos educacionais com experiências lúdicas envolventes, evitando a falha comum de priorizar apenas um dos aspectos em detrimento do outro.

O processo ENgAGED estrutura-se em cinco fases principais, cada uma com objetivos e artefatos específicos. A seguir, cada fase é descrita e contextualizada para o desenvolvimento do jogo proposto.

3.2.1 Fase 1: Análise da Unidade Instrucional

A primeira fase concentra-se na análise do contexto educacional, da definição do público-alvo e na especificação dos objetivos de aprendizagem que orientarão todo o desenvolvimento.

A1.1 - Especificação da Unidade Instrucional

A unidade instrucional foi definida como o ensino de conceitos fundamentais de estruturas de dados (pilha, fila e lista) no contexto de cursos de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas ou disciplinas correlatas de Computação. O foco está em permitir que os aprendizes compreendam o funcionamento dessas estruturas e suas operações básicas (inserção, remoção e ordenação) de forma prática e contextualizada. Os objetivos de aprendizagem específicos incluem:

- Compreender o funcionamento de estruturas de dados lineares (pilha, fila e lista);
- Identificar as diferenças entre operações LIFO (último a entrar, primeiro a sair) e FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair);
- Aplicar conceitos de manipulação de estruturas em cenários de resolução de problemas;

A1.2 - Caracterização dos Aprendizes

O público-alvo deste estudo comprehende estudantes de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas ou cursos correlatos na área de Computação, com idade entre 18 e 50 anos, que possuam acesso a computadores pessoais equipados com sistema operacional capaz de executar navegadores modernos, e que utilizem teclado e mouse como principais formas de interação.

Embora o jogo tenha sido projetado com esse público em mente, sua acessibilidade permite que qualquer pessoa interessada em jogos de forma geral possa participar, sem exigir conhecimento prévio explícito de estruturas de dados.

A1.3 - Definição dos Objetivos de Desempenho

Ao final da experiência com o jogo, espera-se que o jogador seja capaz de diferenciar visualmente e logicamente os comportamentos LIFO (*Last In, First Out*) e FIFO (*First In, First Out*), aplicar operações de inserção (*push/enqueue*) e remoção (*pop/dequeue*) para resolver problemas práticos, e compreender a necessidade de ordenação de dados para otimização de buscas.

3.2.2 Fase 2: Projeto da Unidade Instrucional

A segunda fase dedica-se ao design instrucional, definindo como os conteúdos serão apresentados, como será realizada a avaliação e quais estratégias pedagógicas serão empregadas.

A2.1 - Definição da Avaliação do Aprendiz

A avaliação é incorporada diretamente nas mecânicas do jogo, funcionando como mecanismo de feedback contínuo:

- **Avaliação Formativa Implícita:** ao realizar combinações corretas de elementos alquímicos, o jogador recebe feedback positivo instantâneo (sucesso na ação);
- **Avaliação por Penalidade:** combinações incorretas resultam em penalidade (perda de pontos de vida e feedback visual), estimulando o jogador a refletir sobre suas ações e ajustar sua estratégia;
- **Métricas de Desempenho:** ao final de cada fase, são registradas métricas como tempo de conclusão, tentativas, erros e acertos de combinações.

Essa abordagem de avaliação está alinhada ao construcionismo ([PAPERT, 1993](#)), pois permite que o aprendiz construa seu conhecimento através da exploração, tentativa e erro, em um ambiente seguro onde o fracasso é parte do processo de descoberta.

A2.2 – Definição do Conteúdo e da Estratégia Instrucional

Nesta atividade foram definidos o conteúdo educacional e o seu sequenciamento ao longo do jogo, considerando que a estratégia instrucional adotada é a Aprendizagem Baseada em Jogos ([COFFEY, 2009](#)). Assim, os conceitos são organizados de forma progressiva, acompanhando uma curva de complexidade crescente e integrando-se diretamente às mecânicas propostas.

O conteúdo selecionado aborda operações fundamentais em estruturas de dados lineares. A progressão instrucional foi estruturada da seguinte forma:

- **Push, Enqueue e Inserção em Lista:** introdução do conceito de inserção no topo de uma pilha, no final de uma fila e em uma lista encadeada;
- **Pop, Dequeue e Remoção em Lista:** remoção do topo da pilha, do início da fila e de uma lista encadeada;
- **Iteração em lista:** percorrer e acessar os elementos de forma sequencial de uma lista encadeada;

O sequenciamento desses conteúdos foi planejado para que cada conceito seja apresentado no momento em que sua aplicação se torna necessária para a resolução de desafios do jogo. Dessa forma, a aprendizagem ocorre de maneira contextualizada, permitindo ao jogador compreender os princípios das estruturas de dados a partir da experimentação e da interação com as mecânicas. A abordagem favorece a aprendizagem implícita, característica dos jogos educacionais, na qual o domínio conceitual emerge naturalmente da prática realizada durante o *gameplay*.

A2.3 - Decisão sobre Desenvolvimento ou Reutilização

Optou-se pelo **desenvolvimento original do jogo**. Essa decisão baseou-se em:

- Inexistência de jogos disponíveis que integrem, de forma implícita, mecânicas de estruturas de dados com uma temática fantasiosa e estilo visual em *pixel art*¹.
- Necessidade de controle total sobre a implementação das estruturas de dados para garantir precisão pedagógica;
- Oportunidade de customizar completamente a narrativa, visual e mecânicas para alinhar com os objetivos educacionais específicos;

A2.4 - Revisão do Modelo de Avaliação

O modelo de avaliação adotado segue o **MEEGA+** (Modelo para Avaliação de Jogos Educacionais) (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020), aplicado de forma adaptada ao contexto de jogos sérios. A avaliação considera três dimensões fundamentais:

- **Experiência do Usuário:** satisfação geral e disposição do jogador em recomendar o jogo.
- **Usabilidade:** clareza da interface, facilidade de uso e compreensão das ações disponíveis;
- **Conteúdo:** percepção do usuário quanto aos conceitos apresentados;

A descrição completa da metodologia de avaliação utilizada, incluindo o instrumento adaptado do MEEGA+, encontra-se na [seção 3.3](#).

3.2.3 Fase 3: Desenvolvimento do Jogo Sério

Esta fase abrange as etapas práticas de implementação: levantamento de requisitos, concepção visual e narrativa, design de mecânicas e implementação técnica. Esta etapa será mais aprofundada no [Capítulo 5](#).

¹ técnica e estética gráfica baseada na construção de imagens pixel a pixel.

3.2.4 Fase 4: Execução da Unidade Instrucional

A quarta fase consistiria na aplicação do jogo em contextos educacionais reais, integrando-o às atividades de sala de aula como ferramenta complementar de ensino. Nessa etapa, seriam realizadas sessões de uso supervisionado, coleta sistemática de dados e análise das percepções dos estudantes, conforme previsto pela metodologia ENgAGED.

Entretanto, devido às limitações de tempo no cronograma deste trabalho, a execução da unidade instrucional não pôde ser realizada. Assim, sua implementação prática permanece como continuidade natural deste estudo, devendo ser conduzida em trabalhos futuros, aprofundados na [seção 7.4](#).

3.2.5 Fase 5: Avaliação da Unidade Instrucional

A quinta fase corresponderia à avaliação da unidade instrucional, cujo objetivo é verificar a efetividade global do jogo enquanto ferramenta educacional, analisando seu impacto na aprendizagem, na usabilidade e no engajamento dos estudantes. Essa etapa demandaria a aplicação do jogo em um contexto formal de ensino, com acompanhamento docente e coleta estruturada de evidências de aprendizagem.

Assim como na fase anterior, essa avaliação educacional não pôde ser conduzida dentro do escopo deste trabalho devido a limitações de tempo e à ausência de aplicação em sala de aula. Sua execução permanece como trabalho futuro, conforme apresentado na [seção 7.4](#), visando permitir a validação empírica do potencial pedagógico do jogo e o aprimoramento de suas mecânicas instrucionais.

Entretanto, realizou-se uma avaliação complementar utilizando o modelo MEEGA+, voltada à análise da experiência do usuário e da usabilidade do jogo no contexto de entretenimento. Essa aplicação permitiu observar aspectos relacionados ao engajamento, clareza da interface e percepção geral do jogador, embora não abarque de forma completa os componentes pedagógicos envolvidos na aprendizagem de Estrutura de Dados.

3.2.6 Síntese da Metodologia de Desenvolvimento

A adoção da metodologia ENgAGED assegura que o desenvolvimento do jogo mantenha uma coerência sistemática, integrando de forma contínua princípios de design educacional ao design de jogos, fundamentados na aprendizagem baseada em jogos ([COFFEY, 2009](#)). Ao organizar o processo em fases bem definidas, cada uma com artefatos específicos e objetivos claros, a metodologia garante que:

- O conteúdo educacional está solidamente fundamentado em objetivos de aprendizagem

bem definidos;

- As mecânicas do jogo refletem os conceitos de estruturas de dados de forma implícita, promovendo aprendizado significativo;
- A experiência lúdica é priorizada, mantendo o jogo divertido e engajador;

Dessa forma, este trabalho configura-se não apenas como um exercício acadêmico de desenvolvimento de software, mas também como uma possível contribuição metodologicamente estruturada para o campo da educação em computação, em especial, no que se refere à inovação de estratégias que tornem o ensino de estruturas de dados mais motivador, prático e efetivo.

3.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A avaliação do jogo proposto será conduzida com base no modelo MEEGA+, desenvolvido por [Petri, Wangenheim e Borgatto \(2020\)](#), utilizado aqui de forma adaptada para o contexto de jogos sérios. O modelo fornece um instrumento validado para avaliar a experiência do jogador e a usabilidade, dimensões que compõem os fatores de qualidade estabelecidos pelos autores após análise fatorial com 843 participantes avaliando 18 jogos diferentes, garantindo consistência interna e validade de construto.

3.3.1 Participantes e Contexto

A avaliação foi disponibilizada para estudantes da área de Computação, especialmente aqueles matriculados em disciplinas introdutórias relacionadas a estruturas de dados. A participação foi voluntária, e os jogadores foram convidados a experimentar o protótipo desenvolvido, podendo avançar no jogo até onde fossem capazes.

Além dos estudantes, qualquer pessoa com acesso ao jogo pôde avaliá-lo, considerando que o título utiliza ensino implícito e não requer conhecimento prévio sobre estruturas de dados. Assim, a coleta buscou alcançar tanto o público-alvo acadêmico quanto usuários gerais, ampliando a diversidade das percepções obtidas.

3.3.2 Procedimentos de Coleta de Dados

Ao término da sessão de jogo, os participantes responderam a um questionário baseado no MEEGA+, composto por afirmações avaliadas em escala Likert de 5 pontos ([LIKERT, 1932](#)). O instrumento coleta dados referentes às seguintes dimensões:

- **Experiência do Jogador:** imersão, diversão, engajamento e desafio percebido;

- **Usabilidade:** clareza das instruções, facilidade de uso, coerência interface-jogo e percepção geral de naveabilidade.
- **Conteúdo:** relevância dos conteúdos aplicados.

Também foi incluída algumas perguntas abertas para coleta de *feedback* qualitativo, permitindo identificar sugestões, dificuldades e percepções não capturadas pelos itens fechados.

3.3.3 Instrumento de Avaliação MEEGA+

O instrumento foi elaborado com base no [Apêndice A](#) e organiza seus itens em três dimensões principais:

1. **Experiência do Jogador:** mede engajamento, imersão, motivação, concentração e percepção de desafio;
2. **Usabilidade:** avalia clareza, intuitividade, facilidade de interação e compreensão da interface.
3. **Conteúdo:** Verifica se o conteúdo aplicado é relevante.

Embora grande parte dos itens siga a formulação original proposta por [Petri, Wangenheim e Borgatto \(2020\)](#), algumas afirmações foram adaptadas, removidas ou acrescentadas para adequar o instrumento ao contexto de um jogo sério voltado ao ensino implícito de conceitos de Estrutura de Dados. A [Tabela 2](#) apresenta todas as adaptações realizadas, as perguntas que foram efetivamente aplicadas aos participantes estão presentes no [Apêndice A](#).

Tabela 2 – Itens do questionário do modelo MEEGA+ adaptados

Dimensão	Subdimensão	Item	Descrição do Item
Experiência do Jogador	Engajamento	1	O jogo conseguiu manter o meu interesse.
	Engajamento	2	Eu estava motivado para continuar jogando.
	Engajamento	3	O jogo apresentou estímulos que mantiveram a minha atenção.
	Diversão	4	Jogar este jogo foi divertido.
	Satisfação	5	Senti satisfação ao completar desafios ou derrotar inimigos.
	Satisfação	6	Eu recomendaria este jogo para meus colegas.
	Desafio	7	O nível de desafio foi adequado para mim.
	Desafio	8	Os desafios me incentivaram a tentar melhorar.

Continua na próxima página

Dimensão	Subdimensão	Item	Descrição do Item
	Imersão	9	Eu estava tão envolvido no jogo que perdi a noção do tempo.
	Imersão	10	Eu esqueci do ambiente ao meu redor enquanto jogava.
Usabilidade	Estética	11	O design do jogo é atraente.
	Estética	12	Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.
	Aprendibilidade	13	Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.
	Operabilidade	14	Eu considero que o jogo é fácil de jogar.
	Operabilidade	15	As regras do jogo são claras e compreensíveis.
	Acessibilidade	16	As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.
	Acessibilidade	17	As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.
	Proteção Contra Erros do Usuário	18	Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.
Conteúdo	Relevância	19	Os conceitos de estruturas de dados (pilha, fila e lista encadeada) foram bem representados no jogo, mesmo que de forma implícita.
	Relevância	20	O jogo é útil para treinar conceitos já conhecidos.
	Relevância	21	A abordagem implícita (ensinar sem explicar diretamente) foi positiva.

Fonte: (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020), editado por Autor

De modo geral, as perguntas removidas não se adequavam aos objetivos deste trabalho ou não constituíam seu foco principal. Além disso, alguns itens relacionados ao conteúdo de ensino foram reorganizados e passaram a compor uma nova dimensão.

3.3.4 Análise dos Dados

Os dados quantitativos serão examinados por meio de estatísticas descritivas, considerando medidas como média, mediana e desvio padrão.

Já as respostas abertas serão analisadas qualitativamente por meio de categorização temática, a fim de identificar padrões, percepções recorrentes e *insights* sobre a experiência de uso e o potencial educativo do jogo.

3.3.5 Limitações

A avaliação realizada contemplou apenas aspectos relacionados à experiência do jogador, à usabilidade e à relevância do conteúdo. A etapa de avaliação educacional completa, que envolve a aplicação do jogo em um ambiente real de ensino, não pôde ser conduzida dentro do escopo deste trabalho e é indicada como continuidade do projeto na [seção 7.4](#). Ainda assim, a metodologia adotada fornece um procedimento estruturado que poderá orientar a validação empírica do jogo em estudos futuros.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta uma revisão dos trabalhos existentes que combinam jogos sérios com o ensino de conceitos de programação. O conteúdo está organizado em duas partes: a primeira aborda pesquisas acadêmicas relacionadas ao tema, enquanto a segunda explora jogos já existentes com propostas semelhantes. Ao final, é apresentada uma síntese geral dos principais aspectos identificados nos trabalhos analisados.

4.1 ARTIGOS

Foi realizada uma pesquisa na plataforma *Google Scholar* com o objetivo de identificar trabalhos correlatos desenvolvidos nos últimos cinco anos (2021 a 2025). Utilizaram-se as palavras-chave “Estrutura de Dados”, “Jogo Sério” e “Desenvolvimento”, o que resultou inicialmente em um total de 45 artigos.

Após uma análise preliminar, 40 artigos foram descartados por não envolverem o desenvolvimento de um jogo ou por tratarem de jogos cuja temática não estava relacionada à área de programação. Com isso, restaram 5 artigos para uma avaliação mais aprofundada.

Os artigos selecionados para essa etapa de análise detalhada foram aqueles que atenderam simultaneamente aos seguintes critérios: aplicação de jogo sério no ensino de programação e apresentação de um protótipo funcional ou em desenvolvimento. Sendo estes:

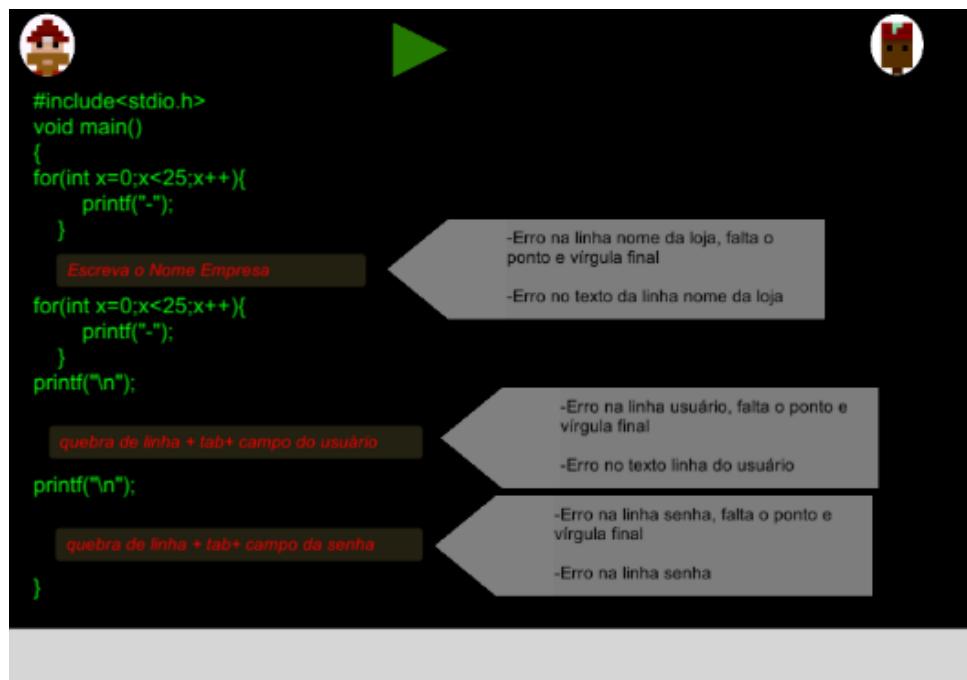
4.1.1 CodingJob: Um jogo sério para auxiliar nas disciplinas de Linguagem de Programação C

A dissertação CodingJob ([COSTA et al., 2023](#)) apresenta um jogo sério que fornece um ambiente para prática dos conhecimentos da disciplina de Linguagem de Programação I utilizando a linguagem C, não abrangendo nenhum conceito de Estruturas de Dados.

Este é um jogo *puzzle* que apresenta desafios de programação, simulando um ambiente de trabalho, o objetivo do jogador é arrumar as seções de códigos necessárias. Por se tratar de um simulador, o conteúdo didático deste é ensinado de forma explícita.

Por fim, identificou-se que o projeto analisado apresentou boa aceitação por parte dos alunos participantes. O estudo também revelou que a narração exerce um impacto mais significativo do que o inicialmente previsto na motivação dos jogadores. Dessa forma, a construção de um enredo mais envolvente se mostra uma característica fundamental a ser considerada em futuras melhorias, com o objetivo de aumentar o engajamento dos usuários ([COSTA et al., 2023](#)).

Figura 1 – Captura de tela do jogo CodingJob

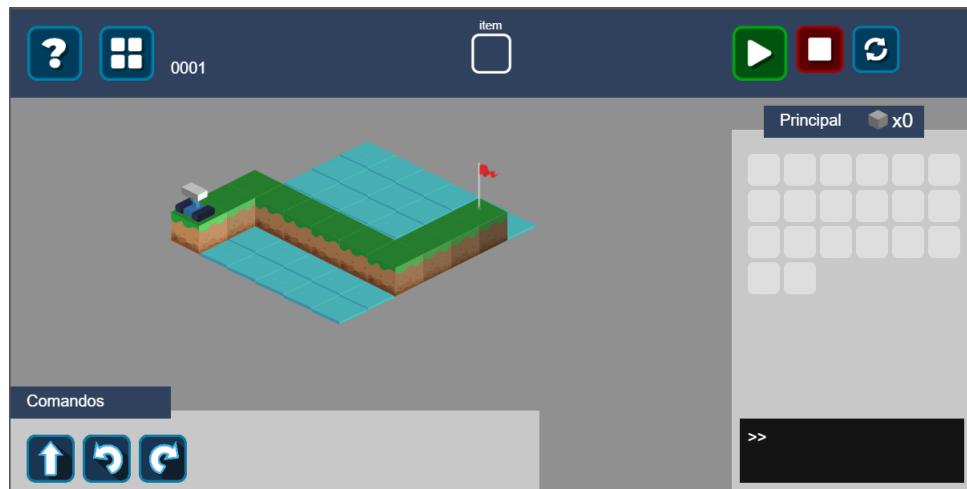
Fonte: ([COSTA et al., 2023](#))

4.1.2 CodeBô: Design e avaliação de um puzzle game para o ensino de Estrutura de Dados

O intuito do projeto CodeBô ([ARAUJO; SILVA, 2025](#)) foi desenvolver um jogo digital isométrico de *puzzles* que se baseia na mecânica do *lightBot*, um jogo mobile educacional conceituado, mecânica esta que consiste em selecionar uma ordem de movimentos que o personagem deve executar para se mover até um local específico.

