

Desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de jogos educacionais para ensino de Computação

Matheus dos Santos Luccas

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional (PPG-CCMC)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Matheus dos Santos Luccas

Desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de jogos educacionais para ensino de Computação

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientadora: Profa. Dra. Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco

USP – São Carlos
Abril de 2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

L934d Luccas, Matheus
 Desenvolvimento de uma metodologia para
 elaboração de jogos educacionais para ensino de
 Computação / Matheus Luccas; orientadora Kalinka
 Branco. -- São Carlos, 2024.
 164 p.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
 em Ciências de Computação e Matemática
 Computacional) -- Instituto de Ciências Matemáticas
 e de Computação, Universidade de São Paulo, 2024.

 1. Serious games. 2. Construtivismo. 3. Educação
 tecnológica. 4. Ensino superior de Computação. 5.
 Metodologia. I. Branco, Kalinka, orient. II. Título.

Matheus dos Santos Luccas

Development of a methodology for creating educational
games for teaching computing

Master dissertation submitted to the Instituto de
Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-
USP, in partial fulfillment of the requirements for the
degree of the Master Program in Computer Science
and Computational Mathematics. *FINAL VERSION*

Concentration Area: Computer Science and
Computational Mathematics

Advisor: Profa. Dra. Kalinka Regina Lucas Jaquie
Castelo Branco

USP – São Carlos

April 2024

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Benedito Osmar Luccas e Elizete Tania Siqueira dos Santos Luccas a quem todas as minhas conquistas pertencem, ao meu irmão Luis Felipe dos Santos Luccas que sempre está ao meu lado, a minha irmã Maria Júlia dos Santos Luccas que me inspira, ao meu irmão Thiago dos Santos Luccas que nunca me negou ajuda.

A professora doutora Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco que orientou essa iniciativa com apoio e entusiasmo incansável, aos professor doutor Júlio Cezar Estrella que auxiliou nas iniciativas e permitiu levantamento de dados cruciais, ao professor doutor Thiago Alexandre Salgueiro Pardo que participou do caso de uso, apresentando o jogo Star Owners e incentivando os alunos de sua turma.

A participação do doutor Leonardo Tórtoro Pereira na indicação de fundamentos teóricos.

Aos auxílios financeiros da CAPES - PROEX ao longo do programa de mestrado.

A Universidade de São Paulo por toda estruturação. A Deus que colocou todas essas pessoas em meu caminho.

“Um sonho pelo qual você não lute, pode assombrá-lo pela vida inteira.”

Robôs (2005) - 20th Century Fox

ABSTRACT

LUCCAS, MATHEUS DOS SANTOS. **Desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de jogos educacionais para ensino de Computação**. 2024. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2024.

The use of games, specifically serious games, as a learning and teaching tool in technological education has attracted the attention of several initiatives in computer courses. This interest is primarily due to the advantages that an engaging tool offers in involving students in their learning. However, the use of serious games requires caution, attention, and dedication from developers to ensure that the tool provides efficient gains. This dissertation explores the application of serious games in higher computer education, evaluating models, methods, and metamodels to guide the development of games efficiently and with scientific grounding. Based on constructivist concepts, the methodology presented, called COMBO (Ciclo Ordenado Modular Baseado em Oportunidades), will guide future projects involving the application of games as learning tools. The goal is to promote technological education and meet the diverse learning needs in computer studies for an adult and diverse audience, including undergraduate students. This takes into consideration the challenges and difficulties that developers currently encounter, such as engagement and learning. An initial study was conducted through a literature review, allowing the evaluation of the scenario of serious game usage. This enabled us to observe not only the application of these games but also the most common failures during their use.

The COMBO methodology, designed for the development of serious games for higher computer education, has been elaborated and enables the creation of the 'Star Owners' game, demonstrating the efficiency of the methodology. Following that methodology, this game was introduced to a Theory of Computation class, allowing data analysis with the aim of evaluating learning outcomes based on student feedback, which resulted in positive returns. The results presented in this document were positive for the use of COMBO as a tool for the development, application, and analysis of serious games in computing learning.

Keywords: Serious games, Constructivism, Technological education, Higher Computer education, Methodology.

RESUMO

LUCCAS, MATHEUS DOS SANTOS. **Desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de jogos educacionais para ensino de Computação**. 2024. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2024.

O uso de jogos, especificamente *serious game*, como uma ferramenta de aprendizado e ensino na educação tecnológica tem atraído a atenção de várias iniciativas em cursos de computação. Esse interesse se deve principalmente às vantagens que uma ferramenta atraente oferece para envolver os alunos em seu aprendizado. No entanto, o uso de *serious games* exige cautela, atenção e dedicação dos desenvolvedores para garantir que a ferramenta proporcione ganhos efetivos. Esta dissertação explora a aplicação de *serious games* no ensino superior de computação, avaliando modelos, métodos e metamodelos para orientar o desenvolvimento de jogos de maneira eficiente e com embasamento científico. Com base em conceitos construtivistas, a metodologia apresentada, chamada COMBO (Ciclo Ordenado Modular Baseado em Oportunidades), orientará projetos futuros envolvendo a aplicação de jogos como ferramentas de aprendizado. O objetivo é promover a educação tecnológica e atender às diversas necessidades de aprendizado em estudos de computação para um público adulto e diversificado, incluindo estudantes universitários. Isso leva em consideração os desafios e dificuldades que os desenvolvedores enfrentam atualmente, como o engajamento e o aprendizado. Um estudo inicial foi conduzido por meio de uma revisão de literatura, permitindo a avaliação do cenário do uso de *serious game*. Isso permitiu observar não apenas a aplicação desses jogos, mas também as falhas mais comuns durante o uso dos mesmos.

A metodologia COMBO, projetada para o desenvolvimento de *serious games* para o ensino superior de computação, foi elaborada e permitiu a criação do jogo *Star Owners*, demonstrando a eficiência da metodologia. Seguindo essa metodologia, este jogo foi introduzido em uma disciplina de Teoria da Computação, permitindo a análise de dados com o objetivo de avaliar os resultados de aprendizado com base no *feedback* dos alunos, o que resultou em retornos positivos. Os resultados apresentados neste documento foram positivos para o uso da COMBO como uma ferramenta para o desenvolvimento, aplicação e análise de *serious games* no aprendizado de computação.

Palavras-chave: *Serious games*, Construtivismo, Educação tecnológica, Ensino superior de Computação, Metodologia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição das publicações encontradas após buscas.	44
Figura 2 – Distribuição das publicações encontradas após avaliação.	45
Figura 3 – Análise de clusterização entre palavras chaves usadas nos estudos.	46
Figura 4 – Número de publicações aceitas na revisão sistemática ao longo dos anos. . .	46
Figura 5 – Número de jogos dos artigos aprovados para revisão por temas abordados. .	51
Figura 6 – Número de jogos dos artigos aprovados para revisão por gêneros adotados. .	52
Figura 7 – Diagrama dos ciclos da metodologia COMBO.	68
Figura 8 – Diagrama do ciclo de processo criativo proposto pela MIT <i>Media Lab</i>	76
Figura 9 – Criação do caminho que leve o meteoro até a estação dourada.	85
Figura 10 – O símbolo do primeiro quadrado direciona o meteoro pelo caminho a seguir.	86
Figura 11 – Não havendo caminho correspondente ao primeiro quadrado, o jogador perde a partida.	86
Figura 12 – O jogador deve levar o meteoro até uma estação dourada após eliminar todos os quadrados, ou encerrará a partida	86
Figura 13 – No modo normal - adaptação do caminho para cada nova entrada.	87
Figura 14 – No enigma A - montagem de um caminho que aceite todas as cadeias dadas.	88
Figura 15 – No enigma B - definição de quais cadeia levarão o meteoro à estação dourada.	88
Figura 16 – Mundo 1 - órbita da Terra	89
Figura 17 – Mundo 2 - cinturão de asteroides.	90
Figura 18 – Meteoro segue pelo caminho verde - a pilha está carregada.	90
Figura 19 – Ao passar pela meia-lua verde clara, a pilha é carregada com mais um símbolo.	91
Figura 20 – Caminhos estelares - meteoros podem ser redirecionados até a estação dourada, mesmo sem cadeia.	91
Figura 21 – Mundo 3 - o sol.	92
Figura 22 – Alteração da carta líder ao passar pela estação.	92
Figura 23 – Carta líder decidirá o caminho do meteoro e não a primeira carta.	92
Figura 24 – Direção da parte colorida decide qual o novo líder da cadeia.	93
Figura 25 – A estação com a exata configuração pedida é alcançada.	93
Figura 26 – O símbolo “(!)” indica que qualquer cadeia é permitida, todos os meteoros precisam alcançar a estação dourada.	93
Figura 27 – Estados inicial e final representados no jogo.	94
Figura 28 – Controles disponíveis no jogo.	95
Figura 29 – Tela inicial do jogo, onde é possível escrever os códigos de trapaça.	97

Figura 30 – O jogador pode obter diversas estrelas completando várias missões.	97
Figura 31 – O jogador precisa conseguir estrelas suficiente para ter acesso a mais fases. .	98
Figura 32 – Fluxograma do jogo <i>Star Owners</i>	98
Figura 33 – Histograma de quantidade de estrelas obtidas pelos alunos ao longo das atividades.	115
Figura 34 – Histograma de tempo total investido pelos alunos ao longo das atividades. .	116
Figura 35 – Histograma do total de tentativas dos alunos ao longo do jogo.	116
Figura 36 – Histograma do tempo total gasto no primeiro mundo do jogo.	117
Figura 37 – Histograma do tempo total gasto no segundo mundo do jogo.	117
Figura 38 – Histograma do tempo total gasto no terceiro mundo do jogo.	118
Figura 39 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 1.	119
Figura 40 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 2.	120
Figura 41 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 3.	121
Figura 42 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 4.	122
Figura 43 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 5.	123
Figura 44 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 6.	124
Figura 45 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério diversão do jogo.	125
Figura 46 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério intuitividade do jogo.	126
Figura 47 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério familiaridade com os temas do jogo.	126
Figura 48 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério compreensão dos tópicos do jogo.	127
Figura 49 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério aprendizado do jogo.	127
Figura 50 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério recomendação futura do jogo.	127
Figura 51 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério concentração.	128
Figura 52 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério clareza de objetivos. . . .	129
Figura 53 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério <i>feedback</i>	129
Figura 54 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério desafio.	130
Figura 55 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério autonomia.	130
Figura 56 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério imersão.	131
Figura 57 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério interação.	131
Figura 58 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério conhecimento.	132
Figura 59 – Avaliação dos alunos sobre a efetividade do jogo na abordagem de cada tópico.	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de jogos para p ensino superior de Computação obtidas na revisão.	47
Tabela 2 – Lista de testes para avaliação de jogos e suas aplicações observados na revisão.	53
Tabela 3 – Lista de outras revisões sistemáticas retornadas na revisão.	54
Tabela 4 – Entrega documentada esperada para cada etapa em um ciclo da metodologia COMBO.	69
Tabela 5 – Relação de habilidades e gêneros indicados para exercício.	70
Tabela 6 – Tabela de cenário do jogo.	72
Tabela 7 – Tabela de montagem para comparação de objetivos e ativos.	73
Tabela 8 – Tabela de imprevistos e comportamento indesejáveis observados no jogo.	74
Tabela 9 – Tabela de evolução para sugestão de engajamento.	80
Tabela 10 – Atividades realizadas ao longo dos ciclos da metodologia para o desenvolvimento do jogo <i>Star Owners</i>	100
Tabela 11 – Tabela de montagem - relacionando objetivos de ensino, ciclos de elaboração, de desenvolvimento e rótulos dos ativos.	102
Tabela 12 – Tabela de pontuação para decisão do gênero de interesse para o jogo.	103
Tabela 13 – Tabela de cenários compara apresentação do cenário educacional no cenário do jogo por meio de ativos <i>Star Owners</i>	104
Tabela 14 – Tabela de imprevistos e comportamentos indesejáveis detectados ao longo dos ciclos.	107
Tabela 15 – Riscos observados em cada ciclo - antes do processo criativo.	108
Tabela 16 – Escalada do EGameFlow de acordo com Fu, Su e Yu (2009).	149
Tabela 17 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 1.	153
Tabela 18 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 1.	153
Tabela 19 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 1.	154
Tabela 20 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 2.	155
Tabela 21 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 2.	156
Tabela 22 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 2.	156
Tabela 23 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 3.	157
Tabela 24 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 3.	158
Tabela 25 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 3.	158
Tabela 26 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 4.	159
Tabela 27 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 4.	160
Tabela 28 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 4.	160

Tabela 29 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 5.	161
Tabela 30 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 5.	162
Tabela 31 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 5.	162
Tabela 32 – Estado da tabela de Montagem até o	163
Tabela 33 – Estado da tabela de Imprevistos até o	164
Tabela 34 – Estado da tabela de Riscos até o	164

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADDIE	<i>Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation</i>
ARG	<i>Alternate Reality Games</i>
COMBO	<i>Ciclo Organizado Modular Baseado em Oportunidades</i>
CSGE	<i>Constructionist Serious Game Engine</i>
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
EPS	<i>Education Problem Specification</i>
GAMED	<i>diGital educAtional gaMe dEvelopment methoDology</i>
GBL	<i>Game-based Learning</i>
GDBL	<i>Game Development Based Learning</i>
GDD	<i>Game Design Document</i>
GDD	<i>Game Design Document</i>
GDS	<i>Game Design Specification</i>
GIS	<i>Game Idea Specification</i>
ITC	<i>Introdução à Ciência de Computação</i>
JFLAP	<i>Java Formal Languages and Automata Package</i>
JSTA	<i>Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação</i>
LIAG	<i>Laboratório de Informática, Aprendizado e Gestão</i>
LMMS	<i>Linux MultiMedia Studio</i>
MDA	<i>Mechanic, Dynamic, Aesthetic</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
PBL	<i>Problem-Based Learning</i>
PICOC	<i>Population, Intervention, Comparison, Outcome and Context</i>
RPG	<i>Role playing games</i>
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
SG-ISD	<i>Simulation Games Instructional Systems Design</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TETEM	<i>Technology-Enhanced Training Effectiveness Model</i>
UFA	<i>Usuários Finais Aprendizes</i>
USP	<i>Universidade de São Paulo</i>
XP	<i>Extreme Programming</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Contextualização	23
1.2	Motivação	24
1.3	Objetivos	26
1.4	Estrutura do Texto	26
2	JOGOS DE COMPUTADORES E O ENSINO DE COMPUTAÇÃO	29
2.1	Considerações Iniciais	29
2.2	O Ensino de Computação	29
2.3	Educação Tecnológica e <i>Serious Games</i>	31
2.4	Desenvolvimento de jogos	32
2.5	Ensinando Computação com Jogos	33
2.6	Construtivismo	35
2.7	Considerações Finais	36
3	SERIOUS GAMES E A COMPUTAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR	
	- UMA REVISÃO	37
3.1	Considerações Iniciais	37
3.2	Planejamento	38
3.2.1	<i>Objetivos da revisão</i>	38
3.2.2	<i>Questões de pesquisas</i>	38
3.2.3	<i>Fontes de pesquisas</i>	39
3.2.4	<i>Escolha de palavras-chaves</i>	39
3.2.5	<i>Critérios de inclusão e de exclusão</i>	40
3.3	Condução	42
3.3.1	<i>String de busca</i>	42
3.3.2	<i>Seleção dos estudos</i>	43
3.4	Análise	45
3.4.1	<i>Síntese dos resultados</i>	45
3.4.2	<i>Jogos para ensino de Computação</i>	46
3.4.3	<i>Testes para avaliação dos jogos e de seus usos</i>	52
3.4.4	<i>Outras revisões</i>	55

3.4.5	<i>Vantagens, efeitos e ganhos da aplicação de serious games no ensino de Computação</i>	55
3.4.6	<i>Metodologias de desenvolvimento de serious games</i>	56
3.5	Considerações finais	58
4	DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA METODOLOGIA	59
4.1	Justificativas para desenvolvimento de uma metodologia	59
4.2	Metodologias existentes	60
4.3	<i>A metodologia COMBO - Ciclo Organizado Modular Baseado em Oportunidades</i>	63
4.3.1	<i>Fundamentação teórica</i>	63
4.3.2	<i>Elementos de aprendizados</i>	64
4.3.3	<i>Engajamento</i>	64
4.3.4	<i>Dinâmica de ensino com jogos</i>	65
4.3.5	<i>Avaliação do aprendizado</i>	66
4.4	<i>A metodologia COMBO</i>	67
4.4.1	<i>Determinação do objetivo de ensino</i>	69
4.4.2	<i>Identificação das skills e determinação do gênero de interesse</i>	70
4.4.3	<i>Estudo do relacionamento de ensino e gameplay</i>	71
4.4.4	<i>Montagem</i>	72
4.4.5	<i>Elaboração</i>	73
4.4.6	<i>Determinação de atividades, cenário e análise de riscos</i>	74
4.4.7	<i>Ensino das mecânicas do jogo</i>	75
4.4.8	<i>Ciclo de processo criativo</i>	75
4.4.9	<i>Testagem e polimento</i>	76
4.4.10	<i>Formulação dos questionários</i>	76
4.4.11	<i>Formulação do feedback e das atividades obrigatórias</i>	79
4.4.12	<i>Testagem e aplicação com alunos</i>	79
4.4.13	<i>Evolução</i>	80
4.4.14	<i>Determinação de novos objetivos</i>	80
4.5	Considerações finais	81
5	STAR OWNERS - UM SERIOUS GAME PARA O ENSINO DE TEORIA DA COMPUTAÇÃO	83
5.1	Considerações Iniciais	83
5.2	História	83
5.2.1	<i>Contextualização</i>	83
5.2.2	<i>Sobre o jogo</i>	84
5.3	<i>Gameplay</i>	85
5.3.1	<i>Regras e mecânicas</i>	85

5.3.2	<i>Modos de jogo</i>	86
5.3.2.1	<i>Modo normal</i>	87
5.3.2.2	<i>Enigma A</i>	87
5.3.2.3	<i>Enigma B</i>	88
5.3.3	<i>Mundos</i>	88
5.3.3.1	<i>Mundo 1: órbita da Terra</i>	89
5.3.3.2	<i>Mundo 2: cinturão de asteroides</i>	89
5.3.3.3	<i>Mundo 3: o sol</i>	91
5.4	Personagens e elementos do jogo	94
5.4.1	<i>Personagens</i>	94
5.4.2	<i>Outros elementos</i>	94
5.5	Cenário	94
5.6	Controles	95
5.7	Câmera	95
5.8	Universo	95
5.8.1	<i>Enredo</i>	95
5.8.1.1	<i>Sinopse</i>	96
5.9	Interface	96
5.9.1	<i>Tela de menu</i>	96
5.9.2	<i>Lógica de mapas e progressão de níveis</i>	97
5.9.3	<i>Fluxograma</i>	98
5.9.4	<i>Efeitos sonoros e música</i>	99
5.10	Uso da metodologia no desenvolvimento do jogo Star Owners	99
5.10.1	<i>Primeiros levantamentos</i>	99
5.10.2	<i>Passo da determinação dos objetivos de ensino e de novos objetivos</i>	101
5.10.3	<i>Passo da identificação das skills e do gênero de interesse</i>	102
5.10.4	<i>Passos do estudo de relacionamento de ensino e gameplay, da montagem e da elaboração</i>	103
5.10.5	<i>Passos da determinação de atividades, cenário e análise de riscos</i>	107
5.10.6	<i>Passo do ensino das mecânicas em jogo</i>	108
5.10.7	<i>Passos do processo criativo, da testagem e polimento e da evolução</i>	108
5.10.8	<i>Passos da formulação dos questionários, do feedback e das atividades obrigatórias</i>	109
5.10.9	<i>Descrição e aplicação do roteiro de atividades</i>	111
5.11	Considerações Finais	112
6	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO - SERIOUS GAME COMO ATIVIDADE COMPLEMENTAR	113
6.1	<i>Feedback automático da atividade</i>	114
6.2	<i>Notas e recomendações dos alunos</i>	118

6.3	Pesquisa de opinião e aprendizado observado - ponto de vista dos alunos	124
6.4	<i>EGameFlow</i> e o engajamento segundo os alunos	128
6.5	Avaliação tópico á tópico	132
6.6	Considerações Finais	133
7	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	135
7.1	Conclusão	135
7.2	Limitações e Problemas Encontrados	136
7.3	Trabalhos futuros	137
7.4	Publicação	137
	REFERÊNCIAS	139
ANEXO A	QUESTIONÁRIO EGAMEFLOW	149
ANEXO B	ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 1	153
ANEXO C	ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 2	155
ANEXO D	ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 3	157
ANEXO E	ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 4	159
ANEXO F	ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 5	161
ANEXO G	ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 6	163

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Um dos consensos que acompanham o cenário educacional ao longo de eras remete a necessidade constante de inovação. A educação apresenta uma necessidade de ser constantemente adaptada e configurada de acordo com as mudanças no mundo, bem como a Ciências de Computação também está constantemente mudando para se adaptar as novas tecnologias (MALLIARAKIS; SATRATZEMI; XINOGALOS, 2013), pois a constante transformação da informação frente a mudança das tecnologias por todo o globo mudam a maneira como a mesma é absorvida e interpretada pelo aluno frente as mudanças (TERRAZZAN, 2007).

Esse fato é notável em como o avanço da pandemia da COVID-19 mudou o cotidiano dos estudantes, apresentando a necessidade de alterar hábitos de estudos de maneira rápida e significativa, de modo que adaptações na forma do ensino também tiveram que ser adotadas por parte não só dos alunos mas também dos professores (SALES; ANTUNES, 2021).

Saraiva, Traversini e Lockmann (2020) e Carneiro *et al.* (2020) por exemplo, observaram que os professores, ao alterarem suas rotinas de trabalho para o *home office*, ao lidarem com tecnologias que não eram frequentemente utilizadas e ao adaptarem avaliações e atividades complementares à realidade externa das aulas presenciais, precisaram fazer ajustes significativos.

Ao longo dos anos há diversas pesquisas, discussões e propostas de como seria a melhor maneira de ensinar conceitos de Computação (KAZIMOGLU *et al.*, 2012b), (BONAR; SOLOWAY, 1983), (LAHTINEN; ALA-MUTKA; JÄRVINEN, 2005) e (COULL; DUNCAN, 2011). Estudos destacam quatro complicações no aprendizado de programação: o *background* matemático, as estruturas mais complexas de programação, a sintaxe das linguagens e a identificação do código por parte dos alunos (TOPALLI; CAGILTAY, 2018).

Serious games obtiveram destaque no mercado global desde o primeiro grande *boom* nos anos 80 (WASSILA; TAHAR, 2012) com o ensino de assuntos sérios e conforme demonstrado

no [Capítulo 3](#), tem ganhado relevância nos últimos anos por conta de sua eficiência de do fator engajante e motivacional desse tipo de ferramenta. Entende-se por *serious games* jogos eletrônicos que se propõe a utilizar da popularidade de jogos digitais para propósitos sérios e que vão além do puro entretenimento ([MACHADO et al., 2011](#)).

A definição de Michael Zyda para *serious games* cita jogos computacionais que visam servir a capacitação, o treino, a educação, a conscientização ou alguma forma de publicação ou divulgação de maneira séria ([WASSILA; TAHAR, 2012](#)). Esse trabalho propõe o uso de *serious games* como uma alternativa de reforço ao modelo tradicional de ensino, utilizando-se das vantagens motivacionais dos jogos.

O uso de jogos na educação possui um forte impacto emocional e pode ajudar no desenvolvimento de diversas habilidades por iniciativa própria dos alunos, incluindo comunicação, trabalhar em grupo, tomar decisões e assumir responsabilidades ([MASKELIUNAS et al., 2020](#); [BAI; HEW; HUANG, 2020](#); [BORNA; RAD, 2018](#)).

[Werbach, Hunter e Dixon \(2012 apud KANNAPPAN et al., 2019\)](#) definem gamificação como o uso de elementos de jogos fora do contexto de um jogo puramente comercial ou para propósito de entretenimento. Entre outras técnicas, esse termo engloba o emprego de *serious games* ([KANNAPPAN et al., 2019](#)). O termo tem se popularizado desde 2010 e as abordagens com *serious games* vem ganhando cada vez mais espaço no âmbito do ensino de Computação ([BAI; HEW; HUANG, 2020](#)), fato esse que se encontra favorecido pelo avanço e surgimento de ferramentas práticas para desenvolvimento de jogos ([WU et al., 2012](#)).

Assim, além do estudo das possibilidades de aplicações de *serious games* no ensino de Computação em cursos de graduação, o foco desta pesquisa é também a confecção de uma metodologia eficiente para desenvolvimento e avaliação de *serious games* para o ensino de computação.

O principal objetivo desta metodologia é direcionar-se ao ensino superior em Computação, no entanto, nada impede, à primeira vista, que as técnicas aqui apresentadas sejam ampliadas para outras áreas de conhecimento. Além disso, é possível considerar sua aplicação no ensino médio ou fundamental, embora o foco principal permaneça no público-alvo adulto.

1.2 Motivação

Conforme indicam [Borna e Rad \(2018\)](#), o ensino tradicional permite o uso de ferramentas que reforcem a atenção dos alunos. Estudos argumentam que há pouca interação, métodos deficientes de ensino e desinteresse por parte dos alunos, desafiando o ensino de Computação ([KAZIMOGLU et al., 2012a](#)). Para tentar mitigar esse problema, professores e pedagogos estiveram em busca de conectar o aprendizado dos estudantes de Computação com o novo paradigma da geração atual, nascida no meio digital ([MALLIARAKIS; SATRATZEMI; XINO GALOS,](#)

2013).

O estudante padrão atual nas universidades nasceu em uma era onde os videogames fazem parte do cotidiano tanto quanto os livros, a televisão e o cinema (WASSILA; TAHAR, 2012). Uma vez que esse trabalho visa o ensino de Computação, naturalmente o público alvo é também mais familiarizado com os avanços tecnológicos e com jogos digitais (KRASSMANN *et al.*, 2015). Desta forma, com *serious games*, o aluno poderá ser encorajado a aprender Computação ao contar com uma ambientação interativa e familiar (KAZIMOGLU *et al.*, 2012b).

Jogos possuem alto poder de motivar o aprendizado dos alunos (BAI; HEW; HUANG, 2020) e tornar a necessária rotina mais fascinante (MASKELIUNAS *et al.*, 2020). Para o aluno novato, jogos podem prender o interesse e manter suas motivações, sendo uma ferramenta considerada poderosa para ensinar conceitos mais difíceis de Computação (SHAHID *et al.*, 2019), principalmente considerando cinco fatores segundo Papastergiou (2009):

1. Eles podem representar um *Problem-Based Learning* (PBL) multi sensitivo, ativo e experimental;
2. O jogador se encontra frente a um desafio que pode permitir orientação de experiências passadas;
3. O *feedback* é imediato e interativo, quando bem aplicado;
4. Os jogos abrangem uma capacidade auto avaliativa por parte do jogador;
5. Tratam hoje de um ambiente sociável com crescentes comunidades de jogadores.

Jogos facilitam diversas condições que promovem o aprendizado, tais como a motivação, o aprendizado ativo, a adaptatividade, a colaboração e a simulação, além disso, ferramentas envolvendo jogos podem ser adaptadas de maneira a facilitar a coleta de métricas de aprendizados por parte do coletor (JOHNSON *et al.*, 2016), como em alguns exemplos que se encontram detalhados no [Capítulo 3](#).

Quanto mais atrativo, interessante e motivador o modelo ou a ferramenta de ensino for para o aluno, mais o estudante irá se engajar nos desafios de aprender (BORNA; RAD, 2018). Diversos estudos demonstraram a eficiência e a motivação que jogos educacionais podem prover aos alunos, entre eles, tem-se a comprovação de uma maior percepção da experiência de aprendizagem de Computação por parte dos alunos quando em interação com jogos, em contrapartida às aulas tradicionais em classes (LIU; CHENG; HUANG, 2011)

Jogos educacionais têm o potencial de serem importantes ferramentas educacionais devido à sua interatividade, engajamento e imersão e, por meio de *serious games*, o estudante passa a participar ativamente de seu aprendizado (WASSILA; TAHAR, 2012)

Esse trabalho se propõe a investigar meios de facilitar o desenvolvimento de *serious games*, sendo essa facilitação provida por intermédio de uma metodologia. Isso se deve ao fato de Longstreet e Cooper (2012) apontarem para uma carência de metodologias para o desenvolvimento de *serious games* que ainda se mostra persistente nos dias atuais para o âmbito do ensino de Computação, fato esse corroborado pela revisão sistemática apresentada no Capítulo 3, que também serve de indicativo para um cenário pós-pandêmico que hoje se apresenta.

O fato de na área de computação haver um público alvo mais familiarizado com as tecnologias e com jogos digitais, representa uma "faca de dois gumes", pois apesar de trazer um ambiente conhecido e dominado por parte do aluno, também acaba por ser um público mais crítico e exigente quanto a aplicação de *serious games* (KRASSMANN *et al.*, 2015). Nesse sentido, esse trabalho se propõe a estudar a aplicabilidade de *serious games* no ensino superior de Computação e a desvendar meios de facilitar a criação desses jogos, levando em consideração o público alvo a ser atendido e o cenário a ser estudado.

1.3 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação de mestrado foi estudar a aplicabilidade de *serious games* no ensino superior de Computação e desvendar meios de facilitar a criação desses jogos, levando em consideração o público alvo a ser atendido e o cenário a ser estudado.

Dessa forma e diante dos resultados encontrados, o objetivo estendeu-se ao desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para criação de jogos educacionais de ensino superior de Computação, de modo a guiar projetos futuros na constituição de jogos educacionais como ferramentas lúdicas, eficientes, motivadoras e facilitadoras.

A metodologia, por sua vez, tem como objetivo indicar métodos de avaliação e validação da eficiência dos jogos criados.

Com a metodologia desenvolvida, o terceiro objetivo foi propor o desenvolvimento de jogos segundo esta mesma metodologia para exemplificação e avaliação dela com caso de teste aplicado a alunos da graduação.

1.4 Estrutura do Texto

Este documento está dividido em 7 capítulos, sendo esse o primeiro. No Capítulo 2 são apresentados os fundamentos teóricos necessário para compreensão do trabalho realizado. Posteriormente, o Capítulo 3 detalha o processo de revisão sistemática realizado nessa iniciativa, indicando os resultados, ganhos e conclusões obtidos.

O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento e as análises feitas na metodologia COMBO,

enquanto que no [Capítulo 5](#) é relatada a implementação do jogo *Star Owners* fazendo uso da metodologia COMBO. No [Capítulo 6](#) são apresentados os resultados do estudo de caso em que o jogo *Star Owners* é aplicado em uma disciplina de Teoria da computação. Por fim, o [Capítulo 7](#) conclui essa dissertação, apresentando possíveis futuros trabalhos.

JOGOS DE COMPUTADORES E O ENSINO DE COMPUTAÇÃO

2.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo são apresentados os conceitos de ensino de computação, jogos, aprendido via construtivismo e o ensino de computação por meio de jogos. Esse conteúdo é necessário para o correto entendimento deste trabalho.

2.2 O Ensino de Computação

Denning separa os princípios da Computação em sete: Computação, coordenação, comunicação, recolhimento, automação, *design* e avaliação (DENNING, 2009 apud KAZIMOGLU *et al.*, 2012a).

Wing define o pensar computacional como uma série de habilidades necessárias para o indivíduo conseguir desenvolver e trabalhar com linguagens e programas de computação (WING, 2006 apud KAZIMOGLU *et al.*, 2012b). Desse modo, o autor identificou em estudos que o pensar computacional possui cinco núcleos principais, lógica condicional, processamento distribuído, *debugging*, simulação e elaboração de algoritmos.

Wing ainda argumenta que o pensar computacional incorpora todas as habilidades mais importantes que são necessárias para o pensar matemático e o pensar engenheiro, no entanto, o conceito do pensar computacional possui caráter predominantemente abstrato e que exige diversas habilidades (DENNING, 2009 apud KAZIMOGLU *et al.*, 2012a).

Por outro lado, o pensar algorítmico se define pela habilidade de desenvolver algoritmos para soluções de um dado problema. O conceito implica em diversas outras competências, tais como o pensar abstrato, lógico, estrutural e criativo (HSU; WANG, 2018).

Há diversos estudos que indicam como o conceito do pensar computacional possui caráter predominantemente abstrato e que exige diversas habilidades (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a). Outros inúmeros estudos apontam para o pensar algorítmico como uma das competências mais importantes no campo de Computação (HSU; WANG, 2018). Estudos observam o pensar computacional como uma importante habilidade para estudantes e o pensar algorítmico como aspecto inerente do dia-a-dia, indo além da programação e da Ciências de Computação (GARDELI; VOSINAKIS, 2019).

A dificuldade em ensinar a programar se encontra entrelaçada à complexidade da abstração e de conceitos como variáveis, vetores, funções e *loops* (MASKELIUNAS *et al.*, 2020). Assim sendo, compreender e identificar conceitos, funcionalidades e definição com boa precisão se faz necessário para o bom aprendizado de Ciências de Computação e para encontrar boas soluções de problemas (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a).

Importante ter em destaque que ensinar adultos é diferente de ensinar crianças e adolescentes, justo por esse motivo que os modelos de andragogia diferem dos da pedagogia consideravelmente, assim, a motivação e o que deve ser enfatizado muda de uma para a outra área de ensino (BARRETO; BENITTI; SOMMARIVA, 2015).

Kinnunen (KINNUNEN *et al.*, 2007 apud RAABE; ZANCHETT; VAHLIDICK, 2015) aponta para a necessidade de um alto nível de esforço, abstração e prática para aprender a programar. Esse fato tem trazido uma alta busca, por parte dos cursos de engenharias e computação, de uma alternativa mais interativa para o ensino de programação.

Game-based Learning (GBL), ou o aprendizado baseado em jogos, têm ganhado espaço na última década (TSALIKIDIS; PAVLIDIS, 2016), bem como *serious games* tem se tornado uma alternativa popular no ensino de programação (MILJANOVIC; BRADBURY, 2020). Isso se alia ao uso de ação no lugar de explicação, uma vez que jogos podem facilitar o aprendizado do aluno (WU *et al.*, 2012), enquanto que interfaces mais gráficas permitem um *feedback* visual, o que é positivo para iniciantes na área de Computação (HICKS, 2010).

No ensino de programação tem-se tradicionalmente o foco no estudo mais teórico de sintaxes e semântica em contrapartida a estratégias de solução de problemas. O resultado é uma falha dos alunos novatos em combinar sintaxe e semântica em uma programação válida (MALIK *et al.*, 2020). Isso se deve ao fato de nas últimas décadas, segundo Gregio (2004), o desenvolvimento de novas tecnologias nas áreas de comunicação e informação estar transformando de modo profundo nossa sociedade. Atualmente, os computadores e suas tecnologias fazem parte do dia-a-dia de incontáveis segmentos da sociedade, o que cria novas exigências e competências no âmbito educacional.

Para suprir as necessidades educacionais de tais mudanças, Gregio (2004) salienta que se faz necessária a criação de metodologias inovadoras e mudanças curriculares que satisfaçam as novas necessidades de uma sociedade globalizada. Neto *et al.* (2009) acrescenta ainda que,

normalmente, o ensino relacionado a novas tecnologias enfatiza o computador, isolado das competências realmente necessárias para o domínio dos novos paradigmas da era digital.

2.3 Educação Tecnológica e *Serious Games*

Educação tecnológica é o termo usado para a prática moderna de aprender utilizando tecnologias (SALEH; PRAKASH; MANTON, 2014). Entre outras propostas, o termo abrange a aplicação de *E-learning*, *M-learning* e de *serious games* (MALIK, 2020), esse último sendo o foco dessa pesquisa.

Existem três abordagens psicológicas que tratam a explicação sobre a influência de computadores e tecnologias (MASKELIUNAS *et al.*, 2020). São elas:

1. **a teoria da substituição:** identifica-se o trabalho do computador como parte de uma atividade humana;
2. **a teoria do complemento:** aponta que a ferramenta aumenta a habilidade de processar informações e;
3. **a teoria da transformação:** pelo meio da qual se destaca um novo meio de mediação nos computadores.

Educação tecnológica (junção das palavras *education* (educação) e *entertainment* (entretenimento), no inglês *edutainment*) é o termo utilizado para indicar a integração do entretenimento na educação, como a utilização de jogos, por exemplo, os já citados *serious games* (SALEH; PRAKASH; MANTON, 2014). Utilizar dessa estratégia corretamente representa um ganho vantajoso no ensino, uma vez que a motivação e a atração do indivíduo é mantida pela liberação de endorfina no corpo e pela satisfação pessoal (BORNA; RAD, 2018).

O termo *serious game* foi primeiramente usado em 2002 com o lançamento do jogo *America's Army* nos Estados Unidos da América (WASSILA; TAHAR, 2012). *Serious game* define-se como uma categoria de jogos eletrônicos com a específica ganância de consolidar o primor da indústria de jogos e a possibilidade, por meio de simuladores, de servirem como ferramentas para o ensino e habilitação (STOKES, 2005).

Serious games se encaixa, portanto, na definição de GBL, a integração dos princípios do ensino com elementos de jogos, utilizando das vantagens atrativas dos jogos para melhor eficiência no aprendizado (WU *et al.*, 2012).

Sendo assim, é possível separar os métodos de ensino baseados em jogos em três: (1) usar jogos como ferramenta de ensino ou GBL; (2) usar o desenvolver de jogos como forma de aprender ou *Game Development Based Learning* (GDBL) e ainda; (3) usar de elementos e

técnicas características de jogos no ensino em lugar de um jogo propriamente dito ou Gamificação (SOUZA *et al.*, 2018).