O jogo CodeBô utiliza essas mecânicas para ensinar conceitos como Pensamento Computacional, pilhas, filas e listas. ([ARAUJO; SILVA, 2025](#))

Figura 2 – Captura de tela do jogo CodeBô

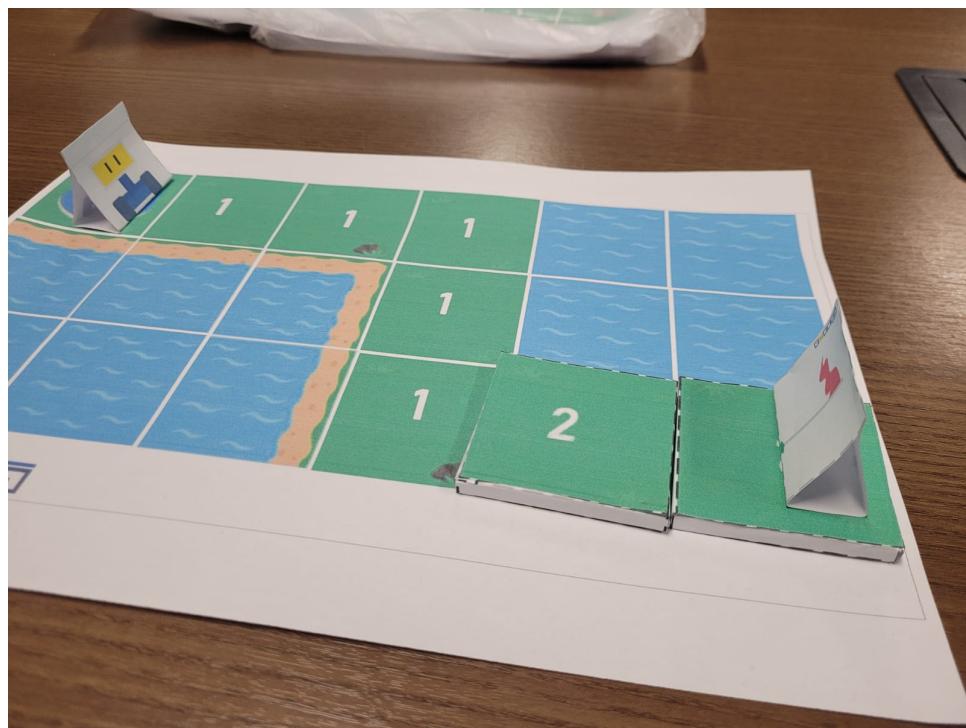


Fonte: (ARAUJO; SILVA, 2025)

4.1.3 CodeBo Unplugged: Um jogo desplugado para o ensino de Pilha

O jogo de tabuleiro CodeBo Unplugged ([CERQUEIRA; SILVA; ARAUJO, 2023](#)) foi desenvolvido com o intuito de ensinar a estrutura de dados Pilha a alunos do ensino fundamental de forma lúdica, utilizando elementos como robôs e mapas que aumentam em dificuldade de forma progressiva. ([CERQUEIRA; SILVA; ARAUJO, 2023](#))

Figura 3 – Foto do tabuleiro de CodeBô Unplugged

Fonte: ([CERQUEIRA; SILVA; ARAUJO, 2023](#))

4.1.4 Desenvolvimento de um Jogo para Auxílio no Ensino de Estruturas de Dados

Durante o trabalho de conclusão de curso intitulado “Desenvolvimento de um Jogo para Auxílio no Ensino de Estruturas de Dados”, foi desenvolvido um jogo digital mobile com o intuito de facilitar e auxiliar o ensino, a aprendizagem e a visualização dos conceitos de algoritmos de busca da disciplina de Estrutura de Dados.

A tecnologia utilizada para desenvolver este jogo foi a linguagem de programação Dart, em conjunto com o framework Flutter.

Por se tratar de um *quiz*, a abordagem de ensino é explícita. ([GLATZ et al., 2023](#))

Figura 4 – Captura de tela do jogo para auxiliar em estrutura de dados



Fonte: ([GLATZ et al., 2023](#))

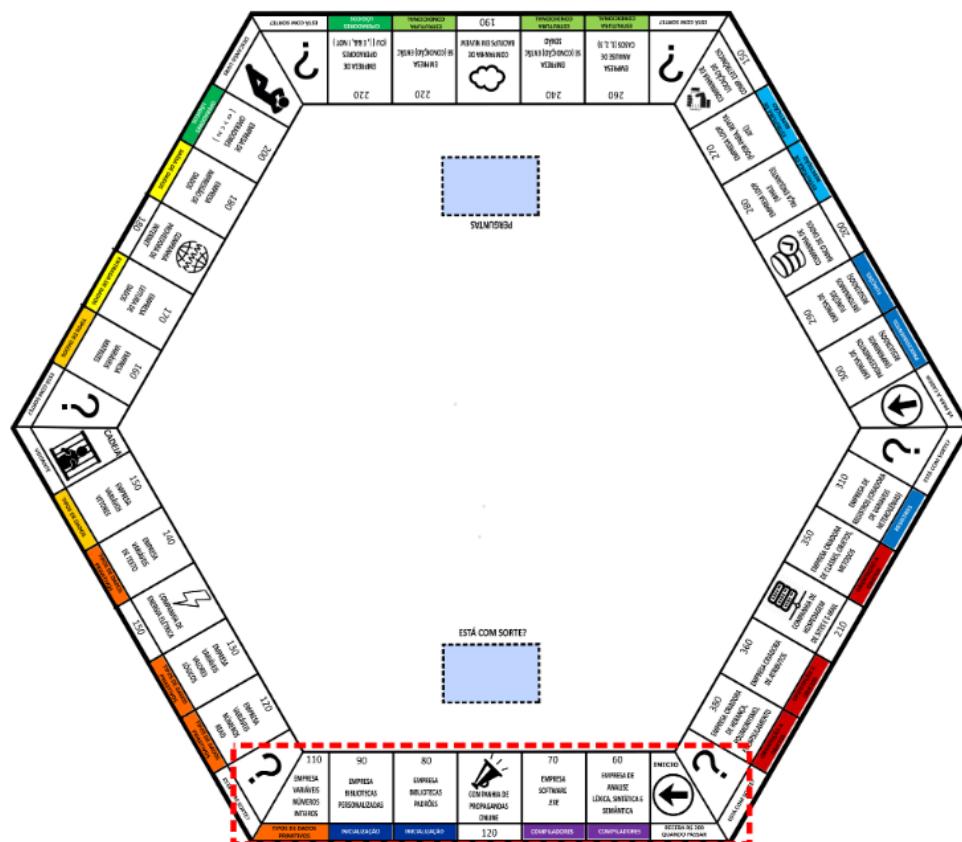
4.1.5 Prog-poly: Jogo de tabuleiro baseado no monopoly para ajudar nos estudos de linguagem de programação e engenharia de software

Durante o trabalho de pesquisa de mestrado Prog-poly ([NASCIMENTO et al., 2022](#)), foi desenvolvido um jogo de tabuleiro com o intuito de facilitar e auxiliar a aprendizagem de temas como linguagem de programação e engenharia de software.

Este jogo foi baseado na mecânica do clássico jogo de tabuleiro Monopoly, onde cada jogador deve comprar propriedades no tabuleiro. Entretanto, este jogo se diferencia pois para ter a oportunidade de comprar a propriedade, o jogador deve responder de forma correta perguntas a respeito de ILPC (Introdução Linguagem de Programação C) e, somente se acertar, poderá adquirir a propriedade, caso possua dinheiro suficiente. Ganhador o jogador que possuir a maior quantidade de dinheiro e propriedades.

Este Jogo se caracteriza por ser um jogo com uma abordagem de ensino explícita, pois se trata de um *quiz*. ([NASCIMENTO et al., 2022](#))

Figura 5 – Captura de tela do tabuleiro de Prog-poly



Fonte: (NASCIMENTO et al., 2022)

Por fim, realizou-se uma comparação entre os trabalhos correlatos a fim de identificar características recorrentes, como apresentado na [Tabela 3](#).

4.1.6 Comparação dos artigos

Com base na análise dos cinco trabalhos selecionados, observa-se uma variedade de abordagens no uso de jogos sérios para o ensino de conceitos de programação. Cada proposta apresenta escolhas distintas quanto aos conceitos abordados, estilo visual, mecânicas de interação e a forma como os conteúdos educacionais são apresentados ao jogador.

A Tabela 3 a seguir apresenta uma síntese comparativa dos trabalhos analisados, destacando os aspectos centrais de cada proposta e os elementos recorrentes identificados entre eles. Os critérios utilizados para a comparação incluem:

- **Jogo Digital (JD):** Indica se o jogo é digital ou físico.
 - **Conceitos de Estrutura de Dados (CED):** Quais conceitos foram abordados: Pilha (P), Fila (F), Lista (L), Lista Encadeada (LE), Lista Duplamente Encadeada (LDE), Árvore Binária (AB), Algoritmo de Busca (B) e Algoritmo de Ordenação (O).

- **Forma de Abordagem Educacional (Ensino):** Define se o ensino é tratado de forma explícita ou implícita.
- **Estilo:** Representação visual do jogo.
- **Gênero:** Categoria do jogo.

Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos relacionados

Trabalho	JD	CED	Ensino	Estilo	Gênero
CodingJob	Sim	-	Explícito	Simulador	Puzzle
CodeBô	Sim	F,L,P,B	Implícito	Isométrico	Puzzle
CodeBo Unplugged	Não	P	Implícito	Tabuleiro	Puzzle
AuxED	Sim	B	Explícito	P&C	Puzzle
Prog-poly	Não	-	Explícito	Tabuleiro	Quiz

Fonte: Autor

4.2 APLICATIVOS

Em uma busca realizada nas plataformas *Play Store* e *App Store*, para aplicativos móveis, e nas plataformas *Steam* e *Itch.io*, para jogos digitais, foram identificados jogos correlatos. Utilizaram-se as palavras-chave “Programação”, “Estrutura de Dados” e “Jogo Educacional”, resultando inicialmente em um total de 262 jogos encontrados.

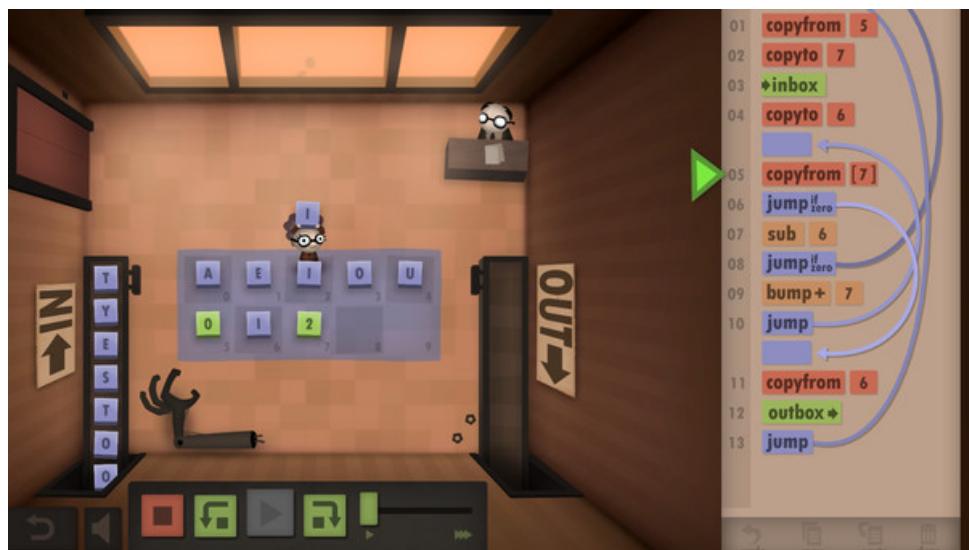
Após uma análise preliminar, 258 jogos foram descartados por não se enquadarem nos critérios da pesquisa. A maioria consistia em questionários ou aplicativos de ensino que não se configuravam como jogos, enquanto outros apresentavam temáticas não relacionadas à programação. Com isso, restaram 4 jogos para a etapa de avaliação mais detalhada.

4.2.1 Human Resource Machine

Jogo de *puzzle* desenvolvido pela *Tomorrow Corporation*, tem como intuito ensinar lógica de programação de forma lúdica utilizando uma ambientação no meio corporativo, onde em cada fase o seu chefe lhe dá um trabalho e o seu objetivo é automatizar este trabalho programando pequenos trabalhadores para tal tarefa, e se você tiver sucesso nesta tarefa, será “promovido” para a próxima fase.

Com uma narrativa motivadora e envolvente, o jogo Human Resource Machine, se caracteriza como um jogo com ensino explícito. ([Tomorrow Corporation, 2015](#))

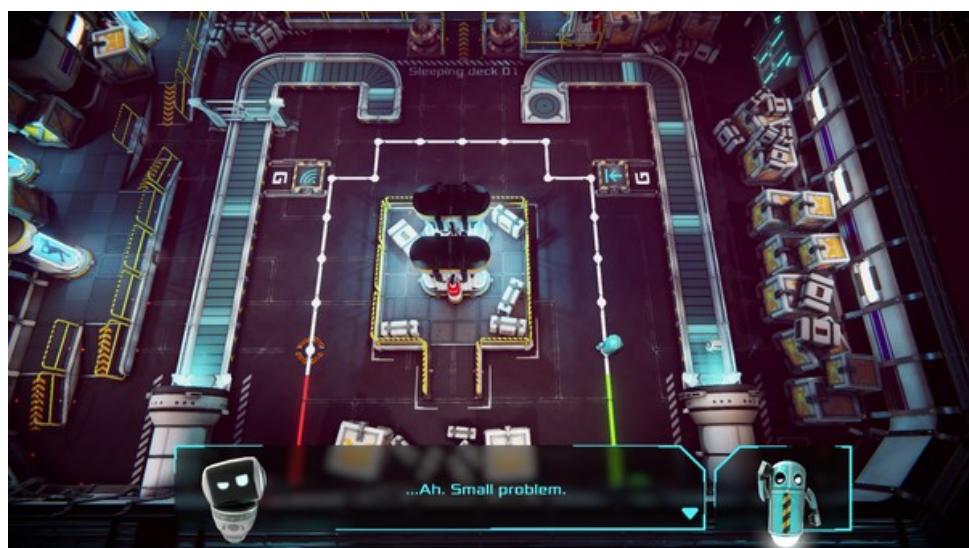
Figura 6 – Captura de tela do jogo Human Resource Machine

Fonte: ([Tomorrow Corporation, 2015](#))

4.2.2 AlgoBot

Jogo de *puzzle* desenvolvido pela *Fishing Cactus*, tem como intuito ensinar algoritmos de forma lúdica utilizando uma ambientação futurística, onde o jogador terá o papel de operador que deverá criar uma sequência de comandos para o Algo Bot executar, seu objetivo é resolver puzzles para terminar a sua missão de reciclagem. ([Fishing Cactus, 2018](#))

Figura 7 – Captura de tela do jogo AlgoBot

Fonte: ([Fishing Cactus, 2018](#))

4.2.3 MOP’N SPARK

Jogo de *puzzle* desenvolvido pela *Omoplata Games*, tem como intuito ensinar algoritmos de forma lúdica utilizando uma ambientação fantasiosa, onde o jogador deverá criar uma sequência de comandos para que os personagens Bepp e Gola alcancem os seus objetivos. ([Omoplata Games, 2025](#))

Figura 8 – Captura de tela do jogo MOP’N SPARK



Fonte: ([Omoplata Games, 2025](#))

4.2.4 Iron Ears: Data Structure

Iron Ears é um jogo do gênero *puzzle*, desenvolvido pela *NPC42 Games*, com o objetivo de ensinar conceitos de estruturas de dados de forma interativa. Ambientado em um universo fictício habitado por animais antropomorfizados, com inteligência e racionalidade comparáveis às humanas.

O jogo coloca o jogador no papel de um coelho humanoíde encarregado de projetar e operar linhas de montagem de *Mechs*. Esses robôs são essenciais na resistência contra uma facção hostil que busca dominar o mundo.

A mecânica do jogo integra diretamente estruturas de dados clássicas, como listas, filas e pilhas, aos sistemas de produção, exigindo que o jogador aplique esses conceitos para resolver desafios e otimizar os processos de fabricação. ([NPC42 Games, 2020](#))

Figura 9 – Captura de tela do jogo Iron Ears

Fonte: ([NPC42 Games, 2020](#))

No tópico a seguir, é apresentada uma comparação entre os aplicativos selecionados.

4.2.5 Comparação dos aplicativos

A análise dos jogos selecionados revela uma variedade de abordagens no uso de jogos sérios voltados ao ensino de lógica de programação. No entanto, observa-se uma presença ainda limitada de propostas que exploram conceitos de estruturas de dados de maneira mais aprofundada.

A [Tabela 4](#) apresenta uma síntese comparativa dessas iniciativas, destacando os principais elementos de cada proposta. Os critérios utilizados para esta comparação foram:

- **Conceitos de Estrutura de Dados (CED):** Quais conceitos foram abordados: Pilha (P), Fila (F), Lista (L).
- **Forma de Abordagem Educacional (Ensino):** Define se o ensino é tratado de forma explícita ou implícita.
- **Estilo:** Representação visual do jogo.
- **Gênero:** Categoria do jogo
- **Gratuito:** Indica se o jogo está disponível gratuitamente.
- **Avaliação:** Nota atribuída com base no sistema de avaliação da plataforma onde o jogo é disponibilizado.

Nos casos em que o jogo está disponível em plataformas que não possuem sistema de avaliação integrado (como o *itch.io*), ou em que não há avaliações registradas, a avaliação é considerada **indefinida**.

Para os jogos disponíveis na Steam, foi utilizada uma conversão aproximada baseada na porcentagem de avaliações positivas, conforme mostrado na [Tabela 5](#).

Tabela 4 – Comparaçao entre os jogos relacionados

Trabalho	CED	Ensino	Estilo	Gênero	Gratuito	Avaliação
Human R.M.	-	Explícito	<i>Top Down</i>	<i>Puzzle</i>	Não	4.5
AlgoBot	-	Implícito	<i>Top Down</i>	<i>Puzzle</i>	Não	4.2
MOP’N SPARK	-	Implícito	Plataformer	<i>Puzzle</i>	Indefinido	Indefinido
Iron Ears	P,F,L	Implícito	<i>Drag & Drop</i>	<i>Puzzle</i>	Sim	Indefinido

Fonte: Autor

Tabela 5 – Conversão do Sistema de Avaliação da Steam para um sistema numeral de 1 a 5

Porcentagem de Avaliações Positivas	Avaliação Steam	Conversão Aproximada
90% - 100%	Extremamente positivas	4.5 - 5.0
70% - 89%	Muito positivas	3.5 - 4.4
40% - 69%	Neutras	2.0 - 3.4
10% - 39%	Muito Negativas	0.5 - 1.9
0% - 9%	Extremamente negativas	0.0 - 0.4

Fonte: Autor

O cálculo utilizado para a conversão é dado pela [Equação 4.1](#)

$$\text{Porcentagem de Avaliações Positivas} \times \frac{5}{100} \quad (4.1)$$

4.3 SÍNTESE DOS TRABALHOS RELACIONADOS

Com base na análise dos trabalhos e jogos relacionados, observa-se que, embora existam diversas iniciativas que utilizam jogos para o ensino de conceitos de programação, a maioria adota abordagens mais explícitas e centradas em gêneros como *puzzle* e *quizzes*.