2.4 Desenvolvimento de jogos

O desenvolvimento de jogos é uma tarefa complexa que envolve várias etapas, culminando na criação de uma versão final e funcional do jogo. Nesse contexto, a Teoria dos Jogos desempenha um papel fundamental, descrevendo e fornecendo os elementos-chave do jogo por meio de ferramentas matemáticas (LIANG; XIAO, 2012). Através da Teoria dos Jogos, definem-se os seguintes conceitos fundamentais:

- **Jogadores:** são entidades diretamente envolvidas na partida;
- **Ações:** representam o conjunto de movimentos possíveis para cada jogador em um determinado momento, sendo claramente conhecidas pelas partes envolvidas;
- **Payoff:** refere-se ao retorno, positivo ou negativo, que cada jogador obtém em relação a todas as ações executadas;
- **Estratégia:** consiste em um plano ou conjunto de ações que um jogador pode elaborar com base em seu conhecimento e histórico de partidas.

Para abordar os diversos aspectos necessários na criação de um novo jogo, que vão desde a lógica de física até a programação, ambiente virtual e apresentação, os desenvolvedores precisam compreender alguns conceitos fundamentais. Entre esses conceitos, destaca-se a importância das *engines* ou motores gráficos, que são códigos ou programas dedicados ao processamento de funções relacionadas à apresentação gráfica. Isso inclui o cálculo de iluminação, sombreamento, carregamento de modelos, entre outras funcionalidades (MACEDO; CZELUSNIAK,). A integração desses elementos visuais com a programação adequada, de objeto a objeto, é crucial para a construção eficaz de um jogo digital.

Alguns exemplos populares de *engines* usadas no desenvolvimento de jogos incluem a *Unity*, *GameMaker*, *Unreal* e *Godot* (PANTOJA, 2022).

Outra ferramenta essencial no desenvolvimento de jogos, especialmente no que diz respeito à organização da equipe de desenvolvedores, é o chamado *Game Design Document* (GDD) (TRIGUEIRA-JR; MOTTA, 2013). Este documento textual busca abordar todos os aspectos do jogo a ser desenvolvido, desde a premissa e as mecânicas, estratégias e narrativas até os cenários, elementos visuais e de áudio.

A documentação clara e descritiva dos diversos elementos do jogo não segue um formato padronizado e consagrado para o GDD. No entanto, respeitando o modelo definido pela equipe

de desenvolvimento, essa ferramenta desempenha um papel crucial na organização de ideias (TRIGUEIRA-JR; MOTTA, 2013).

Uma ferramenta adicional e interessante no desenvolvimento de jogos é o chamado fluxograma do jogo. Essa ferramenta visa descrever os caminhos potenciais que um jogador pode adotar, desde o momento em que inicia o jogo até sua conclusão. Essa abordagem visa organizar as ideias tanto durante o desenvolvimento do jogo quanto para facilitar sua apresentação posteriormente (IGARASHI *et al.*, 2017).

A Figura 32 apresenta um fluxograma para o jogo *Star Owners*, apresentado nesse documento.

Enfim, o desenvolvimento do jogo por si pode necessitar de um processo criativo para auxiliar na organização das ideias. Malliarakis, Satratzemi e Xinogalos (2013) apresenta o ciclo de processo criativo proposto pela *MIT Media Lab*, que pode ser verificado na Figura 8, e que foi adotado na criação do jogo *Star Owners*.

2.5 Ensinando Computação com Jogos

Os jogos podem influenciar os alunos de diversas maneiras, seja pela motivação, pela cooperatividade ou pela natureza competitiva (HAKULINEN, 2011), mas na prática, desenvolvimento e aplicação de *serious games* requer um alto nível de disciplina e sincronização entre os interessados para a boa eficiência do mesmo (MAYER, 2012).

Diversos estudiosos apontam que a técnica de *serious games* tem sido aplicada de maneira rasa e superficial nas mais diversas iniciativas (BAI; HEW; HUANG, 2020), (TODA; VALLE; ISOTANI, 2017) e (LEFFA *et al.*, 2012), e diversos autores indicam que o uso não deveria substituir os métodos tradicionais de ensino, uma vez que os jogos podem ser bem aceitos pelos alunos, mas não são suficientes para substituir o ensino tradicional e, devem ser usados de maneira complementar (SOUZA *et al.*, 2018), (BAKER; NAVARRO; HOEK, 2005), (CAULFIELD; VEAL; MAJ, 2011) e (HEIKKILÄ; PAASIVAARA; LASSENIUS, 2016). Dessa forma, Johnson *et al.* (2016) reafirma ser importante integrar os jogos às aulas em classe, de modo complementar para um melhor aprendizado do aluno.

Os cuidados ao se trabalhar com *serious games* são vários e apontados por diferentes autores. Zyda reforça a necessidade dos jogos serem divertidos ao afirmar que o entretenimento vem em primeiro lugar (WASSILA; TAHAR, 2012). Para manter o engajamento e para que *serious games* sejam efetivos no ensino, de acordo com Prensky, é necessário que os elementos de aprendizado estejam incorporados aos elementos estruturais como as regras, mecânicas e pontuações (PRENSKY, 2003 apud WONG *et al.*, 2017), entendendo como mecânicas as regras e estruturas físicas do jogo, bem como os possíveis estados que quaisquer elementos do jogo podem obter em qualquer momento, segundo a regra pensada para este jogo (JOHNSON *et al.*,

2016).

Soma-se a esses dois fatos o alerta de Miyamoto para a necessidade de explicar as regras e mecânicas dos jogos por meio de *design* de nível e estética no lugar de instruções por escritas (KANNAPPAN *et al.*, 2019) e desse modo entende-se que a tarefa de desenvolver jogos eficientes para o ensino necessita de atenções e preparo.

Um dos maiores desafios no desenvolvimento de *serious games* é lidar com um público de alunos com diferentes experiências de vida e níveis de competências (MILJANOVIC; BRADBURY, 2020). Há diferentes tipos de jogadores, pois cada um joga por diferentes motivos. Com isso em mente, o engajamento torna-se uma tarefa desafiadora, que exige o manejo de diversidade e criatividade com os diversos elementos do jogo (VAHL DICK; MENDES; MARCELINO, 2015).

Johnson *et al.* (2016) indica um questionário proposto por Richard Bartle por meio do qual separaria-se os jogadores em quatro categorias:

- **Assassinos:** jogadores competitivos e que buscam eliminar concorrentes e elementos inimigos.
- **Empreendedores:** jogadores que buscam por desafios, acumuladores que visam conquistar objetos no jogo e alcançar o máximo de pontos possíveis.
- **Socializadores:** jogadores que consideram importante elementos de interação entre outros jogadores, por vezes incluindo extrapolar o ambiente do jogo.
- **Exploradores:** jogadores que apreciam a explorabilidade e a descoberta de segredos, e que visam por experimentar, dentro do ambiente do jogo, todo o tipo de possibilidades que lhes forem possível até o limite do mesmo.

Uma vez superado todos os desafios, *serious games* representam uma ferramenta de inclusão para diversos aspectos importantes na educação, tais como ensinar, treinar e informar (HAKULINEN, 2011).

Pellas e Vosinakis (2017) indica uma proposta de aplicação de acordo com as seguintes diretrizes: (1) motivar os alunos a participar de tarefas de aprendizagem ativa; (2) simular problemas autênticos; (3) promover *feedbacks* para as ações do usuário; (4) possibilitar de modo facilitado o desenvolvimento de estratégias computacionais para resolver os desafios e; (5) aplicar padrões de projeto que responda à questão principal.

O ensino a partir do emprego de jogos pode ser indicado por meio das chamadas habilidades. Define-se habilidades, em termos de *serious games*, como o conjunto de conhecimentos que se deseja passar aos alunos, podendo dividir habilidades em incidental ou relativo ao visual, sensitivo ou experimental, e acadêmico, que por sua vez se divide em domínio de conteúdos, de estruturas e sistemas e o desenvolvimento de atitudes (WASSILA; TAHAR, 2012).

Outra estratégia com *serious games* envolve a proposta de aprender com tentativa e erro, por meio da falha produtiva (KANNAPPAN *et al.*, 2019).

Os desafios a serem propostos nos jogos podem ser divididos em duas modalidades, expressão e condição. A primeira representando a forma ou a manifestação do desafio e a segunda referente à motivação (LONGSTREET; COOPER, 2012).

Hakulinen (2011) indica quatro abordagens no ensino usando jogos: (1) aprender implementando; (2) aprender programando ou desenvolvendo um jogo; (3) aprender programando as ações de um *player* e; (4) aprender jogando.

Whitton, em suas pesquisas, indicou que mesmo os alunos que não se sentem intrinsecamente motivados por jogos tendem a apoiar a proposta de uso de *serious games* se estes se mostrarem como efetivos em seus aprendizados (HAKULINEN, 2011).

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia que permite guiar o desenvolvimento e emprego de *serious games* seguindo as justificativas aqui apresentadas.

2.6 Construtivismo

Em se tratando do desenvolvimento de *serious games* para ensino de Computação, há baixa busca por parte das iniciativas por fundamentos das teorias do aprendizado (WU *et al.*, 2012), uma ausência que este trabalho buscou mitigar com base no construtivismo.

O construtivismo representa uma teoria do aprendizado que obteve destaque nos anos noventa, onde se afirmava ser o aprendizado parte de uma construção do próprio indivíduo e baseado em sua vivência (VALADARES, 2011). Dessa forma, o construtivismo considera que o aprender é um processo ativo (WU *et al.*, 2012) e sendo prático de adaptar, a abordagem construcionista tem sido popularmente aplicada no ensino de programação (JEMMALI *et al.*, 2019).

De acordo com a linha de raciocínio construtivista, o conhecimento origina-se do experimento, vindo da busca por explicações acerca da vivência do indivíduo (DRISCOLL, 2014). Segundo o modelo, existe o aprendizado individual, pelo qual o ser constrói ou cria suas representações subjetivas acerca de sua vivência. É a partir da ligação entre uma nova informação e um conhecimento anterior do indivíduo que o mesmo aprende (WU *et al.*, 2012).

Segundo Wu *et al.* (2012), o construtivismo é representado por três teorias: (1) a teoria do desenvolvimento social de Vygotsky, que aponta para o fator da interação social no desenvolvimento cognitivo (SULLIVAN *et al.*, 2011); (2) o PBL, que representa o ensino por meio de incentivar os alunos a encontrarem soluções por eles mesmos para dados problemas (HUNG *et al.*, 2008) e; (3) o aprendizado cognitivo, que representa a aprendizagem por meio intelectual, utilizando da memória, do raciocínio e da percepção das informações disponíveis (CALHEIROS; SILVA; MACHADO, 2010).

A base do construtivismo se solidifica sobre três princípios: (1) Representação do conhecimento individualizada, considerando que cada indivíduo tem sua própria carga de experiências passadas; (2) atribuição de Piaget, que defende a causa do aprendizado provinda da detecção de inconsistências ou contradições do que o indivíduo tem por verdade e do que tem como nova informação e; (3) atribuição de Vygotsk que indica a questão do aprendizado ocorrer em ambiente comunitário e de interação entre os indivíduos (OBIKWELU; READ, 2012).

A teoria da motivação diz respeito aos fatores que estimulam ou desencorajam o comportamento do aluno. A teoria separa a motivação em duas classe: **Extrínseca** ou referente a fatores externos à atividade e **Intrínseca**, que estaria diretamente ligada a atividade (A.; BIJLANI; JAYAKRISHNAN, 2015).

A teoria do construtivismo reforça esses conceitos ao defender que interações passadas sejam utilizadas na construção do conhecimento, por meio da atividade de construir significado para novas informações. O que implicaria em pessoas diferentes aprenderem coisas diferentes a partir de uma mesma nova informação (A.; BIJLANI; JAYAKRISHNAN, 2015).

Serious games construtivistas seguem dois princípios, expressividade e explorabilidade (VAHLICK; MENDES; MARCELINO, 2016). Ambos exploram a interatividade da ferramenta, a expressividade ao permitir que o aluno tenha ideias e crie estratégias próprias, sendo recompensado por isso e encorajado a realizar, e a explorabilidade ao representar a natureza de um aprendizado auto-direcionado e da curiosidade ou do desvendar de algo novo por parte do aluno (WEINTROP; WILENSKY, 2012).

2.7 Considerações Finais

Esse capítulo apresentou os principais conceitos relacionados ao ensino de computação e de jogos, mais especificamente *serious games*. Apresentou também o conceito de construtivismo, que se inter-relacionam com o desenvolvimento de jogos para o ensino de computação. A real implicação de *serious games* no ensino de computação, seus ganhos e o seu potencial com relação ao ensino tradicional é uma das investigações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa proposta neste trabalho. Sendo assim esses conceitos são discutidos em detalhes no próximo capítulo por meio de uma revisão.

SERIOUS GAMES E A COMPUTAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR - UMA REVISÃO

3.1 Considerações Iniciais

Jogos vêm sendo utilizados na educação desde os primórdios dos tempos ([KAZIMOGLU et al., 2012b](#)), mas com o uso tendo se tornado cada vez mais popular desde 2010 até os dias de hoje ([BAI; HEW; HUANG, 2020](#)), ([SALES; ANTUNES, 2021](#)).

Ciências de Computação é uma das áreas que mais tem adotado jogos educacionais como ferramenta de ensino ([MILJANOVIC, 2019](#)), com essas informações, evidencia-se a necessidade de um estudo que permita uma primeira análise de como o tema tem sido abordado e quais estratégias vem sendo adotadas para tomadas de decisões e direcionamento dos trabalhos.

Revisão sistemática da literatura, ou apenas revisão sistemática, representa uma série metodológica para identificar, analisar e interpretar um grande número de evidências disponíveis ou referências a cerca de um tema a partir de questões de pesquisas, evitando parcialidade ou uma natureza redundante.

Utilizando-se deste artefato, viabiliza-se deduzir sobre o estado da arte, obter o empirismo necessário e orientar-se sobre onde o tema necessita maiores atenções ([KITCHENHAM; CHARTERS, 2007](#)). Sendo assim, este capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão conduzida com base nos moldes de uma revisão sistemática para mapear o campo de *serious games* e a computação no ensino superior, visando encontrar evidências que podem ser utilizadas para aperfeiçoar a pesquisa nesta área, e permitindo averiguar as lacunas existentes.

A ferramenta *online* Parsifal auxilia a realização da revisão a partir de um contexto de Engenharia de Software, apresentando e facilitando uma série de passos que representam a própria revisão de maneira organizada e intuitiva. Entre outras aplicações, a ferramenta apresenta facilidades no desenvolvimento de protocolos, ajustes na *string* de busca, filtro de resultados,

organização dos critérios de inclusão e exclusão e obtenção de resultados.

Na [Seção 3.2](#), indica-se os objetivos específicos desta revisão, junto das questões de pesquisas que os determinam, fontes de onde se extraíram os documentos e as estratégias adotadas na obtenção de resultados.

Na [Seção 3.3](#) estão indicadas as decisões tomadas durante a condução da revisão sistemática, bem como os números finais de publicações avaliadas e aprovadas nesse estudo, de acordo com os critérios indicados na [Seção 3.2](#).

Na [Seção 3.4](#) explora-se como cada publicação aprovada na revisão colabora para este projeto e para a conclusão dos objetivos estabelecidos na [Seção 3.2](#).

3.2 Planejamento

Nesse documento o processo da revisão foi dividido em três partes: planejamento, condução e análise, nessa primeira parte destacando os objetivos, as questões de pesquisa e a estratégia de busca, conforme as subseções seguintes.

3.2.1 *Objetivos da revisão*

Os objetivos principais desta revisão são:

- Verificar como conceitos de *serious games* vem sendo aplicados no ensino superior de Computação;
- Verificar quais os métodos utilizados no desenvolvimento, aplicação e avaliação de *serious games* no que diz respeito ao ensino de Computação;
- Identificar as necessidades para aplicação efetiva de um *serious games* no ambiente de ensino de Computação;
- Identificar possíveis métodos, modelos e metamodelos existentes ou a necessidade e possibilidade de desenvolvimento de uma metodologia própria para a elaboração de *serious games* para o ensino superior de Computação.

3.2.2 *Questões de pesquisas*

Considerando os objetivos desta revisão, formulou-se as questões de pesquisas. As mesmas seriam esclarecidas no final do processo da revisão com a análise dos resultados, representando, desta maneira, os focos das investigações realizadas. A lista das questões de pesquisas desta revisão são:

- O quanto os conceitos de *serious games* podem ajudar alunos e professores no ensino de Ciências de Computação no ensino superior?
- Quais os efeitos dos *serious games* no reforço do ensino tradicional de Computação, quando aplicados?
- Quanto é o ganho de desempenho dos alunos com a aplicação *serious games* no ensino de Computação?
- Existe alguma metodologia adequada para o desenvolvimento de *serious games* para o ensino de Ciências de Computação?

3.2.3 Fontes de pesquisas

A ferramenta Parsifal indica algumas fontes de pesquisa de documentos para a realização da revisão sistemática, das quais para esse trabalho foram selecionadas as seguintes:

- *ACM Digital Library*
- *El Compendex*
- *IEEE Xplore Digital Library*
- *Science@Direct*
- *Scopus*

Todas as bases de dados citadas permitiram a busca por referência automatizada por meio de *string* de busca, verificando a combinação de palavras propostas nos títulos, resumos ou palavras-chaves dos documentos encontrados.

Foram considerados documentos nos idiomas inglês e em português, o que rendeu materiais de todo o globo para a revisão realizada.

3.2.4 Escolha de palavras-chaves

Para a escolha das palavras chaves, foi considerado o modelo *Population, Intervention, Comparison, Outcome and Context* (PICOC), indicado pelo Parsifal, que se baseia em indicar como cada um dos termos da sigla se aplicam na pesquisa. Para o caso desta revisão, os termos ficaram estabelecidos da seguinte maneira:

- **População:** *serious games*;
- **Intervenção:** o efeito de *serious games* no aprendizado de Ciências de Computação;

- **Comparação:** performance dos estudantes;
- **Resultado:** modelo de desenvolvimento de *serious games* para o ensino de Computação em nível superior;
- **Contexto:** ensino de Ciências de Computação.

A ferramenta Parsifal obtém automaticamente as palavras-chaves a partir da entrada do PICOC por parte do usuário, mas para melhor adequar aos objetivos desta revisão, optou-se por não utilizar desta automatização e considerar a análise pessoal de cada termo da sigla PICOC.

Desta forma, para a montagem da *string* de busca, foram consideradas três palavras chaves com os seus respectivos sinônimos:

- **Serious games:** *pedagogical tools, teaching tools;*
- **Game-based learning:** *digital game-based learning, edu-gamification systems, educational games;*
- **Computer Science learning:** *Computer Science teaching, Computer Science education, computer learning, computer teaching, computer education, programming learning, programming teaching, programming education.*

3.2.5 Critérios de inclusão e de exclusão

Critérios de inclusão no contexto de revisão servem para considerar a aprovação e inclusão de materiais durante a pesquisa, bem como os critérios de exclusão são aplicados para remover e desconsiderar aqueles resultados que, embora tenham sido encontrados pelas ferramentas de buscas propostas, julga-se não contribuir para o objetivo da revisão.

Revisando o tema e a amplitude do campo, junto dos resultados observados após aplicado as buscas com a *string* de busca, como encontra-se explicado na [Subseção 3.3.1](#), adotou-se os seguintes critérios de inclusão para melhor seleção dos artigos:

- **Aplicação do Construtivismo:** pois representa o fundamento teórico do qual este trabalho procurou se basear dentro do conceito de uso de jogos no ensino;
- **Avaliações:** que venham a indicar os prós e contras do emprego de *serious games* como um todo;
- **Modelos e métodos:** bem como qualquer material que poderia contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia, como proposto nesse trabalho.

Quanto aos critérios de exclusão, foram aplicadas uma série de restrições para que fossem mantidos os aspectos desejáveis, de acordo com os princípios do Construtivismo.

Embora o *designer* de um *serious game* tenha importante enfoque no âmbito educacional, é crucial incorporar elementos de diversão e descontração, não haverá engajamento ou encorajamento do aluno em jogar o jogo ou levá-lo a sério se não se divertir com o mesmo minimamente (VAHLICK; MENDES; MARCELINO, 2015). Ainda que divertimento seja um termo relativo e pessoal, a falta de atenção nesse aspecto foi considerado motivo de exclusão de boa parte do material.

Procurou-se evitar materiais cujo objetivo fosse meramente mascarar atividades entediadas, apenas as disfarçando de jogos, o que acabou se tornando erro comum em tentativas de empregar *serious games* (LEFFA *et al.*, 2012).

Procurou-se, também, por abordagens diferentes e que não buscassem por algo óbvio ou geral, como por exemplo um mero jogo de perguntas e respostas.

Nesse sentido, segue a lista de critérios de exclusão adotadas nessa revisão sistemática:

- **Materiais que tratam de jogos de conscientização ou campanha:** embora seja um uso válido de *serious games* (BAI; HEW; HUANG, 2020), não se trata de tipo de jogo desejado para essa pesquisa;
- **Disfarçado de jogo:** Karl (2012 apud KANNAPPAN *et al.*, 2019) define jogos como um sistema de desafios abstratos, regras, interatividades e premiação atrativos emocionalmente ao jogador alvo. Embora, devido a popularidade, esse termo possua diversas definições, foram considerados como disfarçado de jogo as iniciativas que desviaram desta definição, representando apenas atividades entediadas, de pouca ou nenhuma interação ou desafio;
- **Lista de exercícios:** nessa revisão sistemática foi decidido excluir iniciativas que, mesmo utilizando alguns elementos de gamificação como pontuação ou competição, representem meramente a realização de exercícios, ainda que utilize um caráter simulado;
- **Jogos que não são sobre Ciência de Computação:** de acordo com os objetivos desta revisão;
- **Jogos de teor infantil:** tais como jogo da memória, ligar pontos e outros que seriam voltados para alunos da pré-escola;
- **Quiz:** a maioria das ferramentas de GBL disponíveis resumem-se a quiz de múltiplas escolhas que são enfadonhos aos alunos (ABIDIN; ZAMAN, 2017). Por ser uma abordagem relativamente simples e por sua semelhança com mecanismos avaliativos como provas e listas de exercícios, esse tipo de jogo não foi considerado nessa pesquisa;
- **Jogos de palavras:** por exemplo, jogo da forca, palavras cruzadas e similares que carreguem apenas uma temática de Ciências de Computação seriam excluídos por esse critério.

3.3 Condução

A busca por trabalhos foi possibilitada pelas ferramentas e acessos disponibilizados por cada base de dados disponível e listada na [Subseção 3.2.3](#). Para buscar por publicações relevantes nessas ferramentas, foi necessário entrar com uma *string* de busca cuidadosamente elaborada a partir das palavras-chaves listadas na [Subseção 3.2.4](#) e de seus sinônimos.

Os resultados das buscas foram organizados na ferramenta Parsifal e o acesso do material permitiu uma rigorosa avaliação baseada nos critérios de inclusão e exclusão destacados na [Subseção 3.2.5](#). Naturalmente, pela amplitude do tema, vários resultados foram retornados ao considerar a soma total das bases de dados adotadas, assim sendo, realizou-se uma primeira avaliação apenas a partir dos títulos de cada trabalho, depois a partir dos resumos que disponibilizavam os documentos e por último considerando a leitura de toda a publicação.

3.3.1 *String de busca*

A elaboração de uma *string* de busca propõe a aplicação da lógica binária com operadores *AND* e *OR* para agregação de termos a serem analisados no material disponível.

A *string* resultante é, então, usada de entrada para as ferramentas de busca disponíveis, que permitiram a comparação desta mesma com os títulos, palavras-chaves e conteúdo textual dos materiais disponíveis.

Nessa revisão foram utilizadas *strings* de busca com termos em inglês, mas foram considerados resultados nos idiomas inglês e português.

A *string* de busca adotada na revisão da literatura procurou investigar o uso de jogos no ensino de programação, considerando os sinônimos conhecidos para três grupos: *serious games*, *Game-Based Learning* e o ensino de Computação, conforme explicado na [Subseção 3.2.4](#).

Após diversos testes, decidiu-se pela *string* de busca seguinte, que foi readaptada para cada ferramenta de busca adotada:

("Serious Games"OR "pedagogical tools"OR "teaching tools") AND ("game-based learning"OR "digital game-based learning"OR "Edu-Gamification Systems"OR "educational games") AND ("computer science learning"OR "computer science teaching"OR "computer science education"OR "computer learning"OR "computer teaching"OR "computer education"OR "programming learning"OR "programming teaching"OR "programming education").

Para cada base de busca adotada, foi necessário readaptar a *string* de busca e a forma da entrada. No ato de adaptação, também foram considerados os resultados obtidos em testes particulares de cada base, o que levou a algumas alterações necessárias maiores para cada caso.

A seguir segue a lista de *strings* de busca adotadas para cada base:

- **ACM Digital Lybrary:** ("Serious Games"OR "pedagogical tools"OR "teaching tools")

AND ("game-based learning"OR "digital game-based learning"OR "Edu-Gamification Systems"OR "educational games") AND ("computer science learning"OR "computer science teaching"OR "computer science education"OR "computer learning"OR "computer teaching"OR "computer education"OR "programming learning"OR "programming teaching"OR "programming education")

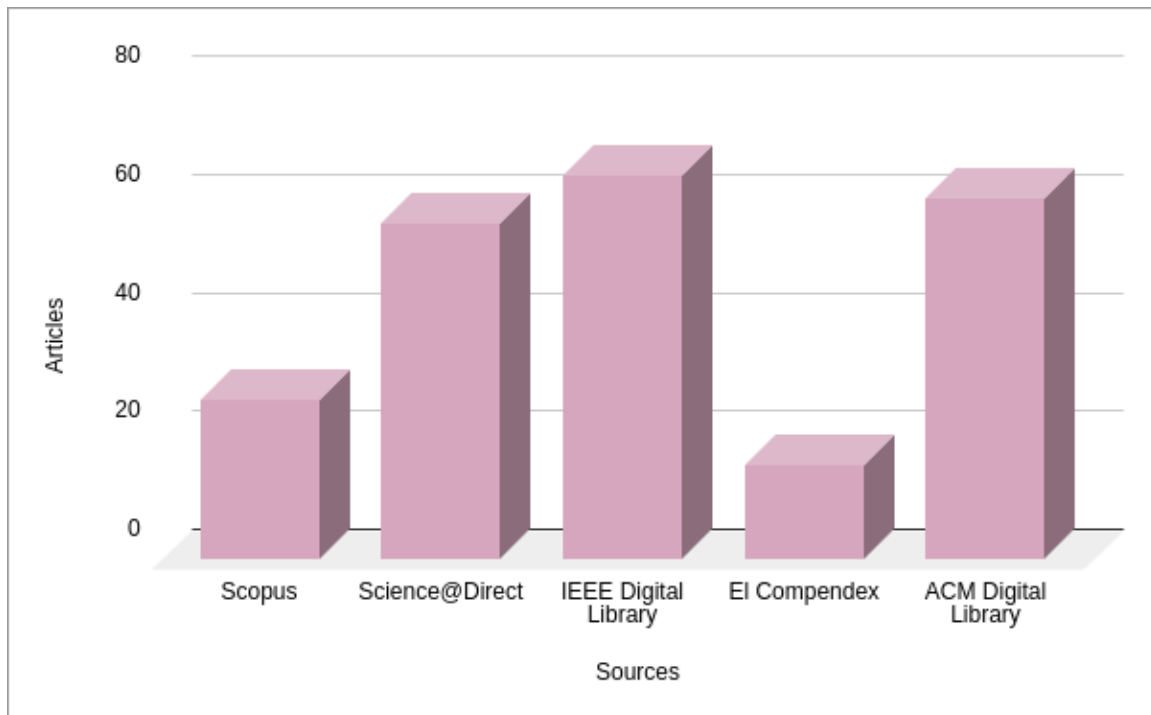
- **El Compendex:***("Serious Games"OR "pedagogical tools"OR "teaching tools") AND ("game-based learning"OR "digital game-based learning"OR "Edu-Gamification Systems"OR "educational games") AND ("computer science learning"OR "computer science teaching"OR "computer science education"OR "computer learning"OR "computer teaching"OR "computer education"OR "programming learning"OR "programming teaching"OR "programming education")*
- **IEEE Xplore Digital Library:** três entradas, (1)*"Serious Games"OR "pedagogical tools"OR "teaching tools";* (2)*"game-based learning"OR "digital game-based learning"OR "Edu-Gamification Systems"OR "educational games";* (3)*"computer science learning"OR "computer science teaching"OR "computer science education"OR "computer learning"OR "computer teaching"OR "computer education"OR "programming learning"OR "programming teaching"OR "programming education"*
- **Science@Direct:***("game-based learning"OR "digital game-based learning"OR "educational games") AND ("computer science learning"OR "computer science teaching"OR "computer science education")*
- **Scopus:***TITLE-ABS-KEY(("Serious Games"OR "pedagogical tools"OR "teaching tools") AND ("game-based learning"OR "digital game-based learning"OR "Edu-Gamification Systems"OR "educational games") AND ("computer science learning"OR "computer science teaching"OR "computer science education"OR "computer learning"OR "computer teaching"OR "computer education"OR "programming learning"OR "programming teaching"OR "programming education"));*

3.3.2 Seleção dos estudos

Concluídas as buscas, obteve-se o total de 200 resultados excluindo as duplicatas. Por meio das ferramentas de buscas foi possível extrair arquivos do formato *.bibtex*, reconhecidos pelo Parsifal, para estudo dos resultados, bem como foi possível ter acesso aos documentos pela associação com a Universidade de São Paulo (USP) que possui parceria com as bases de dados utilizadas.

A [Figura 1](#) apresenta a distribuição dos resultados com as bases de buscas, após excluídos as duplicatas. A exclusão das duplicatas foram feitas automaticamente pelos critérios da ferramenta Parsifal.

Figura 1 – Distribuição das publicações encontradas após buscas.

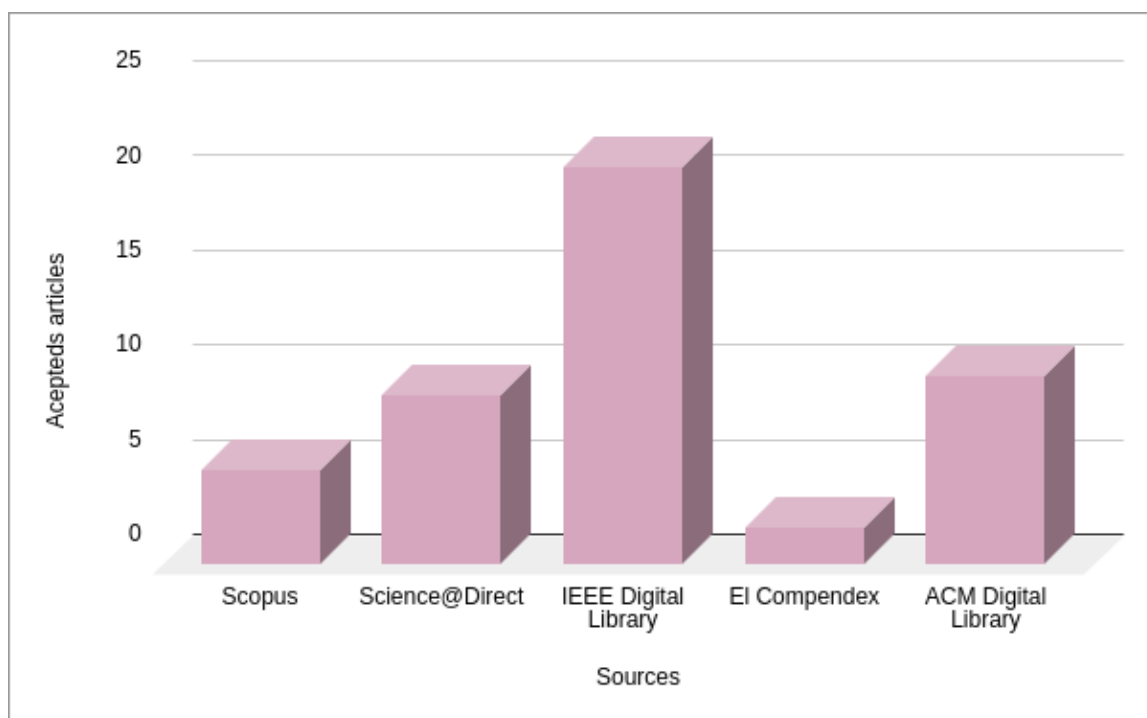


Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a avaliação dos resultados, o total de publicações aprovadas para essa revisão caiu para 47, mudando a distribuição conforme a [Figura 2](#):

Na busca por respostas às questões de pesquisas, os artigos aceitos foram analisados sobre a ótica que se apresenta na [Seção 3.4](#), de maneira a indicar como cada publicação veio a colaborar com este projeto.

Figura 2 – Distribuição das publicações encontradas após avaliação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4 Análise

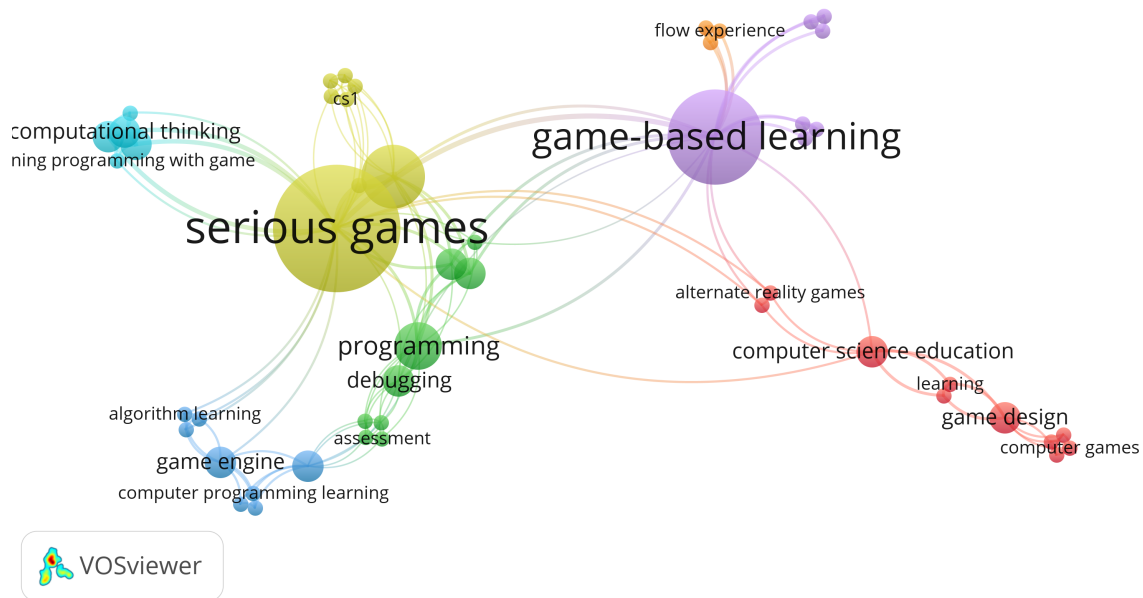
Nas próximas seções, apresenta-se a síntese dos resultados obtidos nessa revisão, com destaque em como as 47 publicações puderam colaborar para apreciação dos parâmetros acerca do cenário do uso de jogos no ensino superior de Computação.

3.4.1 Síntese dos resultados

Das publicações aceitas nessa revisão encontram-se trabalhos publicados desde 2009 até 2021, distribuídos ao longo desses anos de acordo com a [Figura 4](#).

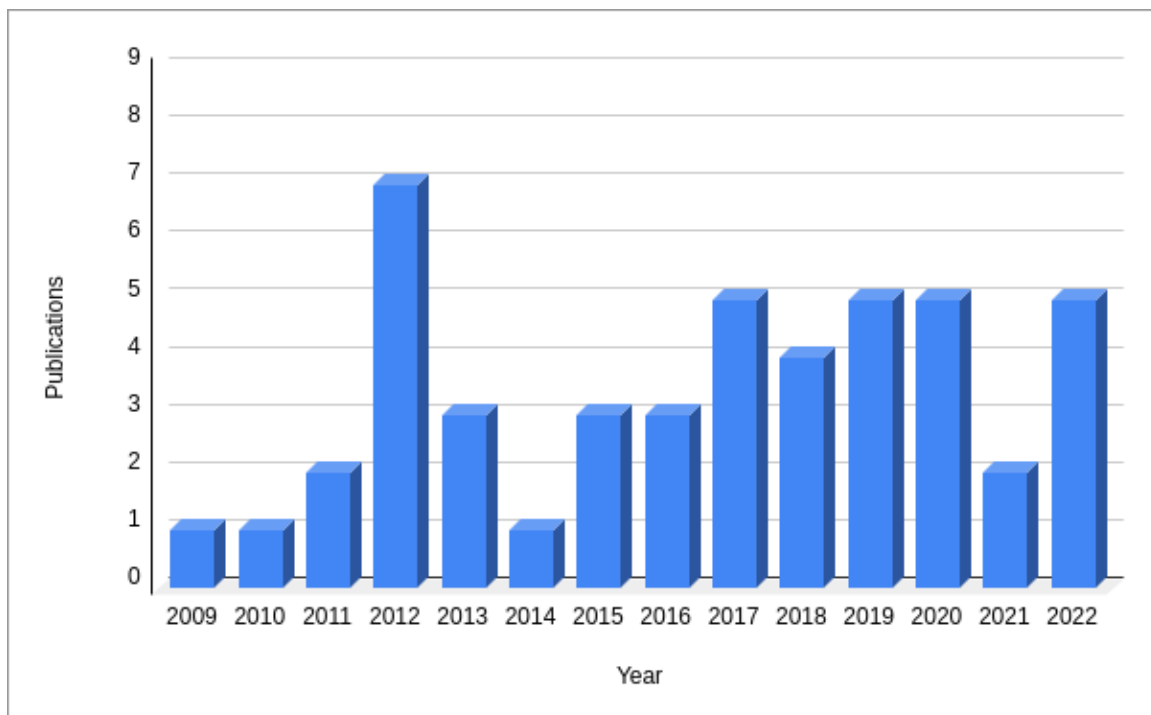
Na [Figura 3](#) é ilustrada uma análise clusterizada das palavras chaves utilizadas nos estudos. É possível observar, pelo tamanho dos círculos, quais são as palavras de maior relevância.