Além disso, os conceitos de estruturas de dados são raramente abordados e quando são, costumam ser apresentados de forma segmentada, focando em apenas um ou dois tipos, como pilhas ou filas.

5 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento do jogo sério seguindo a metodologia ENgAGED previamente descrita na [subseção 3.2.3](#). O desenvolvimento foi estruturado em fases práticas, com foco no que foi efetivamente implementado durante este trabalho.

5.1 ANÁLISE DO JOGO E LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Nesta etapa foi realizado o levantamento de requisitos do jogo, com o objetivo de identificar suas funções e funcionalidades essenciais. Além disso, definiu-se a forma de distribuição do conteúdo da Unidade Instrucional (UI), conforme previamente planejado na [subseção 3.2.2](#), garantindo alinhamento entre os elementos pedagógicos e as mecânicas propostas.

5.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem as operações e comportamentos que o sistema deve oferecer para atender aos objetivos propostos. Eles englobam aspectos como manipulação de inventários, mecânicas de combate, progressão do jogador, gerenciamento de estados do jogo e geração de *feedback* educativo. As tabelas compreendidas entre [6](#) e [21](#) apresentam esses requisitos de forma organizada, oferecendo uma visão objetiva e estruturada das funcionalidades essenciais do sistema.

Tabela 6 – Requisito Funcional 01

Identificador	Nome	Prioridade
FR-01	Ponto de controle	Médio
Descrição: O sistema deve possuir um ponto de controle no meio de cada fase, onde o usuário poderá retornar caso falhe.		

Fonte: Autor

Tabela 7 – Requisito Funcional 02

Identificador	Nome	Prioridade
FR-02	Manipular inventários	Alta
Descrição: O sistema deve permitir que os usuários manipulem seus inventários por meio de ações específicas.		

Fonte: Autor

Tabela 8 – Requisito Funcional 03

Identificador	Nome	Prioridade
FR-03	Movimentação do personagem	Alta
Descrição: O sistema deve permitir que o personagem do jogador mova-se para a esquerda e para a direita, pule, realize pulo duplo situacional e responda a parâmetros físicos como gravidade, aceleração e altura de salto.		

Fonte: Autor

Tabela 9 – Requisito Funcional 04

Identificador	Nome	Prioridade
FR-04	Progressão de fases	Médio
Descrição: O sistema deve apresentar fases com ponto inicial e final claramente definidos, permitindo ao jogador avançar progressivamente entre elas.		

Fonte: Autor

Tabela 10 – Requisito Funcional 05

Identificador	Nome	Prioridade
FR-05	Obstáculos de fase	Médio
Descrição: As fases devem conter obstáculos que dificultem o progresso do jogador, como lacunas, objetos quebráveis e inimigos posicionados estratégicamente.		

Fonte: Autor

Tabela 11 – Requisito Funcional 06

Identificador	Nome	Prioridade
FR-06	Inimigos com comportamento	Alta
Descrição: O sistema deve incluir inimigos com comportamentos específicos, como patrulhar, perseguir e atacar. Cada inimigo deve possuir pontos de vida e pode ser derrotado pelo jogador.		

Fonte: Autor

Tabela 12 – Requisito Funcional 07

Identificador	Nome	Prioridade
FR-07	Consumíveis	Médio
Descrição: O sistema deve incluir consumíveis que proporcionem efeitos temporários, como aumento de velocidade de movimento ou aceleração do processo de fabricação de elementos.		

Fonte: Autor

Tabela 13 – Requisito Funcional 08

Identificador	Nome	Prioridade
FR-08	Concluir fase	Alta
Descrição: O sistema deve indicar claramente quando uma fase for concluída, por exemplo ao alcançar o ponto final da área jogável.		

Fonte: Autor

Tabela 14 – Requisito Funcional 09

Identificador	Nome	Prioridade
FR-09	Encerrar partida	Alta
Descrição: O sistema deve encerrar a partida quando o jogador perder todos os pontos de vida ou exceder o limite de tentativas.		

Fonte: Autor

Tabela 15 – Requisito Funcional 10

Identificador	Nome	Prioridade
FR-10	Pontuação	Médio
Descrição: O sistema deve registrar a pontuação do jogador com base no tempo de conclusão da fase e outros critérios relevantes.		

Fonte: Autor

Tabela 16 – Requisito Funcional 11

Identificador	Nome	Prioridade
FR-11	Menu principal	Alta
Descrição: O sistema deve possuir um menu principal com opções para iniciar um novo jogo, acessar as configurações e sair.		

Fonte: Autor

Tabela 17 – Requisito Funcional 12

Identificador	Nome	Prioridade
FR-12	Menu de pausa	Alta
Descrição: O sistema deve possuir um menu de pausa acessível durante a jogabilidade, contendo opções para retomar a partida, voltar ao menu principal e acessar configurações.		

Fonte: Autor

Tabela 18 – Requisito Funcional 13

Identificador	Nome	Prioridade
FR-13	Configurações	Médio
Descrição: O sistema deve permitir que o jogador ajuste configurações como volume, dificuldade e esquema de controles.		

Fonte: Autor

Tabela 19 – Requisito Funcional 14

Identificador	Nome	Prioridade
FR-14	Ranking	Baixa
Descrição: O sistema deve armazenar e exibir pontuações máximas alcançadas pelos jogadores.		

Fonte: Autor

Tabela 20 – Requisito Funcional 15

Identificador	Nome	Prioridade
FR-15	Interface durante a partida	Alta
Descrição: O sistema deve exibir na tela informações relevantes ao jogador, como pontuação, vidas, saúde, mana e outros elementos essenciais.		

Fonte: Autor

Tabela 21 – Requisito Funcional 16

Identificador	Nome	Prioridade
FR-16	Feedback visual	Alta
Descrição: O sistema deve fornecer feedback visual para ações realizadas, como animações de pulo, dano recebido, coleta de itens e interação com o ambiente.		

Fonte: Autor

5.1.2 Requisitos Não-Funcionais

Os requisitos não-funcionais especificam características de qualidade e restrições técnicas que o sistema deve atender para garantir boa experiência de uso, desempenho adequado e facilidade de manutenção. Esses requisitos abrangem aspectos como performance, compatibilidade, usabilidade, estabilidade, acessibilidade e organização interna do código. As tabelas compreendidas entre 22 e 34 apresentam esses requisitos de forma estruturada, permitindo uma visão clara das qualidades esperadas do sistema.

Tabela 22 – Requisito Não Funcional 01

Identificador	Nome	Categoria
NFR-01	Frames por segundo estáveis	Performance
Descrição: O sistema deve manter uma taxa de atualização constante e acima de 30 frames por segundo durante a jogabilidade.		

Fonte: Autor

Tabela 23 – Requisito Não Funcional 02

Identificador	Nome	Categoria
NFR-02	Tempo de carregamento reduzido	Performance
Descrição: O sistema deve apresentar tempos de carregamento curtos ao trocar de fases ou acessar menus.		

Fonte: Autor

Tabela 24 – Requisito Não Funcional 03

Identificador	Nome	Categoria
NFR-03	Alta responsividade	Usabilidade
Descrição: O sistema deve responder de forma imediata às ações do jogador, garantindo precisão na execução de comandos.		

Fonte: Autor

Tabela 25 – Requisito Não Funcional 04

Identificador	Nome	Categoria
NFR-04	Controles intuitivos	Usabilidade
Descrição: O sistema deve oferecer controles claros e de fácil aprendizagem, favorecendo a acessibilidade a novos jogadores.		

Fonte: Autor

Tabela 26 – Requisito Não Funcional 05

Identificador	Nome	Categoria
NFR-05	Acessibilidade	Usabilidade
Descrição: O sistema deve fornecer opções que facilitem o acesso a jogadores com necessidades específicas, incluindo personalização de controles.		

Fonte: Autor

Tabela 27 – Requisito Não Funcional 06

Identificador	Nome	Categoria
NFR-06	Tratamento de erros	Confiabilidade
Descrição: O sistema deve tratar erros de forma adequada, exibindo mensagens informativas e evitando encerramentos inesperados.		

Fonte: Autor

Tabela 28 – Requisito Não Funcional 07

Identificador	Nome	Categoria
NFR-07	Estabilidade	Confiabilidade
Descrição: O sistema deve operar sem travamentos ou falhas críticas que comprometam o andamento da partida.		

Fonte: Autor

Tabela 29 – Requisito Não Funcional 08

Identificador	Nome	Categoria
NFR-08	Persistência de dados	Confiabilidade
Descrição: O sistema deve salvar o progresso do jogador de maneira consistente, evitando perda de dados.		

Fonte: Autor

Tabela 30 – Requisito Não Funcional 09

Identificador	Nome	Categoria
NFR-09	Compatibilidade entre plataformas	Compatibilidade
Descrição: O sistema deve ser compatível com os sistemas operacionais Linux e Windows.		

Fonte: Autor

Tabela 31 – Requisito Não Funcional 10

Identificador	Nome	Categoria
NFR-10	Expansão de fases	Manutenibilidade
Descrição: O sistema deve permitir a fácil adição de novas fases por meio de estruturas internas organizadas.		

Fonte: Autor

Tabela 32 – Requisito Não Funcional 11

Identificador	Nome	Categoria
NFR-11	Qualidade do código	Manutenibilidade
Descrição: O código deve ser escrito de forma clara, modular e documentada, facilitando manutenção e evolução futura.		

Fonte: Autor

Tabela 33 – Requisito Não Funcional 12

Identificador	Nome	Categoria
NFR-12	Estilo visual	Estética
Descrição: O sistema deve manter um estilo visual coerente baseado em <i>pixel art</i> 2D.		

Fonte: Autor

Tabela 34 – Requisito Não Funcional 13

Identificador	Nome	Categoria
NFR-13	Design sonoro	Estética
Descrição: O sistema deve incluir efeitos sonoros e trilhas musicais adequadas ao tema e às ações do jogador.		

Fonte: Autor

Distribuição do conteúdo da Unidade Instrucional

A distribuição do conteúdo da UI foi estruturada para introduzir gradualmente os conceitos relacionados às estruturas de dados ao longo da primeira fase do jogo, acompanhando um aumento progressivo de dificuldade. As funcionalidades são disponibilizadas ao jogador desde o início, porém apresentadas de forma escalonada, favorecendo a assimilação natural das mecânicas e dos princípios envolvidos por meio da interação.

As segunda e terceira fases, que incluem aprofundamento conceitual e expansão narrativa, serão desenvolvidas em trabalhos futuros por exigirem maior tempo e detalhamento, conforme indicado na [seção 7.4](#).

A estratégia instrucional adotada, Aprendizagem Baseada em Jogos ([COFFEY, 2009](#)), incentiva o aprendizado implícito, no qual os conceitos emergem da experiência prática: em vez de instruções explícitas, o progresso ocorre a partir da resolução dos desafios e da exploração das mecânicas, permitindo que o conhecimento seja construído de maneira contextualizada e integrada ao *gameplay*.

5.2 CONCEPÇÃO DO JOGO

Esta seção apresenta o processo de concepção do jogo sério. Aqui são descritos os principais elementos que compõem o jogo, incluindo seus objetivos, narrativa, regras, mecânicas, elementos visuais, sistema de pontuação e feedback educacional, estabelecendo as bases conceituais para o desenvolvimento apresentado nas seções seguintes.

Objetivos do Jogo

O jogador tem como objetivo narrativo principal recuperar sua pesquisa. Para alcançar esse propósito, deverá enfrentar diferentes inimigos e superar diversos obstáculos ao longo das fases, avançando até chegar ao chefe final e derrotá-lo.

Gênero e Perspectiva

O jogo é um **platformer 2D**¹ de fantasia e aventura com perspectiva *side-scrolling*². Essa escolha baseia-se em clássicos como Super Mario Bros e Mega Man, facilitando a adoção do jogo e tornando a experiência intuitiva.

Temática e Narrativa

A narrativa é ambientada em um universo fantasioso de **alquimia** mística e medieval. O protagonista, um alquimista representado como um doutor da peste, tem sua pesquisa sobre a **pedra filosofal** roubada por um rival enquanto viajava para apresentá-la ao Círculo dos Alquimistas, um grupo de estudiosos de grande prestígio.

Seu objetivo passa a ser recuperar essa pesquisa, atravessando diferentes regiões e enfrentando diversos adversários ao longo da jornada, acompanhado ocasionalmente por um gato que surge como aliado em momentos específicos.

Essa narrativa fornece contexto e motivação para as ações do jogador, aumentando o engajamento e criando imersão. O enredo também justifica a presença dos elementos alquímicos como mecanismo central de combate.

Regras

As regras do jogo definem as condições que orientam o comportamento do jogador e do sistema, estabelecendo os limites e critérios que estruturam a experiência interativa. Elas

¹ Gênero de jogo plataforma em duas dimensões

² Estilo de *gameplay* onde o jogador se move horizontalmente e a tela o segue.

determinam as ações permitidas, as consequências de erros e acertos, e os parâmetros que conduzem à progressão ou ao término da fase.

No contexto deste projeto, as regras estão intrinsecamente relacionadas aos objetivos educacionais e narrativos do jogo. O jogador deve explorar o ambiente, realizar combinações de elementos alquímicos e superar desafios seguindo um conjunto de condições previamente definidas. Para progredir, é necessário alcançar o final de cada fase, vencendo os obstáculos e inimigos dispostos ao longo do percurso. Entre as principais regras implementadas, destacam-se:

- O jogador perde pontos de vida ao realizar combinações incorretas de elementos alquímicos ou ao entrar em contato com inimigos e seus respectivos projéteis;
- Cada inventário possui um limite máximo de três elementos;
- A conclusão da fase ocorre mediante a interação do jogador com um objeto específico localizado ao final do nível;
- O tempo total de conclusão influencia diretamente a pontuação final obtida;
- O jogador é penalizado por mortes e erros recorrentes, refletindo os princípios de avaliação formativa e somativa;
- Ao atingir zero pontos de vida, o jogador perde uma tentativa e retorna ao ponto de controle anterior, recuperando integralmente sua vida;
- Caso o jogador fique sem tentativas restantes e volte a atingir zero pontos de vida, a fase é reiniciada, resultando na perda de todo o progresso obtido.

Mecânicas

A seguir, são aprofundadas as principais mecânicas desenvolvidas seguindo, majoritariamente, os requisitos funcionais previamente apresentados na [subseção 5.1.1](#), sendo divididas entre mecânicas centrais e mecânicas genéricas.

Mecânicas Centrais

As mecânicas centrais correspondem aos elementos de jogabilidade diretamente relacionados aos objetivos principais do projeto e à aplicação dos conceitos de estrutura de dados. Elas representam o núcleo funcional do jogo, onde se concentram as interações que concretizam a proposta educacional do desenvolvimento. Na [Tabela 35](#), a seguir, essas mecânicas são apresentadas e descritas, evidenciando como os princípios de estrutura de dados foram incorporados à dinâmica do jogo.

Tabela 35 – Mecânicas Centrais

Mecânica	Descrição
Manipulação de Inventários	Cada inventário é estruturado com base em uma estrutura de dados específica, permitindo, em casos específicos, operações como inserção, remoção, ordenação e movimentação de ponteiros. Essas operações preservam as propriedades de cada estrutura, proporcionando uma experiência prática de seus comportamentos.
Geração de Elementos	Permite ao jogador criar novos elementos mediante o consumo de mana. Os elementos gerados são automaticamente alocados no primeiro espaço livre de um dos inventários, seguindo a ordem da esquerda para a direita.
Consumíveis	Itens de uso estratégico que possibilitam realizar ações diretamente sobre os inventários, como inserir, remover ou ordenar elementos, servindo como ferramentas para reforçar o aprendizado sobre as operações das estruturas de dados.
Mistura de Elementos	Elementos do mesmo tipo podem ser combinados para gerar ataques. O dano causado varia conforme a quantidade de elementos iguais utilizados na combinação. A realização da mistura exige a remoção prévia dos elementos dos inventários correspondentes.
Fraquezas	Cada inimigo apresenta vulnerabilidades específicas a determinados elementos. O jogador deve identificar e combinar corretamente os elementos para maximizar o dano e avançar com eficiência.
Sistema de Pontuação	Calcula o desempenho do jogador com base em múltiplos fatores, como acertos e erros nas combinações, número de tentativas e tempo total para concluir a fase, promovendo uma avaliação quantitativa da performance.
Livro de Tutoriais	aqui são armazenados de forma explícita os tutoriais do jogo para que, caso o jogador se perca, ele possa revisar algo que não tenha entendido.

Fonte: Autor

Mecânicas Genéricas

As mecânicas genéricas compreendem o conjunto de funcionalidades fundamentais que sustentam a jogabilidade e garantem a coerência da experiência interativa. Elas formam a base sobre a qual as demais dinâmicas e desafios são construídos, assegurando que o jogador tenha controle responsável e *feedbacks* claros de suas ações. Na Tabela 36, a seguir, essas mecânicas são apresentadas e descritas de forma a evidenciar seu papel na estrutura fundamental do jogo.

Tabela 36 – Mecânicas Genéricas

Mecânica	Descrição
Movimentação 2D	Permite ao jogador deslocar o personagem em um plano bidimensional, controlando direções horizontais, como andar para a esquerda e direita.
Pulo Responsivo	Define uma mecânica de salto com resposta imediata aos comandos do jogador, garantindo sensação de controle preciso e previsível.
Corrida	Possibilita ao personagem movimentar-se em velocidade aumentada mediante a sustentação de um comando específico, ampliando o dinamismo do deslocamento.
Pontos de Controle	Permitem salvar o progresso do jogador em determinados trechos do nível, reduzindo a frustração causada por reinícios completos e otimizando o fluxo de tentativa e erro.
Tentativas Limitadas	Estabelecem um número máximo de vidas ou tentativas antes do reinício total do nível, criando tensão adicional e incentivando o aprendizado a partir dos erros.
Pontos de Vida	Representam a resistência do personagem diante de danos. Quando os pontos de vida chegam a zero, o jogador sofre penalidades, como perda de progresso ou reinício do nível.
Mana	Recurso utilizado para a geração de elementos, cuja gestão estratégica é necessária para equilibrar poder ofensivo e conservação de energia durante os desafios.
Pulo Duplo Situacional	Permite ao personagem realizar um segundo salto no ar apenas após coletar um orbe específico durante o salto.
Capacidade de Aparar Certos Ataques	O jogador pode bloquear determinados projéteis inimigos utilizando um projétil próprio, neutralizando o dano e evitando impactos diretos.

Fonte: Autor

Elementos do Jogo

Esta seção apresenta os principais elementos que compõem a estrutura e a experiência interativa do jogo. Cada componente foi projetado para contribuir com a jogabilidade, a narrativa e a ambientação, formando um ecossistema coeso entre mecânica e estética. A Tabela 37 descreve os objetos implementados e suas respectivas funções no contexto do jogo.

Tabela 37 – Elementos do jogo e suas descrições

Elemento	Descrição
Entidades Jogáveis e Interativas	
Jogador	Personagem principal, um alquimista caracterizado como um <i>plague doctor</i> , responsável por realizar combinações alquímicas e interagir com o ambiente.
Consumíveis	Itens coletáveis que restauram atributos ou concedem vantagens temporárias.
Fogueira	Ponto de controle utilizado para salvar o progresso e restabelecer o estado do jogador.