Figura 3 – Análise de clusterização entre palavras chaves usadas nos estudos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4 – Número de publicações aceitas na revisão sistemática ao longo dos anos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4.2 Jogos para ensino de Computação

Tabela 1 – Lista de jogos para p ensino superior de Computação obtidas na revisão.

Trabalho	Título	Objetivos de ensino	Gênero
Shabanah e Chen (2009)	Binary Search	Busca binária	<i>Breakout</i>
Hicks (2010)	BOTS	Programação	<i>Puzzle</i>
Masso e Grace (2011)	Shapemaker	Programação	<i>Cardgames</i>
Liu, Cheng e Huang (2011)	TrainB&P	Programação	Simuladores
Marques, Levitt e Nixon (2012)	Conveyor	Programação	<i>Puzzle</i>
Wassila e Tahar (2012)	Mario Bros	Árvores AVL	<i>Puzzle</i>
Kazimoglu <i>et al.</i> (2012b), Kazimoglu <i>et al.</i> (2012a), Kazimoglu (2020)	Program Your Robot	Programação	<i>Puzzle</i>
Lee, Ko e Kwan (2013)	Gidget	<i>Debugging</i>	<i>LOGO-like</i>
Hakulinen (2013)	Sem nome	Números binários e ASCII	ARG
Vahldick, Mendes e Marcelino (2015)	No Bug's Snack Bar	Programação	<i>LOGO-like</i>
Barreto, Benitti e Sommariva (2015)	UsabilityGame	Interação Humano-Computador	Visual novel
Tsalikidis e Pavlidis (2016)	jLegends	Programação	<i>LOGO-like</i>
Wong <i>et al.</i> (2017), Wong e Yatim (2018)	Odyssey of Phoenix	Programação orientada à objetos	RPG
Miljanovic e Bradbury (2017)	RoboBUG	Programação e <i>debugging</i>	<i>Puzzle</i>
Pieper <i>et al.</i> (2017)	The Essence Simulation Game	Engenharia de <i>Softwares</i>	Simuladores
Hsu e Wang (2018)	Turtle Graphics Tutorial System	Pensar algorítmico	<i>LOGO-like</i>
Kannappan <i>et al.</i> (2019)	La Petite Fee Cosmo	Estruturas de listas	<i>Puzzle</i>
Jemmali <i>et al.</i> (2019)	May's Journey	Programação e <i>debugging</i>	<i>LOGO-like</i>
Aditya, Santoso e Isal (2019)	Temple of Algorithm Branch and Bound	Algoritmo <i>Branch and bound</i>	<i>Puzzle</i>
Troyer <i>et al.</i> (2019)	TrueBiters	Lógica booleana	<i>Puzzle</i>

Miljanovic e Bradbury (2020)	GidgetML (adaptação)	<i>Debugging</i>	<i>LOGO-like</i>
Maskeliunas <i>et al.</i> (2020)	Sem nome	Programação	<i>Puzzle</i>
Steinmaurer, Tilanthe e Gütl (2021)	sColl	Programação	<i>Puzzle</i>
Paspallis, Kasenides e Piki (2022)	Amaze Chal- lenge	Programação e pensar alorít- mico	<i>LOGO-like</i>
Steinmaurer <i>et al.</i> (2022)	sColl (adapta- ção)	Programação	<i>Puzzle</i>

Dentre as 47 publicações que permaneceram após aplicados os critérios de inclusão e exclusão, 28 se dedicavam a elaboração e a apresentação de um jogo, representados pelos seguintes títulos:

1. *Binary Search* (SHABANAH; CHEN, 2009): um jogo que adapta o clássico pong, cortando o tamanho do campo de maneira equivalente ao algoritmo da busca binária;
2. *BOTS* (HICKS, 2010): um jogo de puzzle que lembra “*Pipe Dream*” e “*Where’s my Water*”, mas utilizando de lógicas básicas de programação para elaboração do fluxo que deverá ir de um ponto “A” até um ponto “B”. o jogador poderá no futuro compartilhar as suas soluções em uma comunidade integrada;
3. *Shapemaker* (MASSO; GRACE, 2011): um jogo tático de cartas e tabuleiros para ensino de conceitos básicos de programação onde jogadores competem entre si em rodadas para alcançar primeiro o objetivo, desenhar a figura que aparece na tela de um monitor;
4. *TrainB&P* (LIU; CHENG; HUANG, 2011): o jogador constrói uma montanha-russa, onde as lógicas de condicionais, de laços e de chamadas de funções simulam a estrutura do brinquedo;
5. *Conveyor* (MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012): um jogo de *puzzle* para ensino de conceitos básicos de programação onde o jogador terá que resolver uma série de enigmas lógicos para personalizar esteiras e levar objetos para as saídas adequadas de acordo com as cores;
6. *Mario Bros.* (WASSILA; TAHAR, 2012): através de diversos níveis de plataforma e em forma narrativa, o jogador revisa conceitos de árvores desde estrutura, tipos de árvores, até o balanceamento;
7. *Program Your Robot* (KAZIMOGLU *et al.*, 2012b) (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a) (KAZIMOGLU, 2020): um jogo de *puzzle* e enigmas projetado para desenvolver o pensar

- computacional, não tratando de nenhuma linguagem em específico. O jogador deverá elaborar uma espécie de programa para levar o robô de sua posição de início ao fim da fase;
8. *Gidget* (LEE; KO; KWAN, 2013): um jogo para ensinar *debugging*, o jogador precisa organizar os comandos de um robô defeituoso chamado *Gidget* para que ele realize diversas tarefas;
 9. Jogo sem nome apresentado por Hakulinen (2013): trata-se de diversas tarefas em conjunto à uma realidade aumentada para ensino de números binários e tabela *ASCII*;
 10. *No Bug's Snack Bar* (VAHLICK; MENDES; MARCELINO, 2015): baseado em jogos de administração de tempo e em *LOGO-like games* e voltado para ensino de conceitos básicos de programação, nesse jogo o jogador controla através de pseudo-códigos o comportamento do *barman* que deverá atender os pedidos dos clientes;
 11. *UsabilityGame* (BARRETO; BENITTI; SOMMARIVA, 2015): uma espécie de *visual novel* com alguns elementos de *RPG* que procura simular ambientes de relação cliente-programador para o ensino de *Human-Computer Interaction*. A iniciativa é Brasileira e o simulador possui uma tela de montagem de protótipos;
 12. *jLegends* (TSALIKIDIS; PAVLIDIS, 2016): um jogo de batalhas *onlines* onde cada jogador precisa escrever linhas de códigos para controlar seu campeão;
 13. *Odyssey of Phoenix* (WONG *et al.*, 2017) (WONG; YATIM, 2018): um *RPG mobile* que ensina programação orientada a objeto através da jornada do protagonista para encontrar peças para consertar sua espaçonave. O jogo é inteiro baseado no ensino sem codificação;
 14. *RoboBUG* (MILJANOVIC; BRADBURY, 2017): trata-se de um jogo que exercita quatro técnicas teóricas de *debug* com uma *gameplay* que lembra bem levemente um *puzzle*;
 15. *The Essence Simulation Game* (PIEPER *et al.*, 2017): um simulador de projetos e equipe virtual para ensino de Engenharia de *Software* que pontua e recompensa as decisões do jogador e o guia em cada passo;
 16. *Turtle Graphics Tutorial System* (HSU; WANG, 2018): os jogadores são desafiados a resolverem enigmas com menos “peças” que outras soluções já implementadas por outros jogadores, usando, assim, o chamado “*Student-generated questions*”;
 17. *La Petite Fee Cosmo* (KANNAPPAN *et al.*, 2019): um jogo para ensino dos conceitos de listas;
 18. *May's Journey* (JEMMALI *et al.*, 2019): jogo de *puzzle* onde o jogador manipula elementos da tela através de um pseudocódigo para treinar conceitos básicos de programação. O jogo

- exercita conceitos de abstração, modularidade e reusabilidade, semântica e *debugging*, além de conceitos mais básicos Possui alguns elementos de *RPG*;
19. *Temple of Agorithm Branch and Bound* (ADITYA; SANTOSO; ISAL, 2019): um jogo para ensino do algoritmo *Branch and Bound* que utiliza de *puzzles* e enigmas, enquanto conta uma pequena narração;
 20. *TrueBiters* (TROYER *et al.*, 2019): jogo para ensino de lógica booleana. O jogador deverá completar a pirâmide conforme o resultado da operação.
 21. *GidgetML* (MILJANOVIC; BRADBURY, 2020): uma adaptação do jogo *Gidget*;
 22. Jogo sem nome apresentado por Maskeliunas *et al.* (2020): O jogador deve resolver enigmas em forma de um mapa, controlando carros através de um pseudo-código;
 23. *sColl* (STEINMAURER; TILANTHE; GÜTL, 2021): jogo de enigmas onde o jogador terá que exercitar a lógica de programação para abrir passagens e coletar moedas em uma plataforma 3D;
 24. *Amaze challenge* (PASPALLIS; KASENIDES; PIKI, 2022): jogo de labirinto onde o jogador deverá mover uma peça até a saída utilizando-se de um pseudo-código;
 25. *sColl multiplayer* (STEINMAURER *et al.*, 2022): adaptação do jogo *sColl* com missões para múltiplos jogadores.

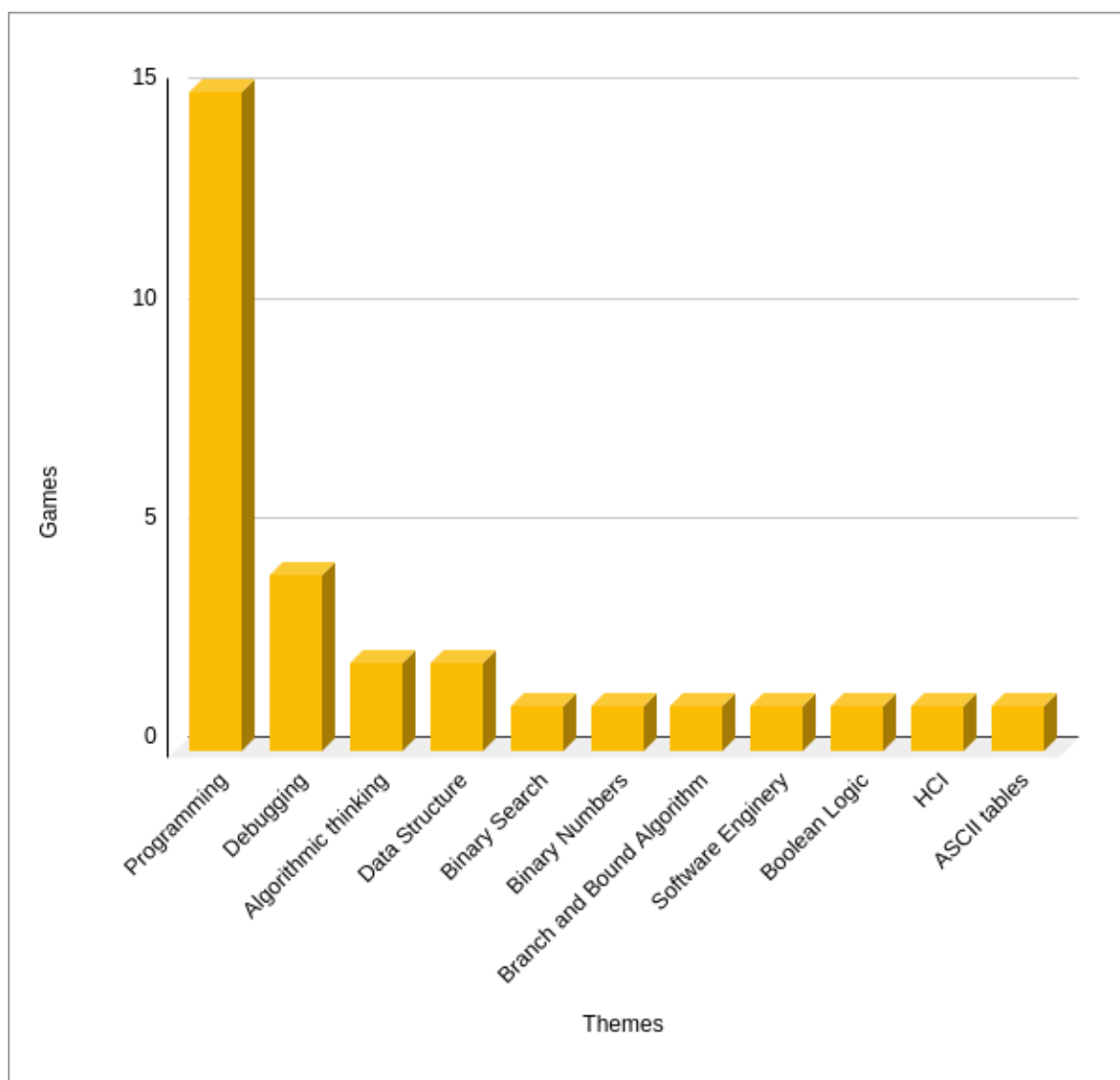
Dos assuntos tratados em cada jogo, predominou os jogos que ensinavam sobre programação, com 9 títulos, seguindo de *debugging*, com 4 títulos, sendo que os trabalhos Jemmali *et al.* (2019) e Miljanovic e Bradbury (2017) apresentaram jogos com a proposta de ensinar ambos os tópicos.

Na Figura 5 é ilustrado o gráfico que aponta o número de jogos por temas abordados.

Fora da lista dos trabalhos aceitos nessa revisão, foi observada uma alta procura de *serious games* para o ensino de Engenharia de *Software*, sendo esse tema e o tema da introdução à programação, dois dos mais recorrentes temas na aplicação de *serious games* para o ensino de Computação. Ao que registra Krassmann *et al.* (2015), até 2015, de fato a maioria dos *serious games* para ensino de computação tinha o foco no ensino de programação e Engenharia de *Software* ficava em segundo lugar.

Dentre as referências citadas, predomina o gênero de *puzzles* com 9 títulos, seguido pelo gênero *LOGO-like*, com 7 títulos, com simuladores possuindo 2 títulos. As produções restantes trabalharam com outros gêneros, havendo um destaque para os trabalhos de Wong *et al.* (2017) e de Wong e Yatim (2018) que apresentaram um jogo de *Role playing games* (RPG) e para Hakulinen (2013) que propôs a abordagem de utilizar *Alternate Reality Games* (ARG), com uma série de atividades que utilizam diferentes mídias interativas, juntas em uma gincana educativa.

Figura 5 – Número de jogos dos artigos aprovados para revisão por temas abordados.



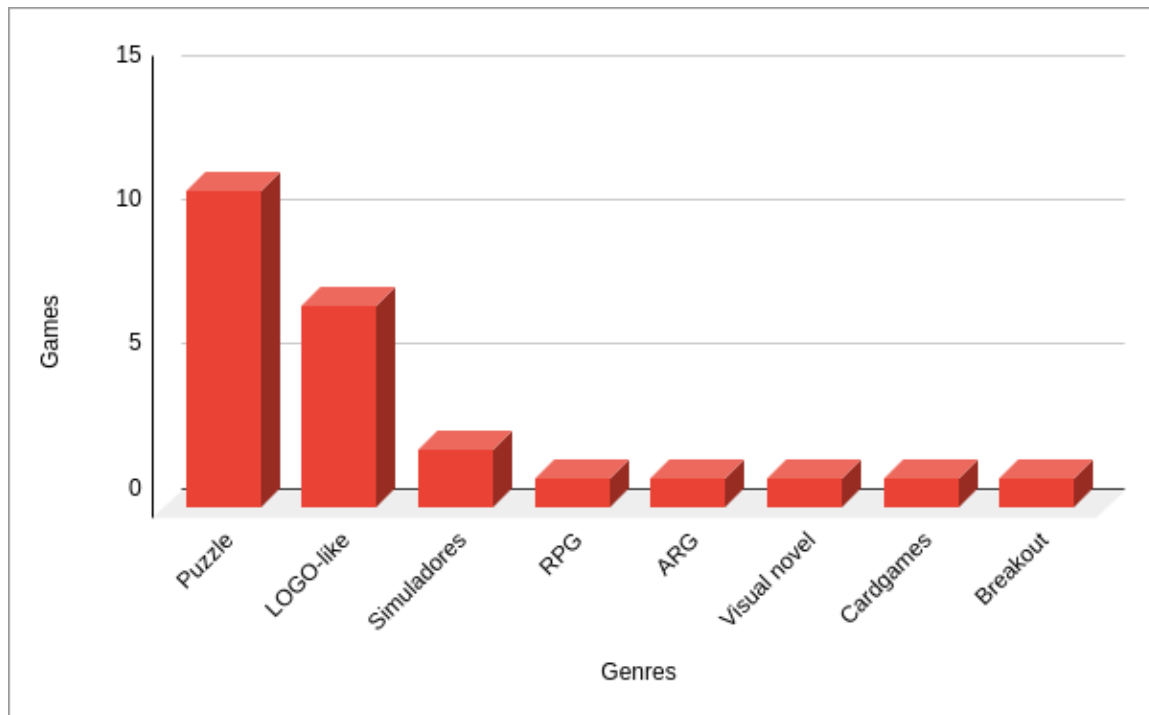
Fonte: Elaborada pelo autor.

O gênero *puzzle* compartilha características com o conceito de programação (JEMMALI *et al.*, 2019). A sua predominância coincide, desta forma, com a alta busca das iniciativas pelo ensino de conceitos de programação.

LOGO-like games são jogos onde o jogador precisa programar as ações de uma personagem usando códigos de programação ou pseudo-códigos (VAHLICK; MENDES; MARCELINO, 2015). Como o ensino de programação é um dos temas mais procurados na aplicação de *serious games*, a alta busca por esse gênero seria natural. Também foram observados ferramentas de gamificação que não representavam propriamente *serious games*, mas que como os *LOGO-like games*, possuem a prática por princípio de ensino.

Na Figura 6 é ilustrado o gráfico de distribuição do número de jogos dos artigos provados por gêneros adotados.

Figura 6 – Número de jogos dos artigos aprovados para revisão por gêneros adotados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Hsu e Wang (2018) utilizou um conceito baseado em competição para o jogo proposto, se tratando de um *LOGO-like games*, o jogo *Turtle Graphics Tutorial System* premiava o jogador que apresentasse a solução mais otimizada para cada nível apresentado.