Continua na próxima página

Elemento	Descrição
Gato	Personagem auxiliar que fornece dicas e interage em momentos específicos, contribuindo para o enredo e orientação do jogador.
Bandeira	Objeto que indica o término da fase, sendo necessário interagir com ele para que a pontuação final seja exibida.
Inimigos	
Gosma	Inimigo básico que se desloca lateralmente em patrilha constante.
Cogumelo	Inimigo que persegue o jogador ao entrar em seu alcance e libera esporos quando próximo.
Olho Alado	Inimigo aéreo que ataca à distância disparando projéteis.
Ambiente e Cenário	
Objetos de ambientação	Elementos decorativos como grama, arbustos, cercas e rochas.
Partículas	Efeitos visuais dinâmicos como poeira, fumaça, chuva e vagalumes, que enriquecem a atmosfera.
Blocos do cenário	Estruturas modulares que compõem o solo e as plataformas do ambiente de jogo.
<i>Background</i>	Representa o céu e o horizonte, compondo o plano mais distante do cenário.
<i>Background</i> Distante de Árvores	Camada intermediária que exibe árvores ao longe.
<i>Background</i> Próximo	Camada mais próxima ao jogador, contendo árvores e vegetação detalhada.
Camada Frontal de Árvores	Elementos que passam à frente do jogador, criando sensação de profundidade.
Camada Frontal de Rochas e Arbustos	Sombras e detalhes em primeiro plano que reforçam o volume do cenário.
Interface e Menus	
HUD	Interface principal que exibe informações como pontos de vida, tentativas, inventário, livro de tutoriais e botão de pausa.
Mensagens Temporários	Mensagens contextuais apresentadas de forma breve, utilizadas para instruções rápidas.
Menu Principal	Tela inicial que permite o acesso às demais seções do jogo.
Menu de Fases	Interface de seleção de níveis disponíveis.
Menu de Pause	Tela de pausa com acesso às opções e retorno à partida.
Menu de Opções	Acesso às opções de volume e idioma.
Menu de Volume	Controle individual dos níveis sonoros do jogo.
Menu de Linguagem	Seleção de idioma.
Menu de Saída	Opção para encerrar o jogo.

Fonte: Autor

Cabe destacar que nem todos os elementos desenvolvidos nesta etapa estão contemplados na Tabela 37 acima. Alguns objetos secundários e recursos complementares, implementados com o objetivo de aprimorar a imersão e a fluidez da experiência, foram omitidos por não exercerem papel central na dinâmica do jogo.

Pontuação

O sistema de pontuação foi desenvolvido para oferecer uma forma objetiva de mensurar o desempenho do jogador ao longo das partidas. Ao término de cada fase, o jogo apresenta um *feedback* somativo por meio de um relatório de desempenho que sintetiza os resultados obtidos. A pontuação total é calculada a partir de múltiplos fatores, como o número de combinações corretas e incorretas, mortes e tempo total de conclusão, permitindo avaliar tanto a eficiência quanto a precisão das ações realizadas.

Esse cálculo é processado de forma automatizada, garantindo consistência na avaliação e eliminando subjetividades na análise do desempenho. A pontuação final é determinada a partir de uma combinação de fatores relacionados ao tempo de conclusão da fase, ao número de infusões corretas e incorretas, e à quantidade de mortes do jogador.

A fórmula utilizada para o cálculo da pontuação final é expressa pela [Equação 5.1](#), em que cada componente contribui de forma ponderada para o resultado geral:

$$S = (1000 - 10t) + ((100c \cdot f) - 25e) - 150d \quad (5.1)$$

em que:

- S representa a pontuação final obtida pelo jogador;
- t é o tempo total de conclusão da fase (em segundos);
- c é o número de infusões corretas realizadas;
- f corresponde à complexidade da combinação.
- e é o número de infusões incorretas;
- d corresponde ao número de mortes ocorridas.

Feedback Educacional

O sistema de *feedback* educacional foi concebido para reforçar o aprendizado de forma contínua e integrada à experiência de jogo. Sua implementação busca promover uma aprendizagem ativa, na qual o jogador recebe respostas imediatas às suas ações, sem comprometer a fluidez do *gameplay*. Essa dinâmica permite que o processo de experimentação e correção ocorra de maneira natural, favorecendo a compreensão dos efeitos de cada escolha e das relações entre os conceitos de estrutura de dados representados nas mecânicas do jogo.

Os diferentes tipos de *feedback* foram projetados para atuar em múltiplos níveis de interação, variando de respostas visuais imediatas a avaliações formativas sutis, conforme sua

função no processo de aprendizagem. Quando o jogador realiza uma combinação incorreta, o sistema apresenta efeitos sonoros e um *feedback* visual de erro, evidenciado por mudanças de cor no personagem e efeitos de penalidade, como a perda de pontos de vida. Esse retorno instantâneo sinaliza a falha sem interromper a continuidade da ação, permitindo que o jogador aprenda com o erro por meio da tentativa e erro.

Por outro lado, ao executar combinações corretas de elementos alquímicos, o jogador recebe uma **avaliação formativa implícita**, expressa por efeitos sonoros e visuais que indicam sucesso na ação. Esse tipo de retorno atua como reforço positivo, incentivando a experimentação e consolidando o aprendizado por meio da prática direta.

Complementando esses retornos imediatos, o *feedback* somativo apresentado ao final de cada fase, descrito na seção anterior, integra o processo avaliativo de forma global, permitindo ao jogador refletir sobre seu desempenho e identificar aspectos a melhorar. Assim, o sistema de *feedback* atua de maneira articulada, combinando respostas instantâneas e avaliações finais para sustentar um ciclo contínuo de aprendizado.

5.3 DESIGN DO JOGO

Esta seção apresenta o processo de concepção visual e estrutural do jogo, abrangendo desde a definição estética dos elementos gráficos até a organização espacial e narrativa das fases. O design do jogo foi orientado pelos requisitos funcionais estabelecidos na etapa de desenvolvimento, buscando aliar clareza visual, coerência temática e funcionalidade interativa. São descritos os principais componentes visuais, como personagens, inimigos, cenários e interfaces, bem como a modelagem do nível inicial e dos diálogos que compõem a experiência lúdica e pedagógica proposta.

5.3.1 Definir Game Engine

Dentre as diversas *game engines* disponíveis atualmente, realizou-se uma análise comparativa considerando critérios como facilidade de uso, documentação, suporte multiplataforma, performance, comunidade ativa e adequação aos objetivos educacionais do projeto. A partir desses critérios, foram selecionadas três alternativas principais para avaliação: **Godot**, **Unreal Engine** e **Unity**.

Tabela 38 – Comparativo entre Game Engines

Critério	Godot Engine	Unity	Unreal Engine
Licença	MIT (código aberto)	Proprietária (gratuita para uso educacional)	Proprietária (royalties comerciais)
Facilidade de uso	Alta	Alta	Moderada
Performance	Boa	Muito boa	Muito boa
Suporte a WebGL	Estável, mas limitado	Amplo e otimizado	Limitado e com alto custo de compilação
Comunidade e Documentação	Em crescimento	Ampla e consolidada	Consolidada, porém mais voltada a estúdios <i>Triple A</i> ³

Fonte: Autor, ([Godot Engine Community, 2025](#); [Unity Technologies, 2025](#); [Epic Games, 2025](#))

A **Godot** apresenta-se como uma ferramenta de código aberto, leve e altamente personalizável, com uma comunidade em crescimento constante. Seu principal atrativo está na licença permissiva e na facilidade de prototipagem rápida. No entanto, limitações no desempenho gráfico e na maturidade de certos recursos, especialmente para exportações WebGL, podem representar desafios em projetos que demandam maior desempenho. ([Godot Engine Community, 2025](#))

A **Unreal Engine**, por outro lado, é reconhecida por seu poder gráfico e ferramentas robustas voltadas a produções de grande escala. Entretanto, sua curva de aprendizado mais acentuada, o tamanho considerável das compilações e a demanda por hardware mais potente a tornam menos adequada a projetos de caráter educacional ou voltados à execução em navegadores. ([Epic Games, 2025](#))

Por fim, a **Unity** destaca-se como uma solução equilibrada entre flexibilidade e desempenho. Sua arquitetura modular, ampla documentação, integração multiplataforma e suporte consolidado ao WebGL permitem o desenvolvimento de aplicações interativas com boa performance e fácil implantação em ambientes educacionais. Além disso, a curva de aprendizado mais suave e o vasto ecossistema de recursos contribuem para a agilidade no processo de prototipagem e implementação. ([Unity Technologies, 2025](#))

Dessa forma, a *Game Engine* selecionada para o desenvolvimento do projeto foi a **Unity**, por sua robustez, suporte multiplataforma e capacidade de criar jogos com desempenho eficiente, alinhando-se às necessidades tanto técnicas quanto pedagógicas desta pesquisa.

5.3.2 Produzir imagens dos elementos do jogo

Nesta etapa, são apresentadas as representações visuais dos principais elementos descritos anteriormente na [Tabela 37](#). As imagens ilustram a aparência, o estilo artístico e o papel de cada componente dentro do ambiente do jogo, complementando as descrições textuais e auxiliando na compreensão da composição estética e funcional do projeto.

³ Estúdios que desenvolvem jogos com os maiores orçamentos da indústria.

A [Figura 10](#) apresenta o personagem principal, responsável pelas misturas alquímicas e pela interação com o ambiente. Seu design foi inspirado nos Médicos da Peste Negra.

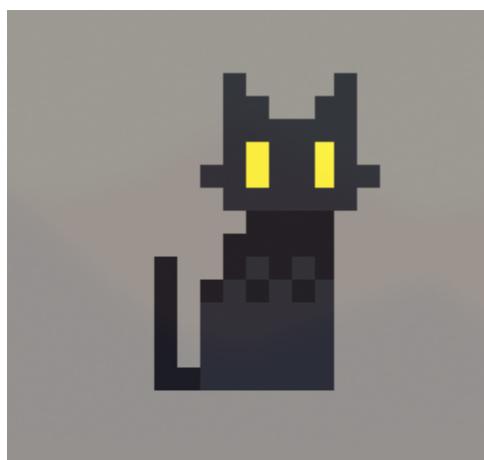
Figura 10 – Personagem principal do jogo



Fonte: Autor

O personagem mostrado na [Figura 11](#) atua como companheiro e guia do jogador, aparecendo de forma mística à sua frente. Sua concepção visual baseia-se no Gato de Cheshire da obra *Alice no País das Maravilhas* ([CARROLL, 1865](#)).

Figura 11 – Companheiro felino

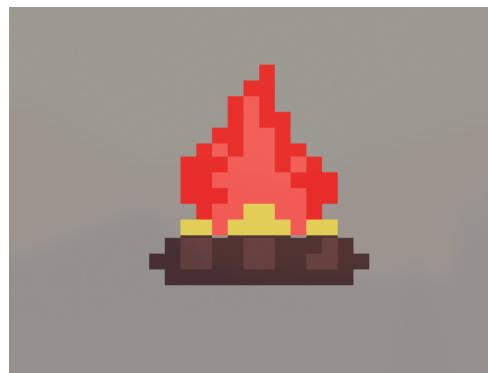


Fonte: Autor

A fogueira da [Figura 12](#), que funciona como ponto de controle e restauração, segue a estética das fogueiras presentes em jogos do gênero *soulslike*⁴. O conceito geral foi inspirado por obras como *Dark Souls* ([FromSoftware, 2011](#)).

⁴ O termo *soulslike* refere-se a jogos inspirados em características da série *Dark Souls*, como alta dificuldade, combate tático e progressão punitiva.

Figura 12 – Fogueira, ponto de controle do jogador



Fonte: Autor

Os elementos alquímicos Ar, Fogo, Terra e Água, apresentados na [Figura 13](#), foram baseados em símbolos tradicionais da alquimia medieval. ([WIKIPEDIA, 2025](#))

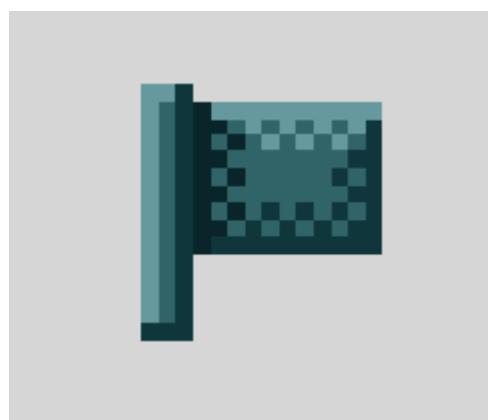
Figura 13 – Elementos alquímicos utilizados nas combinações do jogo



Fonte: Autor

O objeto que marca o fim da fase, representado na [Figura 14](#), toma como referência elementos clássicos de jogos de plataforma, como a bandeira de *Super Mario Bros.* ([Nintendo, 1985](#)) e o letreiro de conclusão de fase de *Sonic the Hedgehog* ([SEGA, 1991](#)).

Figura 14 – Bandeira sinalizando o término da fase



Fonte: Autor

Os principais inimigos enfrentados na fase estão ilustrados na [Figura 15](#).

Figura 15 – Inimigos presentes no jogo



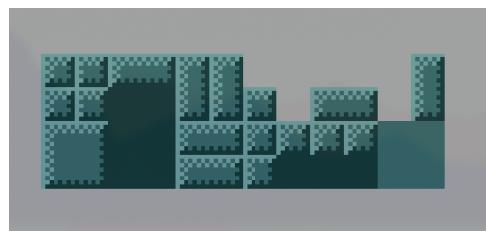
Fonte: Autor

Da esquerda para a direita, são apresentados:

- 1) Gosma, inspirada em criaturas similares presentes em franquias como *Final Fantasy* (Square Enix, 1987) e *Dragon Quest* (Square Enix, 1986);
- 2) Cogumelo, cuja estética remete a inimigos clássicos de *Super Mario Bros.* (Nintendo, 1985) e referências visuais de *Hollow Knight* (Team Cherry, 2017);
- 3) Olho Alado, baseado em criaturas recorrentes de séries como *The Legend of Zelda* (Nintendo, 1986) e *Final Fantasy* (Square Enix, 1987).

Os blocos modulares que compõem o terreno e as plataformas do cenário estão representados na Figura 16.

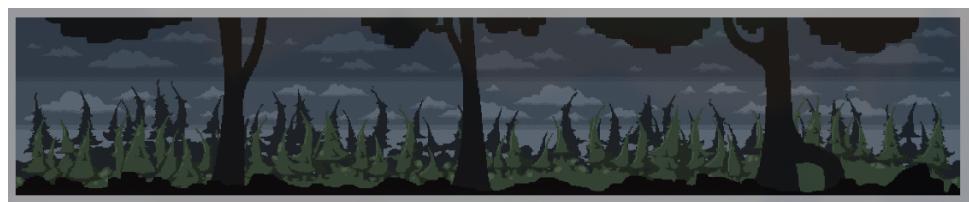
Figura 16 – Blocos do cenário utilizados na construção dos níveis



Fonte: Autor

As diferentes camadas de paralaxe⁵ utilizadas para compor a profundidade visual do ambiente estão apresentadas na Figura 17.

Figura 17 – Camadas de Parallax que compõem a profundidade visual do cenário



Fonte: Autor

Os consumíveis disponíveis ao jogador, responsáveis por fornecer vantagens temporárias ou restaurar atributos, são mostrados na Figura 18.

⁵ Paralaxe é uma técnica de design visual em que camadas do cenário se movem em velocidades distintas, criando a ilusão de profundidade.

Figura 18 – Consumíveis disponíveis ao jogador durante a partida



Fonte: Autor

Da esquerda para a direita, os consumíveis são:

- 1) Consumível de Inserção;
- 2) Consumível de Remoção;
- 3) Consumível de Ordenação;
- 4) Consumível de Cura;
- 5) Consumível de Mana;
- 6) Consumível de Vida Extra.

Por fim, a **HUD** apresenta as principais informações de jogabilidade, como inventário, vida, mana e botões de interação. A [Figura 19](#) mostra a interface numerada.

Figura 19 – Interface de jogo com elementos numerados



Fonte: Autor

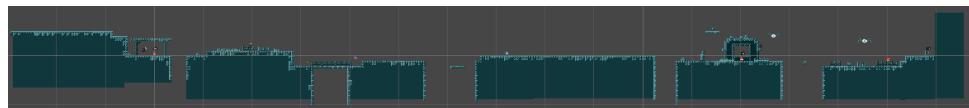
- 1) Indicador de tentativas restantes;
- 2) Pontos de vida do jogador;
- 3) Barra de mana;
- 4) Botão de pausa;
- 5) Livro de tutoriais;
- 6) Espaço do consumível ativo;

- 7) Indicador da saída da pilha;
- 8) Indicador da saída da fila;
- 9) Indicador da saída da lista;
- 10) Indicador da próxima inserção.

5.3.3 Modelar o jogo

Nesta etapa, o processo de modelagem do jogo concentrou-se na definição do nível inicial e na estruturação dos diálogos que compõem a experiência narrativa e pedagógica. O objetivo foi estabelecer um ambiente introdutório que permitisse ao jogador compreender as mecânicas básicas, interagir com os principais elementos do cenário e familiarizar-se com a proposta do jogo.

Figura 20 – Design do Nível Inicial



Fonte: Autor

5.4 IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO

Esta seção apresenta a implementação do jogo desenvolvido na *game engine* **Unity**. Inicialmente, contextualizam-se os principais conceitos técnicos da *engine*, que servem de base para a construção dos sistemas utilizados. Em seguida, descrevem-se os principais elementos listados na Tabela 37 e discute-se como as mecânicas centrais e genéricas, apresentadas nas Tabela 35 e Tabela 36, foram convertidas em funcionalidades operacionais. Dessa forma, evidencia-se a transição do design conceitual para sua materialização prática, demonstrando como cada decisão de design contribuiu para a composição do sistema final.

Conceitos Fundamentais da Unity

Antes de detalhar a implementação dos componentes do jogo, torna-se necessário contextualizar alguns conceitos fundamentais da Unity, os quais orientam a estruturação dos *scripts*, a organização dos objetos e o comportamento do sistema em tempo de execução. A Unity adota um modelo arquitetural baseado em componentes, no qual cada objeto do jogo é composto por módulos independentes responsáveis por sua lógica, aparência, física ou interação.

No centro desse modelo está a classe *MonoBehaviour*, da qual derivam a maioria dos scripts comportamentais. Ela define o ciclo de vida padrão utilizado pela *engine*, permitindo que

o desenvolvedor implemente métodos executados automaticamente em momentos específicos da execução. Entre esses métodos, destacam-se:

Start (): Executado uma única vez na inicialização do objeto, sendo empregado para configurar estados iniciais, referências e variáveis de controle.

Update (): Chamado a cada quadro (frame), sendo adequado para lógicas dependentes da taxa de atualização, como leitura de entrada, animações e verificações contínuas.

FixedUpdate (): Executado em intervalos fixos, independentemente da taxa de quadros, sendo indicado para cálculos de física e interações que exigem maior estabilidade numérica.

A Unity também integra um sistema de física robusto, por meio do componente `Rigidbody2D`, que permite que objetos sejam afetados por forças, gravidade e colisões. A combinação entre `Rigidbody2D` e colisores define como cada objeto interage fisicamente com o ambiente, possibilitando comportamentos essenciais para movimentação, detecção de obstáculos e mecânicas de combate.

Esses conceitos estruturam toda a implementação do jogo e fundamentam a criação dos sistemas apresentados nas subseções seguintes.

Implementação do Jogador

A implementação teve início pelo componente central da experiência: o jogador. Foram desenvolvidos diversos *scripts* em C#, responsáveis pelas mecânicas de movimentação, combate e interação com os inventários.