3.4.3 Testes para avaliação dos jogos e de seus usos

Vários artigos (LEE; KO; KWAN, 2013), (MILJANOVIC; BRADBURY, 2020), (PIEPER *et al.*, 2017), (BARRETO; BENITTI; SOMMARIVA, 2015), (TROYER *et al.*, 2019), (HSU; WANG, 2018), (WONG *et al.*, 2017), (WONG; YATIM, 2018), (VAHLICK; MENDES; MARCELINO, 2015), (MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012), (KAZIMOGLU, 2020), (MASKELIUNAS *et al.*, 2020), (MILJANOVIC; BRADBURY, 2017), (MASSO; GRACE, 2011) e (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a) aplicaram testes em seus jogos para que os mesmos fossem avaliados, de modo a apresentar para um grupo de jogadores, normalmente constituídos de alunos da graduação. Uma exceção a essa regra é o trabalho de Lee, Ko e Kwan (2013), que decidiu avaliar seu jogo aplicando-o em um público de pessoas que se auto declararam não trabalharem com Computação ou terem estudado na área.

Dos métodos avaliativos, (PIEPER *et al.*, 2017), (HSU; WANG, 2018), (MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012), (KAZIMOGLU, 2020) e (MASKELIUNAS *et al.*, 2020) utilizaram de questionários com uso da escala *Likert*, (MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012), (MILJANOVIC; BRADBURY, 2020), (WONG *et al.*, 2017), (WONG; YATIM, 2018), (MILJANOVIC; BRAD-

Tabela 2 – Lista de testes para avaliação de jogos e suas aplicações observados na revisão.

Publicação	Avaliação do jogo	Grupo de teste	Grupo de controle	Likert	Pré e pós-test	Perguntas teóricas	in-game feedback	Avaliação valendo nota	Opinião do aluno	Teste T
Shabanah e Chen (2009)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Hicks (2010)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Masso e Grace (2011)	×	✓	×	×	×	×	×	×	✓	×
Liu, Cheng e Huang (2011)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Marques, Levitt e Nixon (2012)	✓	✓	×	✓	×	×	✓	×	✓	×
Wassila e Tahar (2012)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Kazimoglu <i>et al.</i> (2012b)	✓	✓	×	×	×	×	×	×	✓	×
Kazimoglu <i>et al.</i> (2012a)	×	✓	×	×	×	×	×	×	✓	×
Lee, Ko e Kwan (2013)	✓	✓	×	×	×	×	✓	×	×	×
Hakulinen (2013)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Dörner e Spierling (2014)	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Vahldick, Mendes e Marcelino (2015)	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	✓
Barreto, Benitti e Sommariva (2015)	✓	✓	×	×	✓	×	×	×	×	×
Tsalikidis e Pavlidis (2016)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Wong <i>et al.</i> (2017)	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	×
Wong e Yatim (2018)	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	×
Miljanovic e Bradbury (2017)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓
Pieper <i>et al.</i> (2017)	✓	✓	×	✓	×	×	✓	×	×	×
Hsu e Wang (2018)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	×
Kannappan <i>et al.</i> (2019)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Jemmali <i>et al.</i> (2019)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Aditya, Santoso e Isal (2019)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Troyer <i>et al.</i> (2019)	✓	✓	✓	×	×	×	×	✓	×	✓
Miljanovic e Bradbury (2020)	✓	✓	×	×	×	×	×	×	✓	✓
Kazimoglu (2020)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	×
Maskeliunas <i>et al.</i> (2020)	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×
Steinmaurer, Tilanthe e Gütl (2021)	✓	✓	×	✓	×	×	×	×	✓	×
Sales e Antunes (2021)	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Paspallis, Kasenides e Piki (2022)	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Steinmaurer <i>et al.</i> (2022)	✓	✓	×	✓	×	×	×	×	✓	×

BURY, 2017), (MASSO; GRACE, 2011) e (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a) consideraram a opinião por escrita dos alunos que jogaram os jogos, sendo que quatro das publicações, (MILJANOVIC; BRADBURY, 2020), (MASSO; GRACE, 2011), (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a) e (MASKELIUNAS *et al.*, 2020) não indicaram claramente a utilização de outros métodos avaliativos que não se baseassem apenas nas opiniões pessoais dos alunos.

Em contrapartida, (WONG *et al.*, 2017), (WONG; YATIM, 2018), (HSU; WANG, 2018), (KAZIMOGLU, 2020), (MILJANOVIC; BRADBURY, 2017) e (BARRETO; BENITTI; SOMMARIVA, 2015) realizaram pré-testes e pós-testes, permitindo comparar o desempenho dos alunos antes e depois de jogarem os jogos. Das 6 publicações citadas, apenas (MILJANOVIC; BRADBURY, 2017) e (BARRETO; BENITTI; SOMMARIVA, 2015) não indicaram claramente o uso de questões teóricas.

Três dos trabalhos aprovados utilizaram de *feedbacks* automáticos dos próprios jogos desenvolvidos para avaliar seus potenciais, sendo eles (MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012), (PIEPER *et al.*, 2017) e (LEE; KO; KWAN, 2013).

Em Troyer *et al.* (2019) os autores adotaram uma avaliação com notas para compreender os ganhos que seus jogos possuíam sobre o ensino dos alunos.

Os trabalhos de Dörner e Spierling (2014) e de Sales e Antunes (2021) não foram baseados em apresentar um *serious game*, mas em avaliar e debater sobre seus usos e eficiências. O primeiro discutiu sobre o cenário de GBL de maneira geral, não só de seu uso no ensino de Computação, enquanto o segundo estudo focou em avaliar a satisfação do uso de jogos para programação, língua estrangeira e hábitos.

Tabela 3 – Lista de outras revisões sistemáticas retornadas na revisão.

Publicação	De	Até	Objetivo principal
Marques, Levitt e Nixon (2012)	1996	2012	Programação
Malliarakis, Satratzemi e Xinogalos (2013)	2003	2012	Programação
Krassmann <i>et al.</i> (2015)	2010	2014	Ciência da Computação
Pellas e Vosinakis (2017)	1984	2012	Pensamento computacional
Souza <i>et al.</i> (2017)	2016	2016	Engenharia de Software
Zambon e Thiry (2018)	2016	2017	Engenharia de Software
Souza <i>et al.</i> (2018)	1974	2016	Engenharia de Software
Shahid <i>et al.</i> (2019)	2015	2019	Programação
Bai, Hew e Huang (2020)	2010	2018	Arte, Linguagens e computação
Aragão e Souza (2021)	2013	2021	Engenharia de Software
Ullah <i>et al.</i> (2022)	2011	2021	Ensino de Ciências
Zhan <i>et al.</i> (2022)	2010	2020	Programação

3.4.4 Outras revisões

Os trabalhos de [Malliarakis, Satratzemi e Xinogalos \(2013\)](#) e [Krassmann et al. \(2015\)](#) representam revisões sistemáticas feitas em anos anteriores sobre o uso de *serious games* no ensino de Computação. [Souza et al. \(2017\)](#) apresenta uma revisão sistemática considerando o cenário de *serious games* no ensino de Engenharia de *Software* e [Shahid et al. \(2019\)](#) no ensino de programação.

No documento de [Bai, Hew e Huang \(2020\)](#), foram considerados na revisão sistemática o ensino de Computação, artes e línguas.

3.4.5 Vantagens, efeitos e ganhos da aplicação de *serious games* no ensino de Computação

[Souza et al. \(2017\)](#) aponta que jogos vem sendo usados de forma a minimizar a distância entre a teoria dada nas aulas e aquilo que é, de fato, a prática.

A Teoria da Carga Cognitiva limita o aprendizado pela capacidade severamente restrita e pela duração da memória de trabalho, conforme indica [Pieper et al. \(2017\)](#). O documento justifica que com uma ferramenta com aplicação de jogos, conceitos e processos familiares, a Carga Cognitiva pode ser reduzida.

Outra vantagem é apontada em [Krassmann et al. \(2015\)](#), que destaca como jogos são recompensadores e como as recompensas provindas por eles conseguem envolver e inspirar de tal maneira que, se aplicada corretamente, supera outros métodos de ensino nesse critério.

[Hicks \(2010\)](#) afirma que o teor abstrato fortemente presente na Computação pode e vem desencorajando e frustrando o aprendizado e o interesse de diversos estudantes, indicando o emprego de *serious games* para remediar esse fato.

No estudo de [Marín et al. \(2018\)](#) está indicado que o uso de jogos tem se apresentado como uma técnica efetiva no âmbito geral da educação, mas especialmente útil nos cursos de programação. [Mostafa e Faragallah \(2019\)](#) reafirma que *serious games* têm sido aplicados de maneira efetiva em variadas áreas da educação.

Os trabalhos ([WONG et al., 2017](#)), ([BARRETO; BENITTI; SOMMARIVA, 2015](#)), ([HSU; WANG, 2018](#)), ([WONG; YATIM, 2018](#)), ([LEE; KO; KWAN, 2013](#)), ([TROYER et al., 2019](#)), ([KAZIMOGLU, 2020](#)), ([MILJANOVIC; BRADBURY, 2020](#)), ([MILJANOVIC; BRADBURY, 2017](#)), ([MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012](#)) e ([HICKS, 2010](#)) apresentaram resultados positivos na aplicação de jogos para ensino de Computação. Todos os citados realizaram testes com os alunos após jogarem seus jogos e demonstraram por meio deles um ganho de desempenho por parte dos jogadores, a natureza desses testes, no entanto, não é unificada. Além disso, as publicações de [Topalli e Cagiltay \(2018\)](#) e de [Dörner e Spierling \(2014\)](#) indicaram suas eficiências em aplicar a prática de aprender desenvolvendo jogos, que representa outra abordagem de uso de

jogos no ensino.

Em (WONG *et al.*, 2017), (ADITYA; SANTOSO; ISAL, 2019), (KAZIMOGLU *et al.*, 2012a), (PIEPER *et al.*, 2017), (MASSO; GRACE, 2011), (KAZIMOGLU *et al.*, 2012b) e (MARQUES; LEVITT; NIXON, 2012) os autores apontam para a aprovação por parte dos alunos das atividades realizadas envolvendo *serious games*.

Barreto, Benitti e Sommariva (2015) representou um caso singular onde indicou não ter tido aprovação dos alunos em suas atividades com jogos, mas afirmou ter observado ganho em desempenho.

Liu, Cheng e Huang (2011) justificou suas atividades com base na teoria do aprendizado, mas não apresentou a realização de testes no documento. Isso se explicaria por conta do documento focar em apresentar o modelo *Constructionist Serious Game Engine* (CSGE).

Hakulinen (2013) também não apresentou testes com alunos em seu artigo, mas argumentou teoricamente a favor da aplicação de ARGs para o ensino de Computação.

Wong *et al.* (2017) avaliou suas atividades de maneira diferente, utilizando dos modelos *Technology Acceptance Model* (TAM) e *Technology-Enhanced Training Effectiveness Model* (TETEM) apresentados no artigo, indicou resultados positivos com um estudo estatístico através de um grupo de controle e um grupo de alunos que efetivamente realizaram as atividades com jogos.

Vahldick, Mendes e Marcelino (2015) aponta que os recursos mais importantes na aplicação de *serious games* seria a imersão do jogador com o jogo.

Krassmann *et al.* (2015) concluí que há ganhos na emancipação de *serious games*, mas alerta para a necessidade de estratégias na aplicação. Souza *et al.* (2017) realiza uma crítica semelhante, destacando o uso de jogos no ensino de Engenharia de Software.

O artigo de Bai, Hew e Huang (2020) apresenta interessantes teorias, definições e argumentos a favor do uso de jogos no ensino, utilizando testes com diversas ferramentas estatísticas e alunos de diferentes períodos escolares. No entanto esse trabalho não foi feito apenas para o cenário de computação, mas do ensino de artes e de linguagens.

3.4.6 Metodologias de desenvolvimento de *serious games*

Pouco dos trabalhos encontrados nessa revisão se dedicaram a explicar como os jogos que os mesmos apresentavam teriam sido desenvolvidos, com a maioria dos títulos representando caixas pretas sobre o seu desenvolvimento e focando na apresentação do jogo em si e dos resultados deste no aprendizado.

Mayer (2012) indica em seu trabalho uma série de problemas em comum nos modelos para desenvolvimento de *serious games*, como (1) pouca indicação de como usar, (2) vago procedimento de validação, (3) problemas na hipótese, (4) poucas relações entre modelos e

conceitos, (5) pouca operacionalização, (6) casos de estudos reduzidos a um jogo apenas ou a um contexto de aplicação, (7) enfoque infantil, (8) falta de informações sobre os questionários e (9) foco no *single player*.

O mesmo documento aponta para uma lista de consideráveis dificuldades para lidar com o desenvolvimento de *serious games*, como (1) a falta de teorias, (2) a falta de modelos operacionais, (3) falta de questionários para validação (4) falta de um *design* de pesquisa próprio, (5) poucas ferramentas genéricas.

Longstreet e Cooper (2012) se propôs ao desenvolvimento de um metamodelo para criação de *serious games* para o ensino superior, no entanto, apresentou um documento muito curto e relativamente vago.

Aragão e Souza (2021) teve os mesmos objetivos, mas apenas para orientação do desenvolvimento de jogos de ensino de métodos ágeis, ou seja *Scrum* e *Extreme Programming* (XP), sendo uma ferramenta muito específica.

Malliarakis, Satratzemi e Xinogalos (2013) apresenta um modelo mais completo e indica o seu uso para o desenvolvimento de *serious games* para o ensino de programação. Trata-se do modelo *CMX Design Framework*, que se encontra melhor descrito na Seção 4.2.

Em Johnson *et al.* (2016) e Pellas e Vosinakis (2017) os autores indicam orientações para o desenvolvimento dos jogos, Johnson *et al.* (2016) apresenta o modelo *Mechanic, Dynamic, Aesthetic* (MDA) para avaliação do jogo. Zambon e Thiry (2018) também apresenta algumas orientações, mas os trabalhos revistos nesse documento possuem o indesejável caráter de *quiz* e listas de exercícios.

Dos títulos de jogos, apenas a publicação de Wassila e Tahar (2012) e de Shabanah e Chen (2009) indicaram melhor os passos e estratégias para a elaboração dos jogos apresentados, sendo materiais interessantes para a elaboração de uma metodologia. Os passos indicados por Shabanah e Chen (2009) envolvem os modelos *Bloom Based Model*, *Gagne Based Model* e *Constructivist Model*, apresentados na Seção 4.2. Wassila e Tahar (2012), por sua vez, apresentou a definição de um *script* de onde foi inspirado a proposta de estudo de relacionamento de ensino e *gameplay* da metodologia desenvolvida nesse trabalho, apresentado na Subseção 4.4.3, bem como a tabela de comparação entre habilidades e gênero de jogos, também adaptada nessa metodologia e apresentada na Subseção 4.4.2.

A análise dos resultados revela necessidades e lacunas que demandam atenção por meio da adaptação e criação de uma nova metodologia, objetivo desse mestrado. Uma nova abordagem deve direcionar o atendimento a um público-alvo diversificado, que se compõe de alunos do ensino superior em Computação. Essa iniciativa torna-se crucial diante da escassez de informações disponíveis para mensurar o engajamento dos alunos, bem como para orientar a aplicação e avaliação adequadas no contexto educacional dado o que foi concluído da revisão.

3.5 Considerações finais

Esse capítulo teve como objetivo apresentar de maneira organizada a revisão realizada com o intuito de verificar o emprego tema do uso de *serious games* para o ensino superior em Computação em produções científicas.

O estudo permitiu verificar como o tema tem se popularizado nos últimos anos, esclareceu conceitos importantes e bases para tomadas de decisões desta iniciativa.

Nessa revisão verificou-se a existência de diversos títulos de jogos educacionais e iniciativas de jogos para o ensino de Computação, mas prioritariamente foram encontrados 20 títulos que respeitaram os critérios de inclusão e exclusão adotados e que visavam restringir os aspectos desejáveis para *serious games* direcionados à um público alvo adulto, bem como maximizar os ganhos da aplicação dos mesmos.

Foram observados quais os gêneros de jogos mais utilizados e também os temas ensinados por eles. Verificou-se como esses jogos foram aplicados em iniciativas e testes com alunos e como isso implicou em ganho no desempenho e nos interesses dos mesmos.

A pesquisa levou a outras revisões sistemáticas que envolviam outras épocas e temas além do ensino de Computação, o que demonstra a abrangência e a presença histórica de jogos no ensino, além de argumentar à favor da técnica.

Iniciativas e resultados aqui observados apontaram para vantagens, efeitos e ganhos que procedem da utilização de *serious games* no ensino de Computação, esse apontamento pode ser verificado na [Subseção 3.4.5](#).

Os resultados aqui observados guiaram o desenvolvimento da metodologia, que é apresentada no [Capítulo 4](#).

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA METODOLOGIA

Nesse capítulo está apresentado de forma detalhada o desenvolvimento da metodologia COMBO, entrega principal da pesquisa realizada ao longo do mestrado, tratando-se de uma metodologia de desenvolvimento de *serious games* com teor construtivista para o ensino superior de Computação.

É apresentado nas próximas seções o funcionamento da metodologia desenvolvida a partir do estudo realizado com base na revisão do [Capítulo 3](#), das necessidades observadas e indicadas nos capítulos iniciais e ao longo do desenvolvimento de um *serious game* para ensino de Teoria da Computação, o *Star Owners*, apresentado em detalhes no [Capítulo 5](#).

4.1 Justificativas para desenvolvimento de uma metodologia

Os resultados obtidos no [Capítulo 3](#) demonstram necessidades e escassezes que uma metodologia que guie projetos de desenvolvimento de jogos para o ensino de Computação em nível superior poderão atender, bem como a falta de uso desse tipo de ferramenta de maneira mais clara e regular por parte de projetos voltados ao ensino com jogos.

Até 2019, antes da agravação da pandemia, uma pesquisa indicou o uso por apenas 11,03% dos professores de conceito de uso de jogos no ensino de Computação, sendo que muitas pesquisas na área focam apenas na gamificação de conceitos fundamentais da programação, sem se preocupar o suficiente com o engajamento ([SHAHID et al., 2019](#)).

No processo de revisão da literatura, observou-se que, embora houvesse justificativas para o uso de *serious games*, apontando diversas vantagens, efeitos e ganhos na sua aplicação, bem como casos de testes reais com o público alvo e outros tipos de avaliações, o número de

pesquisas que apresentavam embasamentos da teoria do aprendizado, ou metodologias para o desenvolvimento de seus jogos, demonstrou-se substancialmente baixo em comparação.

Nesse sentido, faz-se necessário uma metodologia para avaliação da eficiência de *serious games*, principalmente no critério pedagógico (KRASSMANN *et al.*, 2015). Em se tratando de alunos de graduação, também é de interesse observar o caráter andragógico dessas aplicações.

O desenvolvimento de uma metodologia que guie iniciativas futuras de criação e aplicação de *serious games* para ensino superior de Computação representa a principal entrega dessa pesquisa. A criação da metodologia COMBO teve como enfoque o emprego do construtivismo, de acordo com a Seção 2.6, a busca por aplicação dos conceitos de educação tecnológica, de acordo com a Seção 2.3, o atendimento das necessidades de ensino de computação apontadas na Seção 2.2 e trazer os melhores resultados observados no Capítulo 3,

4.2 Metodologias existentes

A revisão sistemática realizada, descrita na Subseção 3.4.6, identificou quatro modelos de desenvolvimento de jogos educacionais mais explicitamente apresentados em documentos. Além disso, foram encontrados outros modelos em pesquisas externas, que não se limitavam ao ensino de Computação ou ao nível de graduação. Ao todo, treze exemplos de modelos de desenvolvimento foram compilados, incluindo descrições detalhadas, como apresentado na lista a seguir.

1. **Metamodelo criado por Longstreet e Cooper:** focado para o ensino superior e representado por um diagrama e uma série de indicações de caráter orientativo, mas com pouco aspecto instrucional, não havendo apelo para um ciclo de etapas muito bem definido. Disponível em (LONGSTREET; COOPER, 2012).
2. **Diagrama arquitetura criado por Aragão et al.:** proposto para desenvolvimento de jogos para ensino de métodos ágeis e desenvolvido a partir de análise de jogos já com funcionais. O diagrama indica o fluxo de controle e de dados ao longo de módulos e entidades que descrevem a proposta. Disponível em (ARAGÃO; SOUZA, 2021).
3. **CMX Design Framework:** a estrutura é a junção adaptativa e inspirada de diversas outras ferramentas, como a estrutura quadridimensional proposta por Freitas e Jarvis (2006 apud MALLIARAKIS; SATRATZEMI; XINOGALOS, 2013), a estrutura conceitual de Yusoff *et al.* (2009 apud MALLIARAKIS; SATRATZEMI; XINOGALOS, 2013), a estrutura *Design, Play and Experience*, proposto por Tekinbas e Zimmerman (2003 apud MALLIARAKIS; SATRATZEMI; XINOGALOS, 2013), o ciclo de processo criativo desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology (MIT) Media Lab*. São indicados cinco passos na estrutura - (1) proposta de melhoria, (2) descoberta do conhecimento, (3) colabora-

ção, (4) aprendizado e (5) avaliação. Disponível em ([MALLIARAKIS; SATRATZEMI; XINO GALOS, 2013](#)).

4. **Estrutura de Pellas et al. para jogos simulados:** estrutura apresentada em diagrama que é acompanhado no documento por uma série de indicações de caráter orientativo e fortemente teórico. A estrutura ilustra a interação proposta com o usuário no lugar de uma série procedural para desenvolvimento do próprio jogo. Disponível em ([PELLAS; VOSINAKIS, 2017](#)).
5. **Bloom Based Model, Gagne Based Model e Constructivist Model:** os três modelos são apresentados em forma de diagrama pelo artigo e de maneira bem simplificada. Representam mais especificamente estratégias de aplicação dos jogos no lugar de instruções de desenvolvimento. Disponível em ([SHABANAH; CHEN, 2009](#)).
6. **Modelo Simulation Games Instructional Systems Design (SG-ISD):** Integra elementos do modelo *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation* (ADDIE), dos modelos de desenvolvimento em cascata, do conceito *design* interativo e da prototipação. Baseia-se no ciclo descrito pelos cinco passos - (1) avaliação formativa, (2) especificação do projeto técnico, (3) implementação do protótipo, (4) *modding* e (5) avaliação somativa. O quarto passo se caracteriza pelo incentivo de reúso de recursos e modificações adaptativas. Disponível em ([ROCHA, 2014](#)).
7. **Modelo de referência de Greenblat:** Representa uma referência para jogos de caráter simulatórios. Utiliza-se também de 5 fases - (1) configurar os objetivos e parâmetros, (2) desenvolver modelos, (3) definir detalhes sobre a representação, (4) construir e modificar, e (5) preparar para uso. Disponível em ([GREENBLAT, 1988](#) apud [ROCHA, 2014](#)).
8. **Processo baseado em Rational Unified Process (RUP):** Processo criado por [Rodrigues, Machado e Valença \(2010](#) apud [ROCHA, 2014](#)) que conta com as fases de concepção, pré-produção, produção e pós-produção, guiadas por sete disciplinas de criação - (1) análise de mercado, (2) projeto pedagógico-educacional, (3) *game design*, (4) projeto técnico, (5) implementação, (6) testes e (7) distribuição, além de três disciplinas de apoio - (1) gerência de configuração e mudanças, (2) gerência de projeto e (3) ambiente. Disponível em ([ROCHA, 2014](#)).
9. **Processo baseado no design centrado no usuário:** também integra o *framework* de quatro dimensões. É baseado em quatro fases não lineares - (1) analisar, (2) especificar avaliação, (3) investigar adequação e (4) especificar soluções de aprendizagem. Disponível em ([FREITAS; JARVIS, 2006](#) apud [ROCHA, 2014](#)).
10. **Synergy:** Possui seis passos a serem executados em sequência - (1) descobrir, (2) pesquisar e preparar, (3) planejar, (4) criar modelo conceitual, (5) criar modelo operacional e (6)

testar, além de três fases em paralelo - (1) criar protótipo, (2) validar e (3) verificar. Disponível em (BECKER; PARKER, 2012 apud ROCHA, 2014).

11. **DevJSTA**: Metodologia voltada para desenvolvimento de *Serious Games* direcionados aos Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação (JSTA). É baseada em três fases - (1) pré-produção, (2) produção e (3) pós-produção, as três fases são contempladas pelo processo de verificação e validação, com a primeira fase representando o planejamento, a segunda a análise, implementação e testagem e a última representando a avaliação. Disponível em (ROCHA, 2014).
12. **Processo de desenvolvimento do Laboratório de Informática, Aprendizado e Gestão (LIAG)**: Desenvolvido na Unicamp, propõe um modelo específico para a integração de Usuários Finais Aprendizes (UFA) que tem como característica envolver o usuário final no desenvolvimento e avaliação do jogo. Utilizando o que os autores denominaram de Metodologia Maiêutica ou “M” quadrado, os passos desse modelo foram divididos em diversos diagramas e três etapas - (1) projeto conceitual, onde um questionário define o escopo da aplicação, (2) projeto de comunicação, constituído de um segundo questionário para decisões de interface e (3) projeto de estrutura, com um terceiro questionário para definição da arquitetura que será adotada. A etapa (1) representa os passos de capacitação, contratação, familiarização e *design*, que ocorrem de maneira sequencial, já as etapas (2) e (3) ocorrem de maneira simultânea e contemplam os passos de produção e avaliação. Disponível em (OLIVEIRA; HOUNSELL; GASPARINI, 2016).
13. **diGital educAtional gaMe dEvelopment methoDology (GAMED)**: Representa uma série de processamento baseado em entradas e saídas para cada etapa procedural, dessa forma a etapa (1) formulação do problema, gera o documento *Education Problem Specification* (EPS) que será usado na etapa (2) *game idea generation*, para elaboração do documento *Game Idea Specification* (GIS) que será utilizado na etapa (3) *game design*, para geração do documento *Game Design Specification* (GDS). Dessa forma, a metodologia procede pelas etapas (4) desenvolvimento de requisitos, (5) arquitetura, (6) *design* de software, (7) programação, (8) integração, (9) publicação, (10) aplicação em GBL, (11) *feedback* e (12) manutenção. Disponível em (ASLAN; BALCI, 2015).

Levando em consideração o público-alvo, a orientação em termos de fundamentação teórica, a ênfase no engajamento, bem como as propostas de aplicação e avaliação, as características específicas identificadas na proposta de intervenção destacaram as necessidades essenciais para o desenvolvimento da nova metodologia. Todas essas, por sua vez, fundamentadas nas informações levantadas no presente documento.

4.3 A metodologia COMBO - *Ciclo Organizado Modular Baseado em Oportunidades*

Esse projeto teve como objetivo viabilizar o desenvolvimento de jogos para ensino superior em Computação através de uma metodologia que apresente um guia para futuros projetos, assim como consta na [Seção 1.3](#).

O uso de jogos no ensino de maneira eficiente exige muito do educador e do desenvolvedor de *serious games*, é preciso cuidado para preparar um material de teor reflexivo, para orientar os alunos na aprendizagem e para monitorar adequadamente o desempenho deles nesse tipo de ambiente (KHEIRKHAHZADEH; SAUER; FOTARIS, 2016).

Sendo assim, a *Ciclo Organizado Modular Baseado em Oportunidades* (COMBO) seguiu as diretrizes que estão indicadas e explicadas nas subseções que seguem. Essas subseções representam, portanto, o que foi seguido para a elaboração da COMBO em si, apresentada na [Seção 4.4](#).

4.3.1 *Fundamentação teórica*

Observado a carência de fundamentação teórica, essa emprega-se os princípios construtivistas por meio da metodologia a ser formulada.

O emprego de *serious games* conforme a metodologia a ser desenvolvido poderia ser aplicado em dois tipos de abordagens:

- Apresentar o jogo antes das aulas ou dos alunos terem recebido instruções sobre o assunto a ser abordado nos jogos, de forma a fazer com que o jogador aprenda sem que ele realmente saiba o que pretende aprender, como exemplarmente proposto em (WONG *et al.*, 2017).
- Apresentar o jogo após as aulas e após todos os assuntos abordados pelo jogo terem sido apresentados para os alunos, posicionando o *serious games* como uma ferramenta de reforço, revisão ou fixação do conteúdo.

A primeira abordagem provê ao aluno um contexto anterior ao ensino formal, técnico e teórico, ou seja, as aulas convencionais. Na segunda abordagem, o contexto seria proveniente das próprias aulas, com o aluno já tendo informações sobre aquilo que encontrará no jogo.

Ambos os casos estão apoiados nos conceitos construtivistas pela atribuição de Piaget e com o conceito do aprender como um processo ativo, como levantado na [Seção 2.6](#). No primeiro caso por meio da experimentação, com o aluno não tendo conhecimentos prévios acerca do assunto e confrontando suas experiências do jogo futuramente em aulas, em conjunto com os demais alunos e o professor. No segundo caso, tendo conhecimento prévio do material, mas

com adequado grau de liberdade em *gameplay*, o aluno poderá aprofundar seus conhecimentos, tomando decisões que o beneficia ou o penaliza dinamicamente.

A metodologia desenvolvida guia a criação de jogos que possam aplicar ambas abordagens, além de seguir os princípios construtivistas de expressividade e explorabilidades apontado por Vahldick, Mendes e Marcelino (2016) e já explicado na Seção 2.6. É desejado, também, a fuga das estratégias óbvias e indesejadas de se aplicar como *quiz*, jogos de palavras ou cujo conteúdo educativo esteja integralmente associados à leitura de texto, o que por meio dos fundamentos do construtivismo da busca pelo conhecimento como processo ativo dado pela expressividade e exploratividade, espera-se ser evitado.

4.3.2 Elementos de aprendizados

Assim como apontado na Seção 2.5, Prensky (2003 apud WONG *et al.*, 2017) indica a necessidade de se incorporar os elementos de aprendizados não de maneira mais óbvia, como textos, *quiz* ou tutoriais, mas em elementos estruturais do jogo: regras, mecânicas e pontuações.

Pode-se dizer que há diversos elementos coincidentes no processo de programação e nos jogos eletrônicos, como indica Malone (1980 apud JOHNSON *et al.*, 2016). As diretrizes da metodologia COMBO aproveitam desses elementos coincidentes no desenvolvimento de *serious games* de forma a permitir que os alunos interpretem e aprendam de maneira participativa e interativa.

Para um jogo que visa o ensino em Ciências de Computação, é necessário considerar a motivação, o engajamento, a satisfação e o caráter voltado para simulação e visual por parte do aluno jogador (JOHNSON *et al.*, 2016).

Para haver o engajamento dos jogadores, *serious games* precisam aplicar um aprendizado imersivo (LONGSTREET; COOPER, 2012). Jogos deveriam ser usados como ferramentas facilitadoras do aprendizado e jamais o contrário, mas se a dinâmica com jogos não promoverem engajamento de qualquer natureza ou mesmo não representarem uma abordagem diferente e mais imersiva para o aprendizado, se o conceito de *serious games* apenas procura mascarar atividades enfadonhas, como Leffa *et al.* (2012) explica ocorrer mais que o desejado, então talvez as vantagens da ferramenta desapareçam frente a complicação de aplicá-las.

4.3.3 Engajamento

Jogos estão se tornando progressivamente populares por conta de suas eficiências fora do contexto natural de puro entretenimento (SHAHID *et al.*, 2019), mas a forma de se aplicar esses jogos como ferramentas de ensino não podem abandonar o entretenimento, ainda que não seja o objetivo principal e, principalmente frente a um público alvo diversificado como se encontraria trabalhando com alunos da graduação, é necessário preocupar-se especialmente com o engajamento para ter efetividade no uso de jogos como ferramenta de ensino (MILJANOVIC;

BRADBURY, 2020). Como citado na seção anterior, há necessidade de se manter um aprendizado imersivo.

Em um jogo típico, pensado apenas para entretenimento, considera-se quatro elementos como de vital importância: mecânica, estética, narrativa e tecnologia, mas para um *serious game* adiciona-se dois itens: sistema de incentivos e conteúdo ou habilidades (ADITYA; SANTOSO; ISAL, 2019), além disso, *serious games* com *feedback* imediato, metas claras e bons desafios irão significar uma experiência positiva de aprendizado para o aluno (LIU; CHENG; HUANG, 2011).

Bai, Hew e Huang (2020) aponta para três teorias que visam explicar o fator motivacional presente em jogos: a teoria do estabelecimento de metas, a teoria da autoeficácia e a teoria da autodeterminação.

A teoria do estabelecimento de metas aponta para a motivação que objetivos imediatos, específicos e moderadamente desafiadores são capazes de estabelecer aos indivíduos, ou no caso de *serious games*, aos alunos. Em contrapartida, se os objetivos forem de natureza vaga, muito fáceis, muito difíceis ou ainda muito demorados de se atingir, o efeito será o contrário.

A teoria da autoeficácia explica o crescimento da persistência e, portanto, do engajamento do indivíduo frente a séries de tarefas de crescente dificuldade onde o mesmo vêm obtendo sucesso em concluir.

Por fim, a teoria da autodeterminação aponta para três necessidades psicológicas que podem motivar e engajar um indivíduo em uma atividade, sendo elas a autonomia, o relacionamento e a competência.

Outras teorias que poderiam ser aplicadas no conceito de *serious games* e que também são citadas no documento de Bai, Hew e Huang (2020) são a teoria da comparação social, a teoria do fluxo e a teoria do condicionamento operante, todas justificam a necessidade de trabalhar os elementos que podem promover o engajamento do aluno e a importância da motivação para que a ferramenta seja funcional ao mesmo.

4.3.4 Dinâmica de ensino com jogos

Como destacado na Subseção 4.3.1, a metodologia serve de guia para a produção de *serious games* que possam ser apresentado aos alunos por duas abordagens, antes das aulas ou depois das aulas.

Inicialmente, a dinâmica de ensino com jogos é baseada em disponibilizar os jogos aos alunos e incentiva-los a jogar e experimentar modos, estratégias, possibilidades e abordagens, sejam essas pré concebidas pelos desenvolvedores, sejam essas um mero resultado do produto final e, por vezes, imprevistas.

No entanto, é importante que o aluno consiga experimentar no jogo aquilo que efetiva-

mente represente o conteúdo de ensino, as regras, mecânicas e dinâmicas que estejam fortemente ligadas às habilidades projetadas. Esses elementos, que foram planejados previamente para ensinar o aluno, precisam ser incentivados pelo jogo ou pelo professor a serem experimentados durante o *gameplay*, uma vez que o ensino possa estar ligado a eles.

Com um público alvo diverso, de diferentes experiências e gostos para jogos, há a necessidade de atenção a acessibilidade desses elementos no que diz respeito ao alcance e balanceamento de dificuldade, a progressão de desafio deve ser bem trabalhada para ser balanceada e eficiente (JOHNSON *et al.*, 2016). Se o acesso ao nível 2, por exemplo, estiver por lógica condicionado a conclusão do nível 1, o aluno pode não ter acesso a nenhum elemento de ensino desse segundo nível por não ter avançado após o primeiro nível, ou mesmo perdido o interesse. Essa situação se agravaria conforme estendido a um suposto nível 3, 4, 5 e por diante, se não houver cuidados.

Independente da abordagem adotada, após os alunos jogarem o jogo, essa metodologia recomenda que os elementos de ensino do jogo sejam destacados e recordados de alguma maneira, uma possibilidade é a aplicação de um questionário que indica se o aluno realizou uma lista de checagem de atividades dentro do jogo e se o mesmo terá a capacidade de associar os elementos do jogo com o conteúdo educacional.

4.3.5 Avaliação do aprendizado

A avaliação proposta na metodologia conta com duas medidas, a opinião dos alunos e os seus desempenhos em atividades avaliativas de conhecimento.

Após o aluno jogar o jogo, a metodologia prevê a aplicação de questionários que verifique se o aluno consegue relacionar os elementos do jogo com o conteúdo educacional.

Outra categoria importante de perguntas são as opinativas, que contam com uma escala *likert* e com campos onde o aluno pode escrever recomendações e suas experiências com o jogo.

Esse questionário também é importante para verificação de erros de programação do jogo, eventuais *bugs*, erros comuns entre os alunos, espaço de divulgação de ideias e outras interações entre alunos e desenvolvedores.

Fora o questionário, a metodologia também recomenda o estudo com grupos de controle quando conveniente, ou seja, de maneira a não excluir grupos das atividades, mas sim comparando turmas anteriores que possuam dados disponíveis para análise de seus aprendizados.

Utilizando dados de outras turmas como grupo de controle, a metodologia viabiliza uma análise de desempenho comparativa para estudar não apenas o aprendizado dos alunos, mas a eficiência de se aplicar o jogo desenvolvido.