A [Código 1](#) apresenta o trecho referente à movimentação do jogador, no qual são aplicadas diretamente as funcionalidades do ciclo de vida da Unity e seus componentes físicos.

```
1 using UnityEngine;
2
3 public class PlayerMove : MonoBehaviour
4 {
5     private Rigidbody2D rb;
6
7     private void FixedUpdate()
8     {
9         // Atualiza o movimento horizontal do jogador
10        Move(Input.GetAxis("Horizontal"));
11
12        // Inicia o salto se o jogador estiver
13        // no chão e pressionar o botão.
14        if (Input.GetButtonDown("Jump") && isGrounded)
15            Jump();
16        // Reduz a força do salto caso o botão
17        // seja solto durante a ascensão.
18        else if (Input.GetButtonUp("Jump") && !isGrounded)
19            CancelJump();
20    }
21
22    private void Jump()
23    {
24        // Aplica a velocidade vertical
25        // correspondente ao salto.
26        rb.linearVelocity = new Vector2(
27            rb.linearVelocity.x,
28            jumpForce
29        );
30    }
31
32    private void CancelJump()
33    {
34        // Corta parte da velocidade vertical para
35        // permitir variação na altura do salto
36        // conforme o tempo de pressionamento do botão.
37        rb.linearVelocity = new Vector2(
38            rb.linearVelocity.x,
39            rb.linearVelocity.y * 0.5f
40        );
41    }
42
43    private void Move(float input)
44    {
45        // Ajusta a velocidade horizontal do jogador
46        // de acordo com a entrada recebida.
47        rb.linearVelocity = new Vector2(
48            input * speed,
49            rb.linearVelocity.y
50        );
51    }
52 }
```

Código 1 – Trecho Simplificado do Algoritmo de Movimentação do Jogador

Com o objetivo de estruturar e padronizar o funcionamento dos inventários, representados por diferentes estruturas de dados, foi desenvolvida a interface exibida no [Código 2](#). Essa interface possibilita a manipulação genérica das estruturas, permitindo alterar tanto o tipo quanto a quantidade de inventários utilizados sem comprometer o restante do sistema.

```
1 public enum InventoryType { Stack, Queue, LinkedList }
2
3 public interface IInventory
4 {
5     public InventoryType Type { get; }
6     public int Count { get; }
7     public int MaxSize { get; }
8     public bool IsFull();
9     public void Clear();
10    public void Sort();
11    public Element[] ToArray();
12 }
```

Código 2 – Interface dos Inventários

Essa interface é utilizada no [Código 3](#), responsável pela lógica de combate do jogador. Nesse módulo, as operações de ataque integram-se às operações de remoção e combinação dos inventários, conectando diretamente a mecânica de combate às representações das estruturas de dados.

```
1 using UnityEngine;
2
3 public class PlayerCombat : MonoBehaviour
4 {
5     public IInventory[] inventories;
6
7     // Lista temporária contendo os elementos selecionados pelo jogador
8     // para compor uma combinação (conjuração).
9     public List<Element> castingList = new List<Element>();
10
11    private void Update()
12    {
13        HandleLinkedListSelection();
14        HandleCastingInput();
15    }
16
17    private void HandleLinkedListSelection()
18    {
19        // Responsável por alterar o elemento atualmente selecionado
20        // na Lista Encadeada.
21    }
22
23    private void HandleCastingInput()
24    {
25        // Adiciona elementos à conjuração conforme o inventário selecionado.
26        if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Alpha1))
27            AddFromInventory(InventoryType.Stack);
28        else if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Alpha2))
29            AddFromInventory(InventoryType.Queue);
30        else if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Alpha3))
31            AddFromInventory(InventoryType.LinkedList);
32
33        // Finaliza a conjuração quando o jogador confirma a combinação.
34        else if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Return)) FinishCasting();
35    }
36
37    private void AddFromInventory(InventoryType type)
38    {
39        // Remove um elemento da estrutura de dados correspondente
40        // (Pilha, Fila ou Lista Encadeada) e o adiciona à lista de conjuração.
41    }
42
43    private void FinishCasting()
44    {
45        // Executa a conjuração utilizando os elementos selecionados,
46    }
47 }
```

Código 3 – Trecho Simplificado do Algoritmo de Combate do Jogador

A lógica de geração e inserção de elementos nos inventários, essencial para o funcionamento das mecânicas centrais, é apresentada no [Código 4](#).

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class GenerateElement : MonoBehaviour
4 {
5     // Variáveis e configuração inicial do script
6
7     private void Update()
8     {
9         bool holdingDown = Input.GetAxis("Vertical") < 0;
10
11        // Quando o jogador mantém o comando para baixo enquanto está no chão,
12        // inicia o processo de carregamento da habilidade de geração.
13        if (holdingDown && grounded.IsGrounded())
14        {
15            chargeTimer += Time.deltaTime;
16            curMana -= Time.deltaTime;
17
18            // Quando o tempo acumulado atinge o valor de recarga (cooldown),
19            // tenta gerar um novo elemento.
20            if (chargeTimer >= cooldown)
21            {
22                TryGenerateElement();
23                chargeTimer = 0f;
24            }
25        }
26        // Caso o jogador não esteja carregando,
27        // a mana é regenerada até o limite máximo.
28        else if (curMana < maxMana)
29        {
30            curMana += Time.deltaTime * ManaRegen;
31        }
32    }
33
34    private bool TryGenerateElement()
35    {
36        // Tenta inserir um elemento aleatório
37        // em um dos inventários disponíveis.
38        // Se o inventário atual estiver cheio, tenta o próximo.
39        // Caso todos estejam indisponíveis,
40        // a geração é considerada malsucedida.
41    }
42 }

```

Código 4 – Trecho Simplificado do Algoritmo de Geração de Elementos do Jogador

5.4.1 Implementação dos Inimigos

A implementação dos inimigos envolveu a criação de sistemas de movimentação, detecção de colisões, aplicação de dano e controle de comportamentos específicos para cada tipo de criatura. Além disso, foi incorporado o sistema de fraquezas, que relaciona cada inimigo a tipos específicos de elementos mais eficazes contra ele, conforme exemplificado no [Código 5](#). Esse recurso integra o sistema de combate às estruturas de dados manipuladas pelo jogador.

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class EnemyDamage : MonoBehaviour
4 {
5     private void Start()
6     {
7         weaknesses = GenerateRandomWeaknesses();
8     }
9
10    private Element[] GenerateRandomWeaknesses()
11    {
12        // Gera um conjunto de elementos
13        // que representam as fraquezas do inimigo.
14        // A seleção ocorre de forma aleatória,
15        // permitindo variação entre inimigos.
16    }
17
18    private void OnTriggerEnter2D(Collider2D collider)
19    {
20        // Verifica se o objeto que colidiu corresponde a algum elemento
21        // ao qual o inimigo possui fraqueza. Caso corresponda, aplica dano.
22        foreach (var weakness in weaknesses)
23        {
24            if ((weakness == Element.FIRE && collider.CompareTag("Fire")) ||
25                (weakness == Element.WATER && collider.CompareTag("Water")) ||
26                (weakness == Element.AIR && collider.CompareTag("Air")) ||
27                (weakness == Element.EARTH && collider.CompareTag("Earth")))
28            {
29                // Obtém o valor de dano do projétil e aplica ao inimigo.
30                int damage = collider.GetComponent<ProjectileController>().damage
31                health.TakeDamage(damage);
32                return;
33            }
34        }
35    }
36}

```

Código 5 – Trecho Simplificado do Algoritmo de Fraquezas dos Inimigos

5.4.2 Implementação da Pontuação

O cálculo da pontuação final ao concluir uma fase é apresentado no [Código 6](#) e fundamenta-se na [Equação 5.1](#). O algoritmo considera o tempo total, o número de combinações corretas, combinações incorretas e mortes, consolidando a avaliação da performance do jogador de forma objetiva e alinhada às mecânicas do jogo.

```

1 public class Score : MonoBehaviour
2 {
3     // ...
4
5     private double CalculateFinalScore(double time)
6     {
7         // Calcula o bônus de tempo:
8         // começa em 1000 e reduz 10 pontos por segundo.
9         // Nunca permite que o valor fique negativo.
10        double timeBonus = Mathf.Max(0, 1000 - (float)time * 10);
11
12        // Pontuação baseada no número de infusões corretas
13        // (cada uma vale 100 pontos).
14        double correctScore = (correctInfusions * 100);
15
16        // Penalidade por infusões erradas (cada erro tira 25 pontos).
17        double wrongScore = (wrongInfusions * 25);
18
19        // Soma da pontuação líquida relacionada às infusões.
20        double infusionScore = correctScore - wrongScore;
21
22        // Penalidade por mortes, cada morte reduz 150 pontos.
23        double deathPenalty = deaths * 150;
24
25        // Calcula a pontuação final somando tudo
26        // e garantindo que não fique negativa.
27        return Mathf.Max(0, (float)(timeBonus + infusionScore - deathPenalty));
28    }
29
30    // ...
31 }

```

Código 6 – Algoritmo utilizado para calcular a pontuação

Após a implementação dos *scripts* centrais responsáveis pelas mecânicas do jogo foram desenvolvidos também diversos sistemas de suporte que garantem a experiência completa do usuário. Esses sistemas não interferem diretamente nas regras do jogo, mas desempenham um papel essencial na qualidade visual, sonora, narrativa e de usabilidade da aplicação. A seguir, são apresentados esses subsistemas, suas finalidades e os principais aspectos de sua implementação.

Implementação da *Pixel Perfect Camera*

Para garantir uma apresentação visual coerente com a estética de *pixel art*, foi utilizada a dependência *Pixel Perfect Camera*, disponibilizada pela própria Unity e integrada ao sistema de câmeras da *Cinemachine*. Essa combinação permite preservar a nitidez dos pixels em diferentes resoluções de tela, evitando distorções, desalinhamentos ou artefatos visuais. Além disso, a configuração aplicada assegura um enquadramento estável e responsivo, mantendo a consistência estética independentemente da escala do monitor do usuário.

Implementação dos diálogos e seu controlador

Foi desenvolvido um sistema dedicado para gerenciamento de diálogos, composto por um controlador central responsável por exibir textos, avançar as falas e sincronizar elementos visuais associados. O sistema permite a criação de diálogos multilineares, apresentação progressiva do texto (*typewriter effect*) e ativação de eventos específicos no inicio e ao fim das falas. A arquitetura adotada facilita a expansão futura do número de diálogos e possibilita sua reutilização em diferentes cenas.

Implementação do controlador de idiomas

Implementou-se também um controlador de idiomas responsável por gerenciar a localização do jogo. Esse sistema altera dinamicamente os textos da interface (HUD), diálogos e demais elementos textuais conforme o idioma selecionado pelo jogador. Atualmente, estão disponíveis os idiomas português e inglês; entretanto, o controlador foi estruturado para permitir a adição simples de novas línguas.

Implementação do controlador de sons

Foi criado um controlador de sons que organiza e gerencia os diferentes canais de áudio do jogo. A estrutura divide o áudio em três categorias: volume principal (*master*), música e efeitos sonoros (SFX⁶). Cada categoria pode ser ajustada individualmente, permitindo ao jogador personalizar sua experiência sonora. Além disso, o controlador centraliza a reprodução de sons contextuais do jogo, garantindo consistência e facilitando a manutenção do sistema.

5.4.3 Outros Componentes

Além dos sistemas principais, diversos outros *scripts* foram implementados para garantir um *gameplay* fluido, estável e responsivo. Entre eles, incluem-se módulos para controle de partículas, interface de usuário, indicadores visuais, carregamento de cenas e outras funcionalidades de suporte. Embora não sejam o foco central das mecânicas educacionais, esses componentes desempenham papel importante na polidez e na imersão da experiência.

5.4.4 Síntese da Implementação

A [seção 5.4](#) constituiu uma das etapas mais extensas e detalhadas do projeto, na qual foram materializados todos os elementos concebidos durante a [seção 5.2](#), bem como as mecânicas centrais e genéricas definidas nessa fase, sempre em conformidade com os requisitos funcionais

⁶ Sound Effects

e não funcionais estabelecidos. Nessa etapa, cada componente foi desenvolvido, integrado e ajustado de forma progressiva, consolidando a base técnica necessária para o funcionamento completo do jogo.

Com a implementação concluída, tornou-se possível avançar para a etapa de testes, responsável por verificar o comportamento dos sistemas em execução, avaliar sua estabilidade e assegurar que as funcionalidades produzidas correspondessem aos objetivos educacionais e de jogabilidade pretendidos. A seção seguinte descreve como esses testes foram conduzidos ao longo do desenvolvimento.

5.5 TESTES DO JOGO

Os testes do jogo foram conduzidos com o objetivo de identificar erros, avaliar o funcionamento das mecânicas e aprimorar a experiência geral de jogabilidade. Esta etapa teve caráter iterativo, sendo realizada após a implementação de cada nova funcionalidade, tanto de forma unitária quanto integrada, garantindo a coerência entre os diferentes componentes do sistema.

Os testes foram executados pelo próprio desenvolvedor, permitindo validar a adequação pedagógica e técnica do jogo. Essa prática possibilitou identificar falhas de lógica, inconsistências visuais e problemas de desempenho, além de ajustar elementos de interface e equilíbrio de dificuldade.

A verificação contínua de interações e funcionalidades contribuiu para assegurar que o produto final estivesse livre de erros críticos e em conformidade com os objetivos estabelecidos. Assim, esta fase consolidou-se como um processo essencial para garantir a estabilidade e a fluidez do jogo sério desenvolvido.

6 AVALIAÇÃO

A avaliação do jogo foi conduzida conforme descrito na [seção 3.3](#), com o objetivo de verificar se o jogo atingia seu propósito de ser implícito, acessível e divertido. A análise foi organizada em três dimensões principais: **Experiência do Jogador, Usabilidade e Conteúdo**. Cada dimensão permite compreender, sob diferentes perspectivas, como os participantes perceberam a jogabilidade, a clareza das mecânicas e a efetividade pedagógica do jogo.

A amostra da avaliação foi composta por 11 participantes. Deste grupo, todos identificaram-se como do sexo masculino e declararam jogar jogos digitais regularmente. Além disso, 9 participantes afirmaram possuir conhecimento prévio na área de desenvolvimento de software.

A seguir, cada subdimensão é detalhada com sua respectiva descrição e os resultados gráficos obtidos. Os dados baseiam-se na escala Likert de 5 pontos ([LIKERT, 1932](#)), variando dos extremos “Discordo Totalmente” a “Concordo Totalmente”. Além da distribuição de frequências, foram calculadas a média, a mediana e o desvio padrão de cada afirmação com base no [Apêndice B](#), fundamentando a análise quantitativa e qualitativa subsequente.

6.1 EXPERIÊNCIA DO JOGADOR

A dimensão “Experiência do Jogador” investiga como o participante vivencia o jogo em termos de motivação, envolvimento emocional e sensação de progresso. Ela é fundamental para jogos sérios, pois experiências agradáveis favorecem a aprendizagem implícita de conceitos.

A [Tabela 39](#) apresenta, com base nos dados disponíveis no [Apêndice B](#), os valores de média, mediana e desvio padrão calculados para cada afirmação dessa dimensão.

Tabela 39 – Avaliação da Experiência do Jogador - Média, Mediana e Desvio Padrão

Subdimensão	Avaliação	Média	Mediana	Desvio Padrão
Engajamento	O jogo conseguiu manter meu interesse.	4.55	5.00	0.52
Engajamento	Eu estava motivado a continuar jogando.	4.36	4.50	0.50
Engajamento	O jogo apresentou estímulos que mantiveram minha atenção.	4.27	5.00	0.65
Diversão	Jogar este jogo foi divertido.	4.73	5.00	0.45
Satisfação	Senti satisfação ao completar desafios ou derrotar inimigos.	4.55	5.00	0.69
Satisfação	Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	4.55	5.00	0.52
Desafio	O nível de desafio foi adequado para mim.	4.18	5.00	0.87
Desafio	Os desafios me incentivaram a tentar melhorar.	4.27	5.00	0.86
Imersão	Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.	4.09	4.00	1.04
Imersão	Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo.	4.09	4.00	0.83

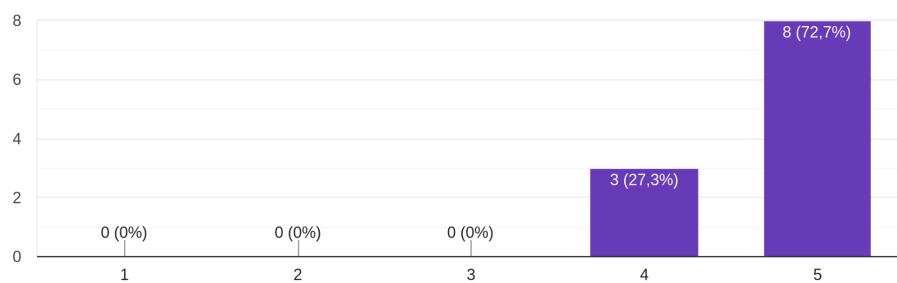
Fonte: Autor

6.1.1 Engajamento

O engajamento reflete o quanto o jogador se sente motivado e atento durante a partida, avaliando o interesse contínuo, o foco e os estímulos providos pelo jogo. As figuras 21, 22 e 23, a seguir, evidenciam os resultados da avaliação desta subdimensão.

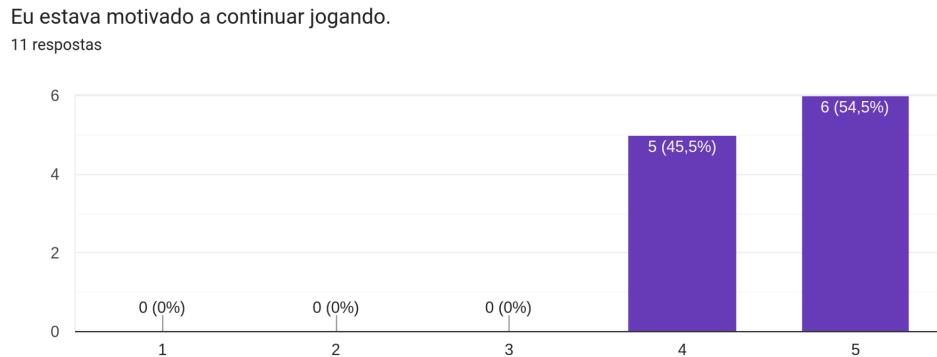
Figura 21 – Gráfico da avaliação de engajamento: “O jogo conseguiu manter o meu interesse.”

O jogo conseguiu manter meu interesse.
11 respostas



Fonte: Autor

Figura 22 – Gráfico da avaliação de engajamento: “Eu estava motivado para continuar jogando.”



Fonte: Autor

Figura 23 – Gráfico da avaliação de engajamento: “O jogo apresentou estímulos que mantiveram a minha atenção.”



Fonte: Autor

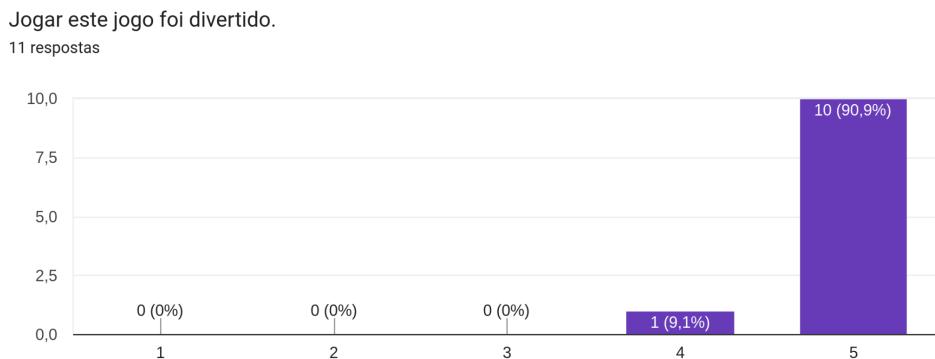
Os índices relacionados ao engajamento, demonstrados na [Tabela 39](#), foram elevados (médias entre 4.27 e 4.55), com medianas altas e desvios padrão reduzidos. Tais métricas indicam um forte consenso entre os participantes de que o jogo foi capaz de sustentar a atenção. A baixa dispersão revela que a maioria dos usuários relatou interesse contínuo e motivação para prosseguir na experiência.

O conjunto dos resultados sugere que o jogo mantém o interesse dos jogadores de forma eficiente e consistente ao longo da sessão de jogo.

6.1.2 Diversão

A dimensão diversão avalia o prazer proporcionado pela experiência, elemento fundamental para a motivação intrínseca em jogos sérios. A [Figura 24](#) apresenta a distribuição das respostas para esta subdimensão.

Figura 24 – Gráfico da avaliação de diversão: “Jogar este jogo foi divertido.”



Fonte: Autor

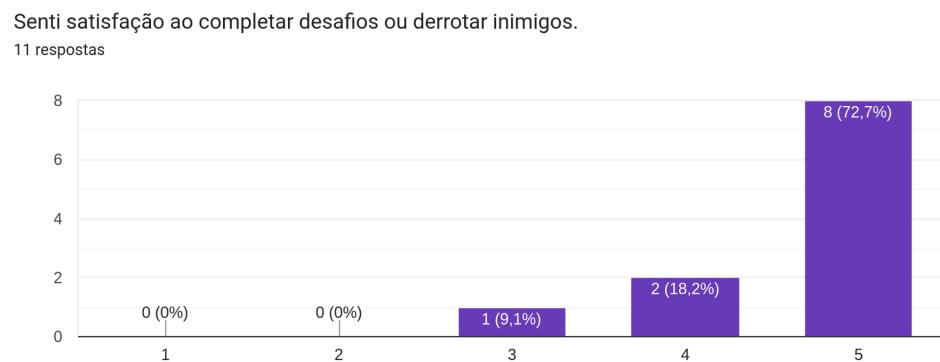
Esta subdimensão apresentou a maior média da categoria (4.73) e a menor variabilidade ($\sigma = 0.45$), indicando um consenso quase unânime de que o jogo é divertido. Os participantes elogiaram a combinação entre mecânicas de plataforma e a manipulação de elementos, bem como a fluidez da jogabilidade.

A análise qualitativa corrobora esses dados, apontando que os elementos visuais, sonoros e mecânicos reforçam a sensação de entretenimento, havendo poucas ressalvas quanto à curva de dificuldade. Os dados confirmam que o jogo cumpre com êxito seu papel lúdico.

6.1.3 Satisfação

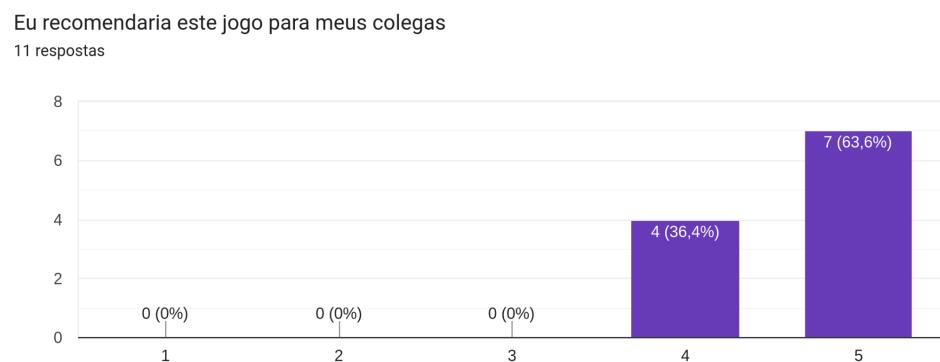
A satisfação reflete a sensação de conquista e o prazer ao superar obstáculos ou completar ações significativas no jogo. Os resultados detalhados podem ser observados nas [figuras 25](#) e [26](#).

Figura 25 – Gráfico da avaliação de satisfação: “Senti satisfação ao completar desafios ou derrotar inimigos.”



Fonte: Autor

Figura 26 – Gráfico da avaliação de satisfação: “Eu recomendaria este jogo para meus colegas.”



Fonte: Autor

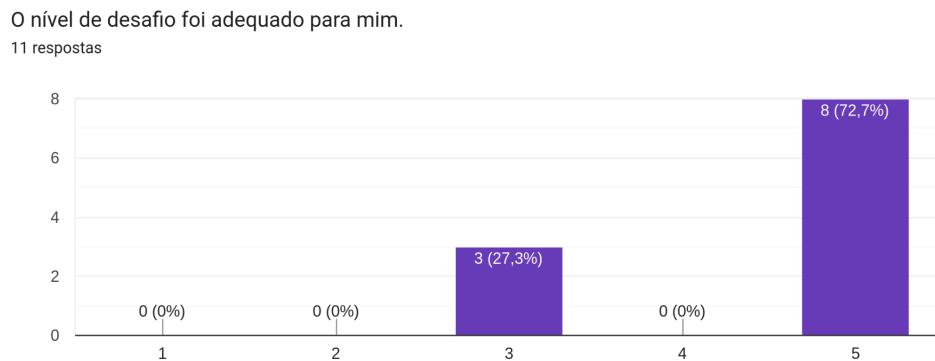
As médias obtidas foram altas (4.55), acompanhadas de um desvio padrão baixo, o que demonstra que os participantes experimentaram uma forte sensação de realização. A disposição da maioria em recomendar o jogo reforça o impacto positivo da experiência.

Os comentários qualitativos destacam o apreço pela criatividade das mecânicas, pela estética e pelo cuidado no polimento, evidenciando uma boa recepção da proposta. Os resultados sugerem que o jogo proporciona uma experiência gratificante, com uma sensação consistente de progresso.

6.1.4 Desafio

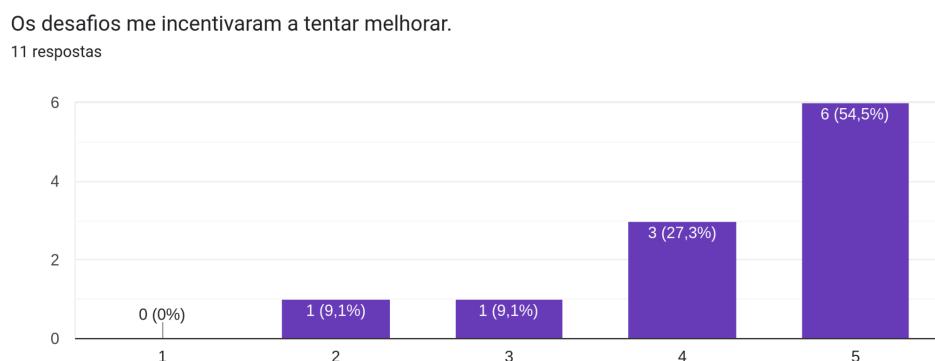
O desafio analisa o equilíbrio entre a dificuldade imposta e a capacidade do jogador, buscando identificar se o jogo motiva sem gerar frustração excessiva. As respostas dos participantes são demonstradas nas figuras 27 e 28.

Figura 27 – Gráfico da avaliação de desafio: “O nível de desafio foi adequado para mim.”



Fonte: Autor

Figura 28 – Gráfico da avaliação de desafio: “Os desafios me incentivaram a tentar melhorar.”



Fonte: Autor

Nesta subdimensão, as médias permanecem positivas (acima de 4.18), porém observa-se uma maior variação nas respostas ($\sigma \approx 0.87$). Isso indica que, enquanto parte do grupo considerou o desafio adequado, outra parcela sugeriu que a curva de dificuldade inicial poderia ser suavizada.

Nos comentários, alguns participantes relataram que compreender a lógica de combinação de elementos, ao mesmo tempo que lidavam com o comportamento dos inimigos, exigiu atenção

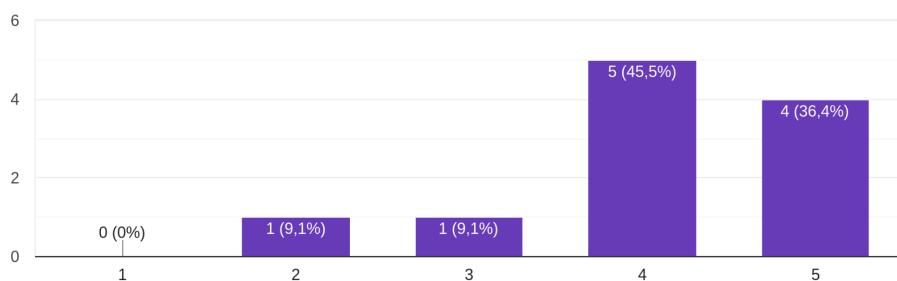
elevada, embora esse fator também tenha contribuído para a motivação. Os dados apontam que o jogo oferece um desafio estimulante, mas que pode se beneficiar de ajustes no balanceamento inicial.

6.1.5 Imersão

A imersão avalia o quanto o jogador se sente envolvido a ponto de perder a noção do tempo ou esquecer o ambiente ao redor, estado essencial para facilitar a aprendizagem implícita. As figuras 29 e 30, a seguir, detalham a percepção dos usuários.

Figura 29 – Gráfico da avaliação de desafio: “Eu estava tão envolvido no jogo que perdi a noção do tempo.”

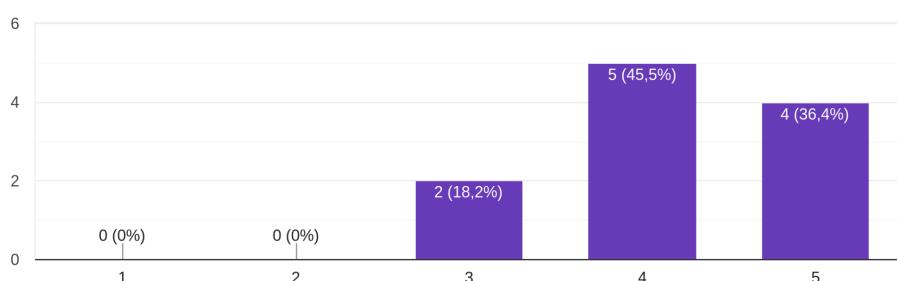
Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.
11 respostas



Fonte: Autor

Figura 30 – Gráfico da avaliação de desafio: “Eu esqueci do ambiente ao meu redor enquanto jogava.”

Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo.
11 respostas



Fonte: Autor

Os resultados mostram médias positivas (4.09), contudo, esta subdimensão apresentou a maior dispersão da categoria ($\sigma = 1.04$ na questão representada pela Figura 29). Isso indica

que o nível de imersão variou significativamente conforme o perfil do participante. Ainda assim, a tendência geral demonstra que o jogo conseguiu capturar a atenção e criar uma sensação de fluxo (*flow*) para a maioria dos usuários.

As respostas qualitativas sugerem que o estilo visual, o ritmo das mecânicas e a temática alquímica são os principais vetores dessa imersão. Embora haja espaço para refinamentos, o jogo apresenta um desempenho satisfatório na criação de uma atmosfera envolvente.

6.2 USABILIDADE

A [Tabela 40](#) apresenta a média, a mediana e o desvio padrão calculados para cada afirmação dessa dimensão, com base nos dados disponibilizados no [Apêndice B](#).

Tabela 40 – Avaliação da Usabilidade - Média, Mediana e Desvio Padrão

Subdimensão	Avaliação	Média	Mediana	Desvio Padrão
Estética	O design do jogo é atraente.	4.82	5.00	0.40
Estética	Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.	4.36	5.00	0.81
Aprendibilidade	Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.	3.55	4.00	1.12
Operabilidade	Eu considero que o jogo é fácil de jogar.	3.27	3.00	0.90
Operabilidade	As regras do jogo são claras e compreensíveis.	4.00	4.00	1.34
Acessibilidade	As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.	4.73	5.00	0.45
Acessibilidade	As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.	4.64	5.00	0.50
Proteção	Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.	3.73	4.00	1.27

Fonte: Autor

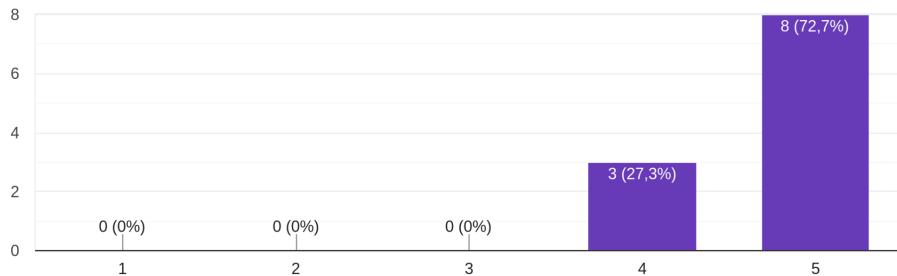
A dimensão usabilidade avalia o quanto intuitiva, clara e confortável é a interação com o jogo. Ela engloba elementos visuais, a compreensão das mecânicas, a navegação, a acessibilidade e a tolerância a erros.

6.2.1 Estética

A estética examina a qualidade visual do jogo, a coesão gráfica e a clareza dos elementos apresentados. As figuras [31](#) e [32](#) apresentam a distribuição das respostas.

Figura 31 – Gráfico da avaliação de estética: “O design do jogo é atraente.”

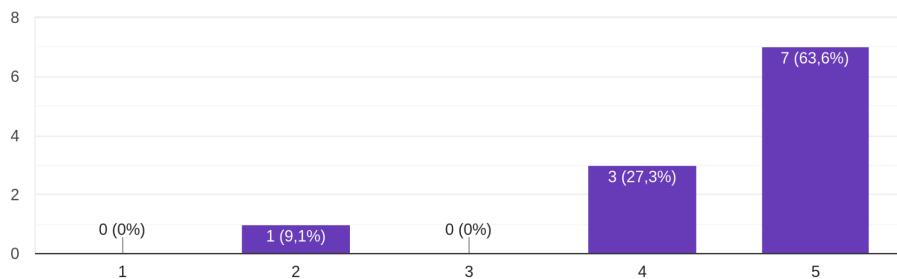
O design do jogo é atraente.
11 respostas



Fonte: Autor

Figura 32 – Gráfico da avaliação de estética: “Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.”

Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.
11 respostas



Fonte: Autor

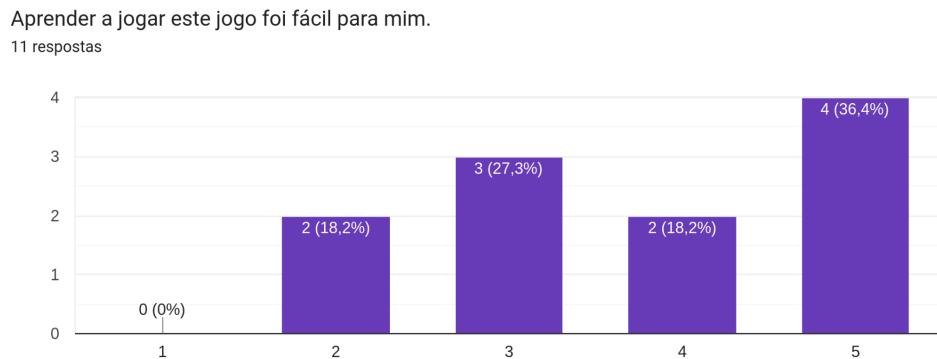
As médias apresentaram valores expressivos, com destaque para a atratividade do design ($\mu = 4.82$) e baixíssima variação ($\sigma = 0.40$). Isso indica que a identidade visual foi muito bem avaliada, contribuindo para uma experiência agradável.

Comentários pontuais sugeriram melhorias no menu e no tutorial, mas reforçaram a alta qualidade estética geral. A dimensão demonstra que o jogo possui uma direção de arte consistente e atrativa.

6.2.2 Aprendibilidade

A aprendibilidade analisa o quanto fácil é aprender a jogar e compreender as mecânicas principais nos primeiros momentos de interação. A Figura 33 ilustra os dados coletados para esta métrica.

Figura 33 – Gráfico da avaliação de aprendibilidade: “Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.”



Fonte: Autor

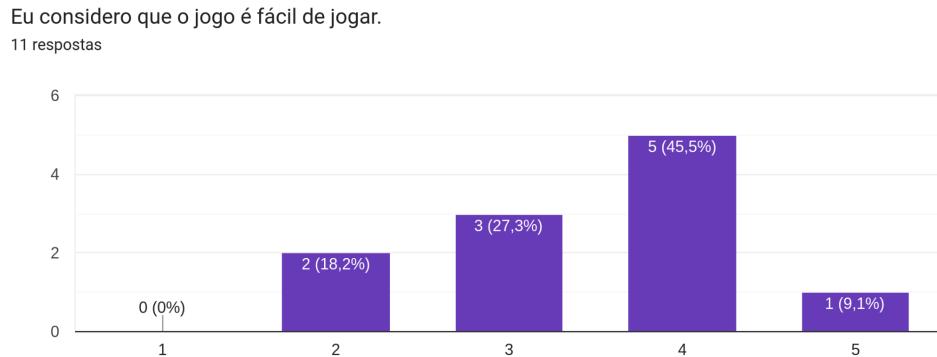
Os dados revelam um cenário misto. A média obtida foi de 3.55, com um desvio padrão elevado ($\sigma = 1.12$), indicando divergência de opiniões. Enquanto parte dos usuários considerou o aprendizado simples, outra parcela significativa encontrou barreiras iniciais.

Os comentários qualitativos apontam que o tutorial inicial carece de clareza, especialmente na explicação do sistema de danos e nas combinações de elementos. A análise sugere que, embora a mecânica seja compreensível a longo prazo, a curva de aprendizado inicial necessita de intervenções pedagógicas e instrucionais.

6.2.3 Operabilidade

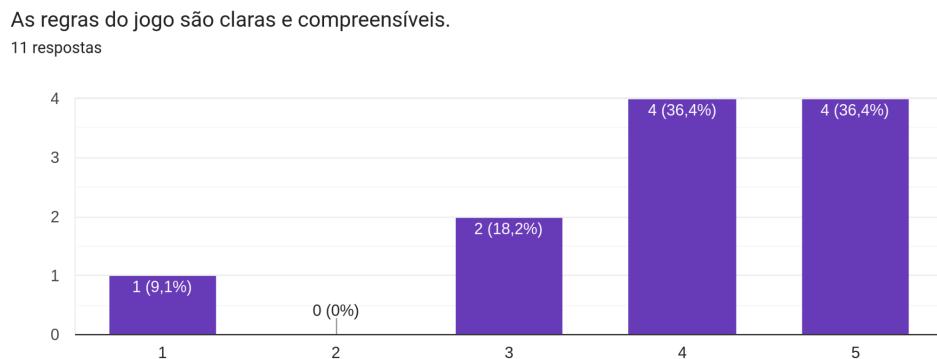
A operabilidade examina a clareza dos comandos, a responsividade e a facilidade de controle do personagem. Os gráficos apresentados nas figuras 34 e 35 evidenciam a avaliação destes aspectos.

Figura 34 – Gráfico da avaliação de operabilidade: “Eu considero que o jogo é fácil de jogar.”



Fonte: Autor

Figura 35 – Gráfico da avaliação de operabilidade: “As regras do jogo são claras e compreensíveis.”



Fonte: Autor

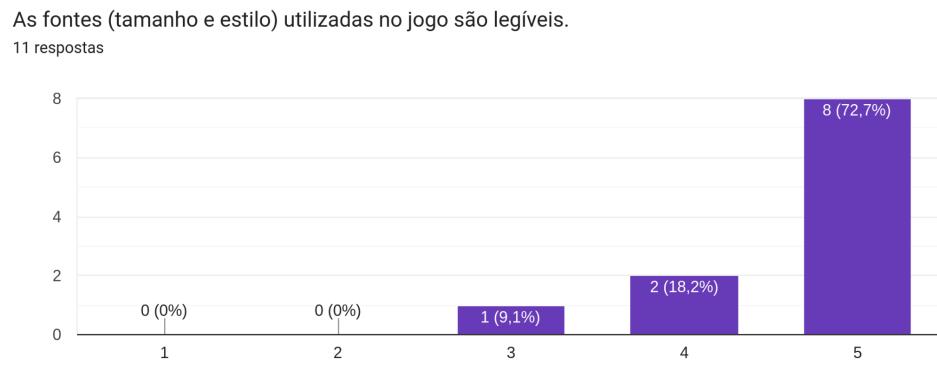
Esta subdimensão apresentou os índices mais baixos da avaliação ($\mu = 3.27$ na questão representada na [Figura 34](#)), sinalizando pontos de fricção na jogabilidade.

Por outro lado, a clareza das regras obteve média 4.00, mas com um desvio padrão muito alto ($\sigma = 1.34$), reforçando que a compreensão do sistema variou drasticamente entre os usuários. Os resultados evidenciam que a operabilidade é o ponto crítico a ser priorizado em futuras atualizações.

6.2.4 Acessibilidade

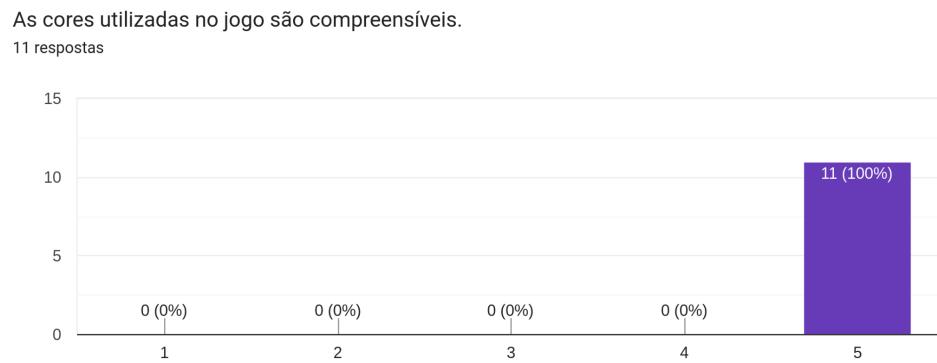
A acessibilidade avalia a legibilidade, a clareza visual, o contraste e a adequação geral da interface para diferentes perfis de usuários. As figuras [36](#) e [37](#) mostram os resultados obtidos.

Figura 36 – Gráfico da avaliação de acessibilidade: “As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.”



Fonte: Autor

Figura 37 – Gráfico da avaliação de acessibilidade: “As cores utilizadas no jogo são comprehensíveis.”



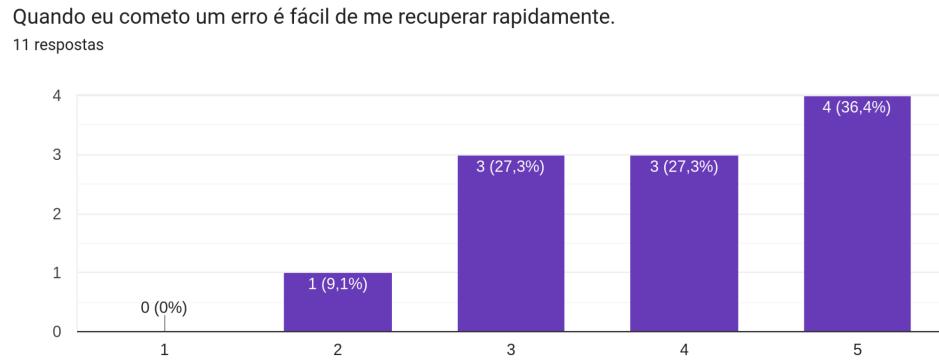
Fonte: Autor

Diferentemente da operabilidade, a acessibilidade visual obteve médias altas ($\mu > 4.60$) e variabilidade baixa, indicando que os participantes consideraram as fontes e as cores do jogo legíveis e comprehensíveis. O jogo se mostra visualmente acessível e adequado para públicos diversos, sem apresentar barreiras significativas de leitura ou interpretação cromática.

6.2.5 Proteção Contra Erros

Esta subdimensão avalia a capacidade do jogo de permitir a recuperação rápida em caso de erros cometidos pelo jogador. A Figura 38 demonstra a percepção dos jogadores quanto a este aspecto.

Figura 38 – Gráfico da avaliação de proteção: “Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.”



Fonte: Autor

Os resultados mostram médias moderadas (3.73) com variabilidade considerável ($\sigma = 1.27$). A aleatoriedade na geração dos elementos foi citada como um fator que, ocasionalmente, dificulta a recuperação após um erro de combinação. Apesar disso, a mecânica geral não foi percebida como excessivamente punitiva, demonstrando uma boa tolerância a falhas, passível de ajustes finos no balanceamento.

6.3 CONTEÚDO

A dimensão conteúdo verifica se o jogo representa adequadamente os conceitos educacionais e se os jogadores percebem valor na experiência pedagógica.

A Tabela 41 apresenta a média, a mediana e o desvio padrão calculados para cada afirmação dessa dimensão, com base nos dados disponibilizados no Apêndice B.

Tabela 41 – Avaliação do Conteúdo - Média, Mediana e Desvio Padrão

Subdimensão	Avaliação	Média	Mediana	Desvio Padrão
Relevância	Conceitos de Estruturas de Dados bem representados.	4.45	5.00	0.52
Relevância	O jogo é útil para treinar conceitos já conhecidos.	4.10	5.00	0.94
Relevância	A abordagem implícita foi positiva.	4.27	5.00	1.35

Fonte: Autor

6.3.1 Relevância

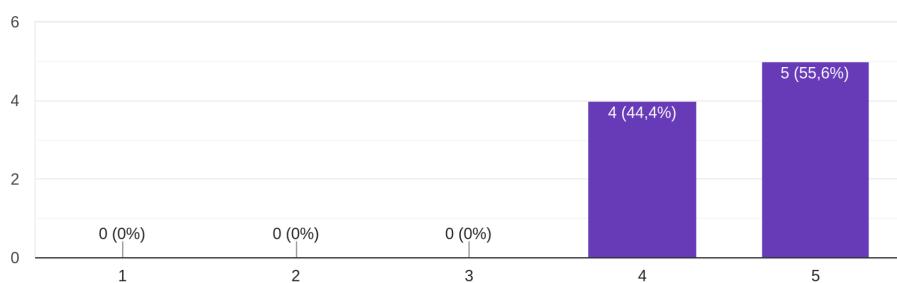
A relevância examina se os conceitos de pilha, fila e lista encadeada foram compreendidos e vistos como úteis dentro do contexto do jogo. As figuras 39, 40 e 41 detalham a avaliação do

conteúdo.

Figura 39 – Gráfico da avaliação de relevância: “Os conceitos de estruturas de dados (pilha, fila e lista encadeada) foram bem representados no jogo, mesmo que de forma implícita.”

Os conceitos de estruturas de dados (pilha, fila e lista encadeada) foram bem representados no jogo, mesmo que de forma implícita?

9 respostas

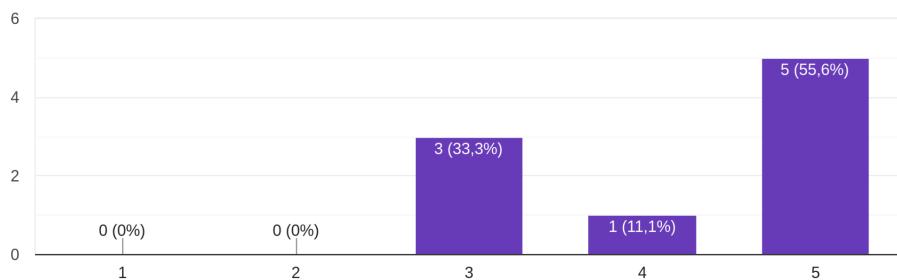


Fonte: Autor

Figura 40 – Gráfico da avaliação de relevância: “O jogo é útil para treinar conceitos já conhecidos.”

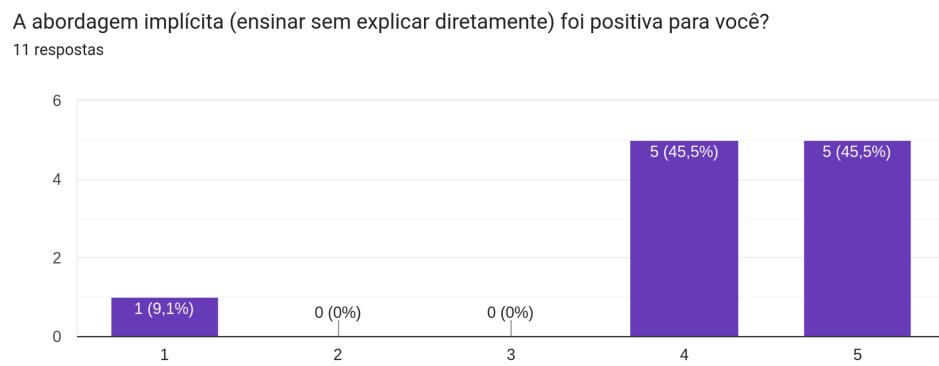
O jogo é útil para treinar conceitos já conhecidos?

9 respostas



Fonte: Autor

Figura 41 – Gráfico da avaliação de relevância: “A abordagem implícita (ensinar sem explicar diretamente) foi positiva.”



Fonte: Autor

As médias foram altas ($\mu = 4.45$ para representação dos conceitos), indicando que a transposição das estruturas de dados para as mecânicas de jogo foi bem-sucedida. Comentários afirmam que os conceitos foram apresentados “de maneira simples, mas efetiva” e que o jogo auxilia no treinamento de conhecimentos já adquiridos.

Vale ressaltar o alto desvio padrão ($\sigma = 1.35$) na questão sobre a abordagem implícita (Figura 41). Isso sugere que, embora a média seja positiva (4.27), a eficácia do ensino implícito não foi percebida da mesma forma por todos; alguns usuários apreciaram a sutileza, enquanto outros talvez preferissem instruções mais diretas. De modo geral, os dados indicam que o conteúdo pedagógico é percebido como relevante e correto, validando o potencial educacional do jogo.

6.4 ANÁLISE QUALITATIVA

Além dos dados quantitativos coletados através das escalas Likert (LIKERT, 1932), o questionário disponibilizou campos abertos para que os participantes pudessem descrever suas experiências, dificuldades e sugestões. A análise dessas respostas permite uma compreensão mais profunda de como as mecânicas de jogo dialogaram com os conceitos teóricos propostos.

De modo geral, a recepção da mecânica central, utilizar inventários que se comportam como estruturas de dados, foi destacada como o ponto alto da originalidade do projeto. Um dos participantes descreveu a experiência fazendo uma analogia interessante com jogos clássicos de quebra-cabeça:

“Gostei da forma em que mistura um jogo 2D com um Tetris, em que você tem que manejar sua mão de elementos e ao mesmo tempo ficar de olho na sua vida e nos

inimigos [...]. A ideia de cada slot de elemento agir de uma forma diferente ficou bem legal.”

Essa percepção sugere que o objetivo de gamificar o gerenciamento de memória foi atingido, transformando operações abstratas de inserção e remoção em uma mecânica de sobrevivência e combate. Outro participante ressaltou a eficácia dos recursos de apoio, especificamente o *Livro de Tutoriais* (item 5 da [Figura 19](#)), na consolidação do aprendizado:

“Achei o livro ótimo para estudar estrutura de dados, associar o inventário com suas respectivas estruturas e os consumíveis com suas respectivas operações...”

No que tange às dificuldades, o principal ponto de fricção identificado foi a aleatoriedade na geração dos elementos alquímicos. Como o jogador depende de combinações específicas para atacar, a geração aleatória por vezes entrava em conflito com as restrições rígidas das estruturas (como o topo da pilha ou o início da fila), gerando travamentos no fluxo de jogo. Um usuário relatou:

“Acredito que o principal aspecto de dificuldade do jogo é o RNG da geração de elementos, que faz com que muitas vezes seja necessário descartar elementos para tornar possível combinar os certos para derrotar o inimigo.”

Embora o ato de “descartar” elementos force o jogador a exercitar as operações de remoção (*pop/dequeue*), o excesso de aleatoriedade foi percebido como uma barreira à fluidez. Outros comentários apontaram que a curva de aprendizado inicial é acentuada, sugerindo que “seria interessante um tutorial mais guiado no começo”, visto que a necessidade de combinar o elemento correto com a fraqueza do inimigo não foi imediatamente óbvia para todos.

Em síntese, a análise qualitativa mostra que o jogo conseguiu atingir seu propósito ao oferecer uma mecânica inovadora e engajadora para o ensino de estruturas de dados. As críticas recebidas concentraram-se principalmente no balanceamento da aleatoriedade e na necessidade de um *onboarding* mais gradual, pontos que foram registrados e incorporados como recomendações para trabalhos futuros na [seção 7.4](#).

A seguir, no [Capítulo 7](#), são sintetizados os objetivos alcançados e discutidos os próximos passos do projeto, considerando tanto os avanços obtidos quanto as oportunidades de aprimoramento identificadas durante a avaliação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo central a criação de um jogo sério destinado ao ensino de conceitos fundamentais de estruturas de dados de forma implícita, utilizando mecânicas lúdicas e interativas para potencializar o aprendizado. Essa proposta surgiu em resposta às dificuldades identificadas na literatura, como a natureza abstrata dos conceitos e a baixa motivação dos estudantes na disciplina de Estruturas de Dados (MTAHO; MSELLE, 2024).

A implementação do jogo seguiu a metodologia de desenvolvimento *ENgAGED* (BATTISTELLA; WANGENHEIM, 2016), garantindo um processo estruturado que envolveu a definição da estratégia instrucional baseada na Aprendizagem Baseada em Jogos (COFFEY, 2009), a concepção dos elementos do jogo e o desenvolvimento das mecânicas centrais e genéricas.

7.1 RESULTADOS

Quanto ao desenvolvimento técnico, no que se refere aos requisitos estabelecidos, dos 16 requisitos funcionais propostos, 94% foram implementados integralmente. Entre os 13 requisitos não funcionais, 93% foram atendidos de forma satisfatória. O conteúdo da fase inicial foi concluído, introduzindo com sucesso os conceitos de Pilha, Fila e Lista Encadeada através da mecânica de gerenciamento de inventário.

A validação preliminar, realizada com 11 participantes utilizando o modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020) de forma adaptada, indicou uma recepção positiva da abordagem proposta:

- **Experiência do Jogador:** Os índices de engajamento e diversão foram elevados, com médias superiores a 4.5 na escala Likert, validando o potencial lúdico da ferramenta.
- **Conteúdo:** A representação dos conceitos obteve média de 4.45, sugerindo que a metáfora visual dos inventários foi eficaz para o ensino implícito.
- **Usabilidade:** A estética foi o ponto mais elogiado (4.82), enquanto a operabilidade apresentou a menor média (3.27), evidenciando a necessidade de ajustes nos controles e na curva de aprendizado.

A principal inovação deste projeto reside na incorporação implícita de múltiplas estruturas de dados dentro de um contexto narrativo de fantasia. Diferente de abordagens tradicionais, o jogo não pausa a ação para explicar o conceito; o jogador deve internalizar a regra da estrutura para sobreviver aos desafios de combate.

7.2 COMPARATIVO COM TRABALHOS RELACIONADOS

A Tabela 42 apresenta uma comparação direta entre o jogo desenvolvido e os jogos identificados na revisão bibliográfica. Observa-se que, enquanto a maioria dos jogos analisados adota formatos focados estritamente em lógica (*Puzzle*), a presente proposta diferencia-se por integrar estruturas de dados em um gênero de Plataforma 2D com fantasia e aventura. Essa escolha de design visa reduzir a carga cognitiva inicial e aumentar a imersão.

Tabela 42 – Comparação entre os jogos relacionados e o jogo proposto

Trabalho	CED	Ensino	Estilo	Gênero	Gratuito
Human R.M.	-	Explícito	<i>Top Down</i>	<i>Puzzle</i>	Não
AlgoBot	-	Implícito	<i>Top Down</i>	<i>Puzzle</i>	Não
MOP’N SPARK	-	Implícito	Plataformer 2D	<i>Puzzle</i>	Indefinido
Iron Ears	P,F,L	Implícito	<i>Drag & Drop</i>	<i>Puzzle</i>	Sim
Trabalho Proposto	P,F,L	Implícito	Plataformer 2D	Aventura	Sim

Fonte: Autor

De forma complementar, a Tabela 43 compara o projeto com outros trabalhos acadêmicos. Nota-se que poucos trabalhos integram múltiplas estruturas simultaneamente em uma narrativa coesa com ensino implícito.

Tabela 43 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o trabalho proposto

Trabalho	JD	CED	Ensino	Estilo	Gênero
CodingJob	Sim	-	Explícito	Simulador	<i>Puzzle</i>
CodeBô	Sim	F,L,P,B	Implícito	Isométrico	<i>Puzzle</i>
CodeBo Unplugged	Não	P	Implícito	Tabuleiro	<i>Puzzle</i>
AuxED	Sim	B	Explícito	P&C	<i>Puzzle</i>
Prog-poly	Não	-	Explícito	Tabuleiro	<i>Quiz</i>
Trabalho Proposto	Sim	P,F,L,O	Implícito	Plataformer 2D	Aventura

Fonte: Autor

7.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Apesar dos resultados promissores, o trabalho apresenta limitações decorrentes de restrições e de tempo e escopo, bem como desafios técnicos identificados durante a validação.

- **Escopo de Conteúdo:** Devido ao tempo hábil para o desenvolvimento dos *assets* e programação, apenas a primeira fase do jogo foi implementada. Isso restringiu a cobertura pedagógica à introdução das estruturas, deixando de fora a conclusão do arco narrativo.
- **Validação Metodológica:** A avaliação realizou-se em caráter de piloto com um grupo amostral reduzido. As fases 4 e 5 da metodologia ENgAGED, que preveem a aplicação

em sala de aula, não puderam ser realizadas. Isso limita a generalização dos dados sobre a eficácia pedagógica.

- **Aspectos Técnicos:** A geração procedural de elementos (RNG) apresentou problemas de balanceamento, ocasionalmente criando situações de travamento que frustraram os jogadores.

7.4 TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento deste jogo sério cumpriu os objetivos fundamentais estabelecidos para a fase de concepção e implementação do protótipo. No entanto, devido a restrições de cronograma, algumas etapas previstas na metodologia ENgAGED não puderam ser concluídas no escopo atual. A [Tabela 44](#) detalha estas etapas, que são essenciais para a validação pedagógica formal da ferramenta.

Tabela 44 – Trabalhos Futuros: Objetivos Incompletos

Trabalho Futuro	Descrição
Execução da Unidade Instrucional	Executar a fase 4 da metodologia ENgAGED, aplicando o jogo em contexto real de ensino e realizando coleta sistemática de dados.
Avaliação da Unidade Instrucional	Executar a fase 5 da metodologia ENgAGED, avaliando a eficácia pedagógica do jogo em sala de aula.
Fase 2 e 3	Concluir a narrativa do jogo, introduzindo o alquimista rival como chefão final e adicionando desafios pedagógicos complementares.

Fonte: Autor

Além das etapas metodológicas pendentes, a avaliação realizada com os usuários (descrita no [Capítulo 6](#)) forneceu *insights* valiosos sobre aspectos técnicos e de design que necessitam de refinamento. A [Tabela 45](#) sintetiza as melhorias prioritárias identificadas a partir da análise qualitativa dos testes.

Tabela 45 – Trabalhos Futuros: Melhorias baseadas no Feedback

Melhoria	Justificativa
Balanceamento do RNG	Ajustar o algoritmo de geração de elementos para reduzir a aleatoriedade excessiva, evitando situações em que o jogador fica “travado” sem as combinações necessárias.
Reformulação do Tutorial	Criar uma introdução mais guiada e interativa, explicando com clareza as mecânicas de dano elemental e combinação, suavizando a curva de aprendizado inicial.

Fonte: Autor

Por fim, visando expandir o ciclo de vida do jogo e seu potencial de engajamento, foram mapeadas oportunidades de evolução que extrapolam o escopo original. Estas ideias, apresentadas na [Tabela 46](#), buscam modernizar a acessibilidade e ampliar a profundidade pedagógica da ferramenta.

Tabela 46 – Trabalhos Futuros: Ideias de Expansão

Expansão	Motivação
Versão Mobile	Aumentar o alcance e acessibilidade do jogo, atingindo novos públicos como estudantes que utilizam dispositivos móveis como plataforma principal.
Modo Arena	Introduzir elementos <i>arcade</i> focados em repetição e treino, reforçando os conceitos de estruturas de dados por meio de desafios rápidos e pontuação competitiva.
Modo PvP	Promover competitividade e interação social, permitindo que jogadores utilizem estratégias de gerenciamento de inventário para superar oponentes em tempo real.
Novas Estruturas (Árvores/Grafos)	Tornar o jogo mais robusto pedagogicamente, abordando tópicos avançados da disciplina e ampliando o repertório de mecânicas disponíveis.

Fonte: Autor

A implementação destes trabalhos futuros visa permitir que o jogo evolua de um protótipo funcional para uma ferramenta educacional robusta, capaz de atender a diferentes perfis de aprendizes. Com essas perspectivas de continuidade estabelecidas, encerra-se este estudo, apresentando as conclusões finais na seção 7.5 a seguir.

7.5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho atingiu seu objetivo principal ao projetar e implementar um jogo sério do gênero plataforma 2D que ensina conceitos de estruturas de dados de forma implícita. A proposta inovou ao utilizar uma temática de fantasia e alquimia para contextualizar o aprendizado, diferenciando-se das abordagens tradicionais baseadas em *puzzles* isolados ou questionários gamificados.

A validação do protótipo demonstrou que é possível mapear operações abstratas de memória (inserção e remoção em Pilhas, Filas e Listas) para mecânicas concretas de gerenciamento de inventário e combate. Os resultados obtidos indicam que essa abordagem favorece o engajamento e a motivação, mitigando a barreira inicial causada pela natureza abstrata da disciplina de Estruturas de Dados.

Embora limitações técnicas relacionadas à aleatoriedade e aos controles tenham sido identificadas, elas não invalidam a eficácia da metáfora pedagógica construída. Pelo contrário, apontam caminhos claros para o refinamento da ferramenta. Assim, conclui-se que o projeto entrega uma contribuição relevante ao fugir dos modelos convencionais de jogos educativos, provando que o gênero plataforma 2D pode ser eficaz para o ensino de computação. O jogo estabelece, portanto, um precedente para o desenvolvimento de ferramentas motivadoras que priorizam a experiência do jogador sem sacrificar a fidelidade do conteúdo técnico.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, L. G. de J.; SILVA, A. P. dos S. Codebô: Design e avaliação de um puzzle game para o ensino de estrutura de dados. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*. [S.l.], 2025. p. 27–36. Citado 4 vezes nas páginas 13, 16, 30 e 31.
- BATTISTELLA, P. E.; WANGENHEIM, C. G. von. *ENgAGED: Um Processo de Desenvolvimento de Jogos para Ensinar Computação*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309895607_ENgAGED_Um_Processo_de_Desenvolvimento_de_Jogos_para_Ensinar_Computacao>. Citado 5 vezes nas páginas 4, 5, 15, 20 e 84.
- CARROLL, L. *Alice's Adventures in Wonderland*. Macmillan, 1865. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://www.gutenberg.org/ebooks/11>>. Citado na página 54.
- CERQUEIRA, T. de O.; SILVA, A. P. S.; ARAUJO, L. G. de J. Codebo unplugged: Um jogo desplugado para o ensino de pilha. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*. [S.l.], 2023. p. 04–05. Citado na página 31.
- CHILWANT, K. Comparison of two teaching methods, structured interactive lectures and conventional lectures. *Biomedical Research*, v. 23, n. 3, p. 363–366, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 13, 16 e 17.
- COFFEY, H. Digital game-based learning. *Learn NC*, p. 1–3, 2009. Citado 7 vezes nas páginas 4, 5, 17, 22, 24, 45 e 84.
- CORMEN, T. H. et al. *Introduction to algorithms*. MIT press, 2022. Accessed: 2025-07-04. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=RSMuEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&ots=a311_W6FVM&sig=ws-06DHa7Xc06QXZKzh7Pb2fvsA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Citado na página 16.
- COSTA, G. S. d. et al. Condigjob: um jogo sério para auxiliar nas disciplinas de linguagem de programação c. 2023. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. *Projeto de pesquisa:- Métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Penso Editora, 2021. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=URclEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&ots=9g5IlSG0Hy&sig=xJnONf44ZCNqOeEsuCHHZ5A0lq8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- Epic Games. *Unreal Engine Documentation*. [S.l.], 2025. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com>>. Citado na página 53.
- Fishing Cactus. *Algo Bot on Steam*. 2018. Accessed: 2025-04-14. Disponível em: <https://store.steampowered.com/app/286300/Algo_Bot/>. Citado na página 35.
- FromSoftware. *Dark Souls*. Bandai Namco Entertainment, 2011. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://en.bandainamcoent.eu/dark-souls/dark-souls>>. Citado na página 54.
- GLATZ, I. et al. Desenvolvimento de um jogo para auxílio no ensino de estruturas de dados. Florianópolis, SC., 2023. Citado na página 32.

Godot Engine Community. *Godot Engine Documentation*. [S.l.], 2025. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://docs.godotengine.org>>. Citado na página 53.

HA, Y.; IM, H. The role of an interactive visual learning tool and its personalizability in online learning: Flow experience. *Online Learning*, ERIC, v. 24, n. 1, p. 205–226, 2020. Citado na página 13.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932. Citado 4 vezes nas páginas 19, 25, 68 e 82.

MOUAHEB, H. et al. The serious game: what educational benefits? *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 46, p. 5502–5508, 2012. Citado 6 vezes nas páginas 4, 5, 13, 15, 16 e 19.

MTAHO, A. B.; MSELLE, L. J. Difficulties in learning the data structures course: Literature review. *The Journal of Informatics*, v. 4, n. 1, p. 26–55, 2024. Accessed: 2025-07-04. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/tji/article/view/276299>>. Citado 8 vezes nas páginas 4, 5, 13, 15, 16, 17, 19 e 84.

NASCIMENTO, L. R. d. et al. *Prog-Poly: jogo de tabuleiro baseado no monopoly para ajudar nos estudos de linguagem de programação e engenharia de software*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.

Nintendo. *Super Mario Bros*. Nintendo, 1985. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://www.nintendo.com/pt-pt/Jogos/NES/Super-Mario-Bros-803853.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 56.

Nintendo. *The Legend of Zelda Series*. Nintendo, 1986. Franquia de jogos eletrônicos. Disponível em: <<https://zelda.nintendo.com/>>. Citado na página 56.

NPC42 Games. *Iron Ears: Data Structure*. 2020. Accessed: 2025-04-15. Disponível em: <<https://npc42-games.itch.io/ironears>>. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

Omoplata Games. *MOP'N SPARK on Steam*. 2025. Accessed: 2025-04-14. Disponível em: <https://store.steampowered.com/app/3491720/MOPN_SPARK/>. Citado na página 36.

PAPERT, S. The children's machine. *Technology Review-Manchester NH*-, TECHNOLOGY REVIEW, v. 96, p. 28–28, 1993. Citado 3 vezes nas páginas 13, 17 e 22.

PETRI, G.; WANGENHEIM, C. Gresse von; BORGATTO, A. Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, p. 52, 01 2020. Citado 12 vezes nas páginas 4, 5, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 84, 91, 98 e 99.

SEGA. *Sonic the Hedgehog*. SEGA, 1991. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://www.sega.com/sonic-the-hedgehog>>. Citado na página 55.

Square Enix. *Dragon Quest Series*. Square Enix, 1986. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://dragonquest.square-enix-games.com/>>. Citado na página 56.

Square Enix. *Final Fantasy Series*. Square Enix, 1987. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://finalfantasy.square-enix-games.com/>>. Citado na página 56.

Team Cherry. *Hollow Knight*. Team Cherry, 2017. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://www.hollowknight.com/>>. Citado na página 56.

Tomorrow Corporation. *Human Resource Machine on Steam*. 2015. Accessed: 2025-04-14. Disponível em: <https://store.steampowered.com/app/375820/Human_Resource_Machine/>. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.

Unity Technologies. *Unity Manual*. [S.l.], 2025. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual>>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 53.

WIKIPEDIA. *Alchemical Symbols*. 2025. Acesso em: nov. 2025. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Alchemical_symbol>. Citado na página 55.

A INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO

Este apêndice apresenta o questionário aplicado aos 11 participantes da avaliação, adaptado do modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020). O questionário utilizou, em grande parte, uma escala Likert de 5 pontos, onde 1 significa “Discordo Totalmente” e 5 significa “Concordo Totalmente”.

PERFIL DO PARTICIPANTE

1. Idade* (<18, 18-30, 31-40, 41-50, 51+)
2. Gênero (Masculino, Feminino, Outro)
3. Você possui conhecimento prévio na área de desenvolvimento de software/programação?* (Sim/Não)
4. Você costuma jogar jogos digitais?* (Sim/Não)
5. Com qual frequência você joga jogos digitais? (Escala Linear de 1 a 5)

CONTEÚDO DA ÁREA

Esta seção avalia a percepção dos usuários sobre a representação e utilidade pedagógica dos conceitos de Estruturas de Dados no jogo.

1. Qual o seu nível de expertise em programação/desenvolvimento? (Escala Linear de 1 a 5)
2. Os conceitos de estruturas de dados (pilha, fila e lista encadeada) foram bem representados no jogo, mesmo que de forma implícita.* (Escala Linear de 1 a 5)
3. O jogo é útil para treinar conceitos já conhecidos.* (Escala Linear de 1 a 5)
4. Deseja comentar algo sobre como o jogo ensinou os conceitos ou sugerir melhorias? (qualitativa)

SOBRE O JOGO

- A abordagem implícita (ensinar sem explicar diretamente) foi positiva.* (Escala Linear de 1 a 5)
- Você ficou preso ou sem entender algo em algum momento? Se sim, descreva. (qualitativa)

- Comentários gerais sobre o jogo: (qualitativa)

AVALIAÇÃO SEGUNDO O MODELO MEEGA+ (ADAPTADO) - EXPERIÊNCIA DO JOGADOR

Esta seção avalia o Engajamento, a Diversão, a Satisfação, a Imersão e o Desafio.

1 - Discordo totalmente

5 - Concordo totalmente

1. O jogo conseguiu manter meu interesse.
2. Eu estava motivado a continuar jogando.
3. O jogo apresentou estímulos que mantiveram minha atenção.
4. Jogar este jogo foi divertido.
5. Senti satisfação ao completar desafios ou derrotar inimigos.
6. Eu recomendaria este jogo para meus colegas.
7. O nível de desafio foi adequado para mim.
8. Os desafios me incentivaram a tentar melhorar.
9. Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.
10. Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo.

AVALIAÇÃO SEGUNDO O MODELO MEEGA+ (ADAPTADO) - USABILIDADE

Esta seção avalia a Estética, a Aprendibilidade, a Operabilidade, a Acessibilidade e a Proteção contra Erros.

1 - Discordo totalmente

5 - Concordo totalmente

1. O design do jogo é atraente.
2. Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.
3. Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.
4. Eu considero que o jogo é fácil de jogar.
5. As regras do jogo são claras e compreensíveis.

6. As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.
7. As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.
8. Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.

OBRIGADO POR JOGAR E POR CONTRIBUIR COM ESTE TRABALHO!

1. Deseja deixar algum comentário final? (qualitativa)

B DADOS BRUTOS DA AVALIAÇÃO

Este apêndice contém a transcrição integral dos dados obtidos através do questionário aplicado aos 11 participantes (P1 a P11). As respostas são segregadas em seis tabelas conforme a estrutura do instrumento de coleta de dados.

TABELA 1: PERFIL DO PARTICIPANTE

Tabela 47 – Dados de Perfil dos Participantes (N = 11)

ID	Idade (Q1)	Gênero (Q2)	Conhece Prog.? (Q3)	Joga Jogos? (Q4)	Frequência (1-5) (Q5)
P1	31-40	M	Sim	Sim	5
P2	18-30	M	Sim	Sim	5
P3	18-30	M	Não	Sim	4
P4	<18	M	Não	Sim	4
P5	18-30	M	Sim	Sim	5
P6	18-30	M	Sim	Sim	5
P7	18-30	M	Sim	Sim	5
P8	18-30	M	Sim	Sim	5
P9	18-30	M	Sim	Sim	-
P10	18-30	M	Sim	Sim	5
P11	18-30	M	Sim	Sim	3

Fonte: Autor. *Frequência (Q5): 1 = Raramente, 5 = Diariamente. -: Dado não preenchido ou não aplicável.

TABELA 2: CONTEÚDO DA ÁREA

Tabela 48 – Respostas Quantitativas: Conteúdo da Área (N = 11)

ID	Expertise Prog. (1-5) (Q6)	Conceitos Repres.? (1-5) (Q7)	Útil p/ Treinar? (1-5) (Q8)
P1	3	4	5
P2	1	5	5
P3	-	-	-
P4	-	-	-
P5	3	4	3
P6	5	4	5
P7	3	5	5
P8	5	4	3
P9	4	5	4
P10	4	5	3
P11	5	5	5

Fonte: Autor. *1 = Mais Baixo/Discordo Totalmente, 5 = Mais Alto/Concordo Totalmente. -: Dado não preenchido ou não aplicável.

TABELA 3: AVALIAÇÃO MEEGA+ (EXPERIÊNCIA DO JOGADOR)

Tabela 49 – Respostas Brutas da Escala Likert - Experiência do Jogador (N = 11)

ID	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21
P1	4	4	5	5	5	4	3	3	4	4
P2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
P3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
P4	4	4	3	4	4	4	5	2	2	5
P5	5	5	4	5	5	5	3	4	5	4
P6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3
P7	5	5	5	5	5	3	5	4	4	5
P8	5	4	4	5	4	5	5	5	3	3
P9	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5
P10	4	4	4	5	3	4	5	4	5	4
P11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: Autor. *1 = Discordo Totalmente, 5 = Concordo Totalmente. **Q12-Q14:** Engajamento; **Q15:** Diversão; **Q16-Q17:** Satisfação; **Q18-Q19:** Desafio; **Q20-Q21:** Imersão.

TABELA 4: AVALIAÇÃO MEEGA+ (USABILIDADE) E ABORDAGEM IMPLÍCITA

Tabela 50 – Respostas Brutas da Escala Likert - Usabilidade e Abordagem Implícita (N = 11)

ID	Q9	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29
P1	5	5	5	2	2	4	5	5	3
P2	5	5	5	5	4	5	5	5	5
P3	5	5	5	4	3	5	5	5	5
P4	1	4	4	5	5	3	5	5	4
P5	4	4	5	4	3	2	4	5	3
P6	4	5	2	3	4	3	3	5	5
P7	5	5	5	3	3	4	5	5	4
P8	4	4	4	2	3	1	5	5	4
P9	4	5	5	5	4	4	5	5	3
P10	4	5	5	5	4	5	4	5	2
P11	5	5	5	4	4	5	5	5	5

Fonte: Autor. *1 = Discordo Totalmente, 5 = Concordo Totalmente. **Q22-Q23:** Estética; **Q24:** Aprendibilidade; **Q25-Q26:** Operabilidade; **Q27-Q28:** Acessibilidade; **Q29:** Proteção Contra Erros. A questão **Q9** (Abordagem Implícita) está destacada como a primeira coluna.

TABELA 5: RESPOSTAS QUALITATIVAS (CONTEÚDO E BARREIRAS)

Esta tabela agrupa as respostas abertas relacionadas à percepção pedagógica e às dificuldades encontradas no fluxo de jogo.

Tabela 51 – Respostas Qualitativas: Conteúdo da Área e Barreiras no Jogo (N = 11)

ID	Comentários sobre Ensino/Melhorias (Q8)	Ficou Preso ou sem Entender Algo? (Q10)
P1	Acho que o jogo apresenta o conceito de maneira simples mas efetiva.	Fiquei preso por causa do RNG de geração dos elementos.
P2	-	-
P3	-	demorei para entender que pra da dano tem que usar o elemento que esta na cabeça do inimigo.
P4	-	Não, porque o Silvio e o amigo dele explicou o jogo antes.
P5	talvez so diminuir um pouco a dificuldade por causa que isso dificulta um pouco no começo para entender como funciona a pilha, fila e lista	-
P6	Gostei da forma em que mistura um jogo 2d , com um tetris, em que você tem que manejá sua mão de elementos e ao mesmo tempo ficar de olho na sua vida e nós inimigos, a dificuldade do jogo está um pouco alta mas ao mesmo tempo prende bastante a pessoa . Acho que poderia melhorar na fonte e no menu do jogo, organizar um pouco mais o menu e os tutoriais.	No começo, é um pouco estranho de entender, por que o tutorial está um pouco bagunçado, não sei se é por conta da fonte e etc, mas assim que você começa a jogar você consegue aprender.
P7	-	-
P8	-	Sim, a mecânica de magia é um pouco complexa para entender. O livro explica, mas acredito que seria interessante um tutorial mais guiado no começo.
P9	-	-
P10	Aumento do tempo de invulnerabilidade após hit e possibilidade de ao menos mudar de direção enquanto conjura elementos	-
P11	Achei o livro ótimo para estudar estrutura de dados, associar o inventário com suas respectivas estruturas e os consumíveis com suas respectivas operações de CRUD.	-

Fonte: Autor. -: Dado não preenchido.

TABELA 6: RESPOSTAS QUALITATIVAS (COMENTÁRIOS GERAIS E FINAIS)

Esta tabela conclui a transcrição dos dados qualitativos, agrupando os comentários abertos sobre a experiência geral e considerações finais.

Tabela 52 – Respostas Qualitativas: Comentários Gerais e Finais (N = 11)

ID	Comentários Gerais sobre o Jogo (Q11)	Comentário Final (Q30)
P1	Acredito que o principal aspecto de dificuldade do jogo é o RNG da geração de elementos, que faz com que muitas vezes seja necessário descartar elementos para tornar possível combinar os certos para derrotar o inimigo. Se fosse possível amenizar esta questão, acho que a jogabilidade ficaria mais fluída e divertida.	Eu tive bastante dificuldade para fazer o pulo antes da arena, onde é preciso segurar o SPACE, porque muitas vezes não registrava o comando de pulo e eu caia direto. Não sei se isso é bug ou o meu teclado com problemas.
P2	-	-
P3	A ideia de cada slot de elemento agir de uma forma diferente ficou bem legal.	O jogo ficou muito bom com uma ideia de jogabilidade bem diferente.
P4	Bem bacana, espero a segunda fase, se tiver record mundial vou fazer kkkkk.	Ficou daora o jogo.
P5	muito bom só que com dificuldade um pouco grande por causa dos comandos serem meios exóticos no meio	jogo muito massa, e muito bonitinho
P6	Jogo é muito interessante, a mecânica principal, gostei dos gráficos, acho que a única coisa que eu mudaria é a organização e o design do tutorial dos menus. Espero que lancem mais fases.	Parabéns pelo jogo , da pra ver que o criador colocou bastante tempo e carinho para cria-lo.
P7	-	-
P8	Show. Gostaria de poder realizar ações durante o pulo para ficar mais dinâmico.	-
P9	-	-
P10	Só achei que às vezes demora vir o elemento necessário já que tem que ter pelo menos dois e numa posição que seja possível mesclar. Fora isso, legal e bonito.	Parabéns leo!
P11	Muito bom, me diverti jogando e ainda reforcei conceitos de estrutura de dados.	Parabéns, o desenvolvedor desse jogo é extremamente competente e merece muito sucesso.

Fonte: Autor. -: Dado não preenchido.

A INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO: MODELO MEEGA+

O instrumento de avaliação utilizado neste trabalho, detalhado no [Apêndice A](#), é uma adaptação do modelo MEEGA+ ([PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020](#)). Para fins de referência e documentação do modelo original, a [Tabela 53](#) apresenta a listagem completa dos 35 itens do questionário MEEGA+, conforme proposto por [Petri, Wangenheim e Borgatto \(2020\)](#). Todos os itens são avaliados em uma escala Likert de 5 pontos, onde 1 significa “Discordo Totalmente” e 5 significa “Concordo Totalmente”, abrangendo os construtos de Usabilidade, Engajamento e Eficácia Pedagógica.

Tabela 53 – Itens do questionário do modelo MEEGA+

Dimensão	Subdimensão	Item	Descrição do Item
Usabilidade	Estética	1	O design do jogo é atraente (interface, gráficos, tabuleiro, cartas, etc.).
	Estética	2	Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.
	Aprendizibilidade	3	Eu precisei aprender poucas coisas para poder começar a jogar o jogo.
	Aprendizibilidade	4	Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.
	Aprendizibilidade	5	Eu acho que a maioria das pessoas aprenderiam a jogar este jogo rapidamente.
	Operabilidade	6	Eu considero que o jogo é fácil de jogar.
	Operabilidade	7	As regras do jogo são claras e compreensíveis
	Acessibilidade	8	As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.
	Acessibilidade	9	As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.
	Acessibilidade	10	O jogo permite personalizar a aparência (fonte e/ou cor) conforme a minha necessidade.
	Proteção contra erros do usuário	11	O jogo me protege de cometer erros.
	Proteção contra erros do usuário	12	Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.
Confiança	Confiança	13	Quando olhei pela primeira vez o jogo, eu tive a impressão de que seria fácil para mim.
	Confiança	14	A organização do conteúdo me ajudou a estar confiante de que eu iria aprender com este jogo.
Desafio	Desafio	15	Este jogo é adequadamente desafiador para mim.
<i>Continua na próxima página</i>			

Dimensão	Subdimensão	Item	Descrição do Item
	Desafio	16	O jogo oferece novos desafios (oferece novos obstáculos, situações ou variações) com um ritmo adequado.
	Desafio	17	O jogo não se torna monótono nas suas tarefas (repetitivo ou com tarefas chatas).
	Satisfação	18	Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização.
	Satisfação	19	É devido ao meu esforço pessoal que eu consigo avançar no jogo.
	Satisfação	20	Me sinto satisfeito com as coisas que aprendi no jogo.
	Satisfação	21	Eu recomendaria este jogo para meus colegas.
	Interação social	22	Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo.
	Interação social	23	O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre os jogadores.
	Interação social	24	Eu me senti bem interagindo com outras pessoas durante o jogo.
	Diversão	25	Eu me diverti com o jogo.
	Diversão	26	Aconteceu alguma situação durante o jogo (elementos do jogo, competição, etc.) que me fez sorrir.
	Atenção focada	27	Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.
	Atenção focada	28	Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.
	Atenção focada	29	Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo.
	Relevância	30	O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses.
	Relevância	31	É claro para mim como o conteúdo do jogo está relacionado com a disciplina.
	Relevância	32	O jogo é um método de ensino adequado para esta disciplina.
	Relevância	33	Eu prefiro aprender com este jogo do que de outra forma (outro método de ensino).
	Aprendizagem percebida	34	O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina.
	Aprendizagem percebida	35	O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina

Fonte: (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2020)