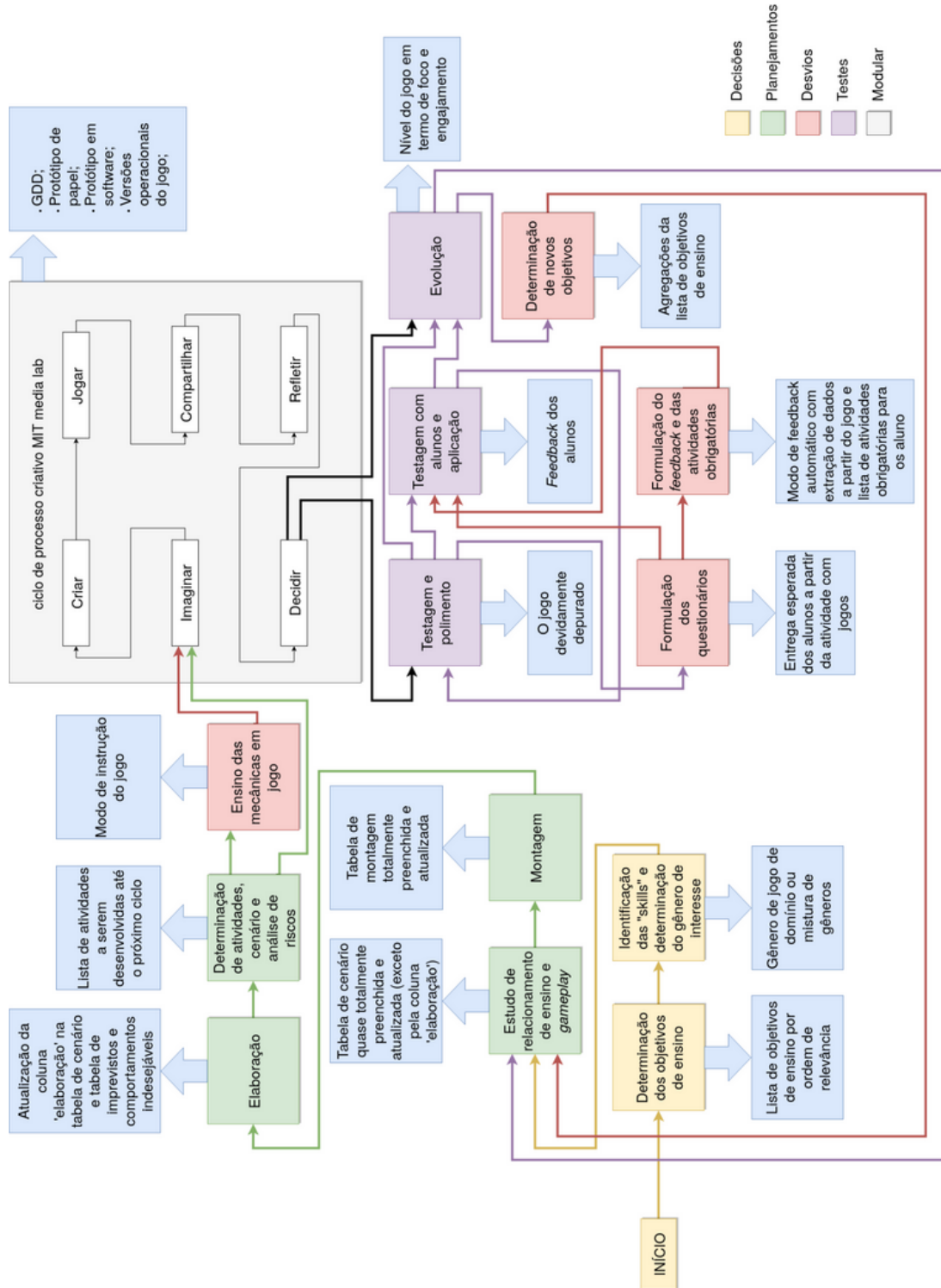
4.4 A metodologia COMBO

Esta seção apresenta a estrutura da metodologia COMBO, objetivando captar todas as necessidades e aspectos já levantados nesse capítulo e observados na prática, sendo assim, já revisitada e aprimorada a partir do desenvolvimento de um jogo fazendo uso da mesma.

Um bom modelo se mede pela amplitude de seu escopo, por sua comparatividade, pela sua padronização, especificidade, flexibilidade, expansibilidade, validade, desobstrução, agilidade em questão de tempo e propósito (MAYER, 2012).

A metodologia COMBO, cujos ciclos são ilustrados na Figura 7 e detalhados nas seções que seguem, procurou manter esses termos e alcançar as necessidades levantadas. As entregas esperadas em cada um dos ciclos da metodologia são explicitadas na Tabela 4.

Figura 7 – Diagrama dos ciclos da metodologia COMBO.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 – Entrega documentada esperada para cada etapa em um ciclo da metodologia COMBO.

Etapas	Entregas
Determinação dos objetivos de ensino	Lista de objetivos de ensino por ordem de relevância
Identificação das <i>skills</i> e determinação do gênero de interesse	Gênero de jogo de domínio ou mistura de gêneros
Estudo de relacionamento de ensino e <i>gameplay</i>	Tabela de cenário quase totalmente preenchida e atualizada (exceto pela coluna 'elaboração')
Montagem	Tabela de montagem totalmente preenchida e atualizada
Elaboração	Atualização da coluna 'elaboração' na tabela de cenário e tabela de imprevistos e comportamentos indesejáveis
Determinação de atividades, cenário e análise de riscos	Lista de atividades a serem desenvolvidas até o próximo ciclo
Ensino das mecânicas em jogo	Modo de instrução do jogo
Ciclo de processo criativo	Permitem diferentes entregas: <i>Game Design Document</i> (GDD), protótipo de papel, protótipo em software, versões operacionais do jogo, entre outros.
Testagem e polimento	O jogo devidamente depurado
Formulação dos questionários	Entrega esperada dos alunos a partir da atividade com jogos
Formulação dos <i>feedbacks</i> e das atividades obrigatórias	Modo de <i>feedback</i> automático com extração de dados a partir do jogo e lista de atividades obrigatórias para os alunos
Testagem com alunos e aplicação	<i>Feedback</i> dos alunos
Evolução	Nível do jogo em termo de foco e engajamento
Determinação de novos objetivos	Agregações da lista de objetivos de ensino

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.1 Determinação do objetivo de ensino

O que está sendo denominado de objetivo de ensino nesse documento refere-se ao assunto, ou ainda a uma lista de tópicos que se deseja ensinar com o jogo a ser desenvolvido. É crucial que esses objetivos estejam claros no início do projeto para realização dos passos seguintes de maneira que os tópicos possam ser decididos por meio da observação de uma necessidade, ou baseados no desempenho dos alunos.

Como destacam [Tsalikidis e Pavlidis \(2016\)](#), o processo de desenvolvimento de jogos começa por uma ideia, mas inicialmente, esta metodologia considera importante destacar o propósito do jogo, ou seja, o que ele, de fato, planeja ensinar.

Alerta-se nesse passo a necessidade de evitar, como indicam [Aslan e Balci \(2015\)](#), o erro de se obter de maneira insatisfatória a solução correta para o problema errado, ao se estabelecer objetivos de ensino que talvez não representem problemas de ensino.

Uma lista detalhada e organizada com todos os objetivos de ensino em ordem de importância já discutida e em comum acordo com todos os desenvolvedores e responsáveis pelo projeto deverá ser elaborada antes dos passos seguintes.

4.4.2 Identificação das skills e determinação do gênero de interesse

Neste passo busca identificar as habilidades necessárias para alcançar os objetivos estabelecidos, relacionando-as com as denominadas *skills* ou habilidades gerais listadas na Tabela 5. Em seguida, é possível extrair informações sobre quais gêneros de jogos podem ser mais adequados para ensinar essas habilidades e apoiar os objetivos estabelecidos.

Nessa mesma tabela já se determina também as técnicas de aprendizado que poderão ser usadas como guia e inspiração para o desenvolvimento do *serious game*.

Tabela 5 – Relação de habilidades e gêneros indicados para exercício.

Habilidades	Exemplos de disciplinas	Técnicas de aprendizado	Gênero de Videogame
Compreender conteúdos	Fatos, conceitos, teorias, leis, História, Geografia, vocabulários	Perguntas e respostas, prática e treino, associação, influência de comportamentos, tentativa e erro	Estilo "tetris", plataforma, ação, aventura, simuladores
Compreender procedimentos	Mecânica, Computação, <i>know-how</i> , controle, destreza, pilotagem	Aprender fazendo, influência de comportamentos, prática, <i>feedback</i>	Reflexo, ação
Compreender linguagens	Línguas estrangeiras, jargões, representações icônicas, símbolos, semânticas, terminologias	Influência de comportamentos, imersão, simulação, treinamento	Simuladores
Compreender estruturas e sistemas	Gestão, sistemas complexos, sistemas dinâmicos, descoberta por indução, resolução de problemas, raciocínio, relações de causa e efeito	Aprender fazendo, exploração, micromundos	<i>Puzzles</i> , simuladores, estratégia, aventura, vida artificial, gerenciamento
Desenvolver atitudes	Cooperação, pensamento crítico, criatividade, autonomia, metacognição	Treinamento	RPG, simuladores
Comunicar e cooperar	Relação transmissor e receptor, tipos de conversas, situações de comunicação, interpretação	Prática, <i>feedback</i> , treinamento	RPG, simuladores
Tomada de decisões	Análise de situações, antecipação de resultados e ações, desenvolvimento de estratégias, organização	Treinamento, simulações	Ação, simuladores, estratégia, estratégia em tempo real

Fonte: Adaptado de Wassila e Tahar (2012).

4.4.3 Estudo do relacionamento de ensino e *gameplay*

Todos os elementos da *gameplay* que tiverem propósitos educativos deverão estar claros a partir desse ponto para todos os envolvidos no projeto.

A proposta da metodologia para trazer essa clareza é a elaboração de uma tabela nomeada Cenário e terá formato equivalente ao apresentado na [Tabela 6](#). O objetivo do desenvolvimento dessa tabela é que os desenvolvedores apontem e liguem, a posteriori, cada objetivo de ensino ao elemento de *gameplay* do jogo onde se planeja que o aluno identifique a informação.

É importante que o jogo seja planejado de acordo com o que foi apontado na [Subseção 4.3.2](#), na [Subseção 4.3.3](#) e na [Subseção 4.3.4](#), sabendo que os elementos de ensino deverão estar incorporados na *gameplay*, prioritariamente de maneira não textual e de forma que o aluno consiga jogar mesmo antes de estudar ou mesmo ter conhecimento prévio do assunto, ainda que associações e o aprendizado, nesse caso, possam vir apenas posteriormente (depois das aulas e o tema serem apresentados da maneira tradicional).

A dinâmica desse passo esta conectada com o ciclo de processo criativo proposto pelo grupo MIT *Media Lab* indicado por [Malliarakis, Satratzemi e Xinogalos \(2013\)](#) e adaptado nessa metodologia, sendo gerada uma tabela cujo valores podem ser alterados a depender de decisões tomadas posteriormente.

Partindo da Tabela de Cenários, os desenvolvedores também deverão identificar e enumerar todas as mecânicas e estratégias, verificando o que já está devidamente desenvolvido e como cada elemento de aprendizado será incentivado na ferramenta.

A identificação de estratégias parte de princípios algorítmicos ou de procedimentos para um dado objetivo e que à priori têm que ser simulados pelo jogador por intermédio da expressividade, ou seja, a estratégia é realizável pelo jogador, mas em um primeiro momento não é forçada ou imposta ao mesmo, ainda que possa ser naturalmente incentivada.

Todas as estratégias úteis ao aprendizado deverão ser identificadas para futura análise de como incentivar que as mesmas sejam executadas naturalmente pelos jogadores, em primeiro momento, não havendo obrigatoriedade de necessariamente utilizá-las para completar o jogo, de forma a justamente permitir o desvendar de algo novo, conforme os princípios da explorabilidade trabalhados na [Seção 2.6](#).

A explorabilidade também deverá ser defendida nas mecânicas identificadas, principalmente em nível de comportamento. A interação e identificação por parte do jogador para com essas mecânicas deverão ser estudadas.

Dessa forma, adiciona-se a Tabela de Cenários os seguintes atributos:

- **Cenário educacional:** identificando o conteúdo que se deseja incentivar o aprendizado, de maneira técnica e clara.

- **Cenário do jogo:** identificando como o conteúdo se apresenta no jogo.
- **Mecânica (Rótulo em maiúsculo):** rotulando a mecânica para melhor controle, quando o cenário do jogo se trata de uma mecânica a implementar e a ser identificada pelo aluno pelo princípio da explorabilidade.
- **Estratégia (rótulo em minúsculo):** rotulando a estratégia para melhor controle, quando o cenário do jogo se trata de uma estratégia ou caminho que o jogador poderá implementar pelo princípio da expressividade.
- **Identificação ou implementação:** marcando se a identificação da mecânica ou implementação da estratégia poderia ser imediata, trivial ou complexa dentro do contexto do jogo. Propõe-se que isso seja feito de forma livre e adaptativa, mas que guie os desenvolvedores nos ciclos dessa metodologia.
- **Incentivo:** trabalhando o sistema de incentivos para o jogador identificar ou implementar a mecânica ou estratégia quando de interesse.
- **Elaboração:** esse item seria preenchido em etapas posteriores.

Tabela 6 – Tabela de cenário do jogo.

Cenário educacional	Cenário do jogo	Mecânica (rótulo)	Estratégia (rótulo)	Identificação ou implementação	Incentivo	Elaboração
O elemento de ensino no âmbito educacional	Como esse elemento, de fato, se apresenta no jogo	representar com letras maiúsculas para diferenciar (A, B, C...)	representar com letras maiúsculas para diferenciar (a, b, c...)	Quão difícil seria implementar esse conceito no jogo	Como o jogador seria beneficiado pelo elemento	Indicar se já foi concluído ou não a implementação desse elemento
...
...

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.4 Montagem

A montagem representa a descrição por escrito de como o jogo deve funcionar. O processo está diretamente ligado ao ciclo criativo, no sentido de ser representado por um GDD, protótipo ou mesmo uma versão operacional do jogo. No entanto, o passo de montagem se faz necessário para garantir duas coisas: que as mecânicas e estratégias acopladas ao ensino estejam claras no jogo, garantindo um sistema de incentivos e conteúdo, e que o jogo possa ser experimentado pelos alunos antes das aulas.

Com a lista de objetivos de ensino a disposição, monta-se uma tabela de duas colunas: objetivos versus ativos, tal como o exemplo da [Tabela 7](#), que é denominada Tabela de Montagem, onde é preenchida a coluna ativos com os identificadores de mecânicas e estratégias que ajudarão a alcançar o objetivo de ensino. O ideal é que na conclusão do jogo todos os objetivos sejam alcançados e preenchidos nessa tabela, mas a natureza desses objetivos poderá ser mais fluída conforme a evolução do jogo em si.

Tabela 7 – Tabela de montagem para comparação de objetivos e ativos.

Objetivo	Ativo
Primeiro objetivo da lista	exemplo de ativos
Segundo objetivo da lista	exemplo de ativos
...	...

Fonte: Elaborada pelo autor.

Descreve-se em texto o funcionamento simples do jogo, pensando em metas, dificuldades, entre outros. A proposta, a partir de então é a verificação com relação à compreensão do jogo e de seus objetivos, que pode contar com algumas estratégias:

1. Uma postura propriamente reflexiva pode ser adotada, considerando uma análise criteriosa própria ou de terceiros, que identifique pontos que precisam ser simplificados ou melhorados;
2. O *feedback* dos alunos também poderá ser aplicado, verificando se os mesmos tiveram dificuldade de entender as propostas e metas, ainda sem direcionamento ao conteúdo educacional em primeiro momento; e
3. A apresentação desse jogo para uma pessoa externa ao tema educacional pode representar um meio de avaliar a sua compreensão como jogo.

4.4.5 **Elaboração**

O processo de elaboração do jogo, que parte do ciclo criativo adotado, representa passos de identificação de estado, ou uma documentação que indique um *timestamp* do jogo bruto em si, que também indicará o que ainda deverá ser feito com relação aos critérios de estruturas.

O primeiro passo é completar a forma da Tabela de Cenários ou [Tabela 6](#), atualizando a coluna elaboração, para identificar as mecânicas efetivamente desenvolvidas, bem como as estratégias que já são possíveis de serem adotadas com o jogo como se encontra nesse momento.

Ao depender do nível de progressão do jogo, monta-se também uma tabela de imprevistos e comportamentos indesejáveis, conforme o exemplo da [Tabela 8](#), identificando as mecânicas e estratégias elaboradas ou observadas que fogem da proposta de ensino. Todas as casualidades deverão ser identificadas para avaliar se as mesmas poderiam ser fruto de confusão ou se

representam, por outro lado, bons ganhos no fator de engajamento, ou mesmo simples fatores irrelevantes.

A identificação pode vir de testes pessoais ou com alunos e o comportamento, se necessário, terá que ser mitigado ou punido, mas com o cuidado de não danificar o princípio de expressividade.

Se for possível, a punição poderia ser atrelada a uma mecânica equivalente ao caráter simulado do que ocorrerá em uma aplicação real da disciplina.

Tabela 8 – Tabela de imprevistos e comportamento indesejáveis observados no jogo.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
Como ocorre dado imprevisto	Qual o prejuízo quanto a jogabilidade e quanto ao aprendizado	O que será feito	se foi resolvido ou ainda precisa ser
...
...

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.6 Determinação de atividades, cenário e análise de riscos

Tendo ciência da estrutura a ser seguida nos próximos passos da metodologia, este passo representa o momento de organizar e programar a lista de atividades necessárias para começar a desenvolver uma primeira versão do jogo ou para atualizar o que se concluir necessário.

A proposta desse passo é também procurar evitar tomadas de decisões que possam guiar os desenvolvedores a um caminho de incapacidade ou ineficiência. Para tal é realizada uma adaptação do que indica o modelo GAMED (ASLAN; BALCI, 2015), no que diz respeito aos riscos de produto e riscos de recurso.

- Como riscos de produto tem-se: risco de aceitação ou de não haver aprovação por parte do público alvo das ideias estabelecida, risco de integração ou de parte do que foi proposto em passos anteriores não ser compartilhável com o todo, riscos de performance, riscos de usabilidade, riscos de suportabilidade e riscos de utilidade, esse último vindo ao encontro com uma possível detecção do erro de procurar a solução correta para o problema errado, conforme já citado.
- Como riscos de recursos tem-se: riscos de custos, riscos de cronograma, riscos de tecnologias insatisfatórias e riscos com a equipe e circunstâncias adversas.

Nessa metodologia, uma lista dos risco de ambos os tipos deve ser estabelecida de maneira analítica para evitar imprevistos.

Definidas as atividades, cenários e análise de risco, uma vez que as principais mecânicas do jogo já estiverem devidamente elaboradas, pode-se direcionar a etapa de ensino das mecânicas do jogo, antes de adentrar ao ciclo criativo e ao desenvolvimento.

4.4.7 Ensino das mecânicas do jogo

Com as mecânicas já tabeladas e elaboradas, a proposta desse passo é verificar como os objetivos básicos são indicados para o jogador ou como o próprio jogo ensina o jogo, evitando conteúdo textual o máximo possível e recordando que o jogo será apresentado aos alunos antes das aulas teóricas sobre o tema.

Na COMBO, a elaboração de telas simples ou de crescimento ligeiramente percebido pelos jogadores, de maneira a apresentar inicialmente a mecânica principal, incorporando gradativamente as mecânicas mais complexas e complementares.

Em seguida, o estudo da efetividade dessas estratégias pode ser feito de maneira similar ao passo descrito na [Subseção 4.4.4](#), considerando o *feedback* dos alunos, a aplicação em jogadores externos ou até mesmo em um momento auto reflexivo.

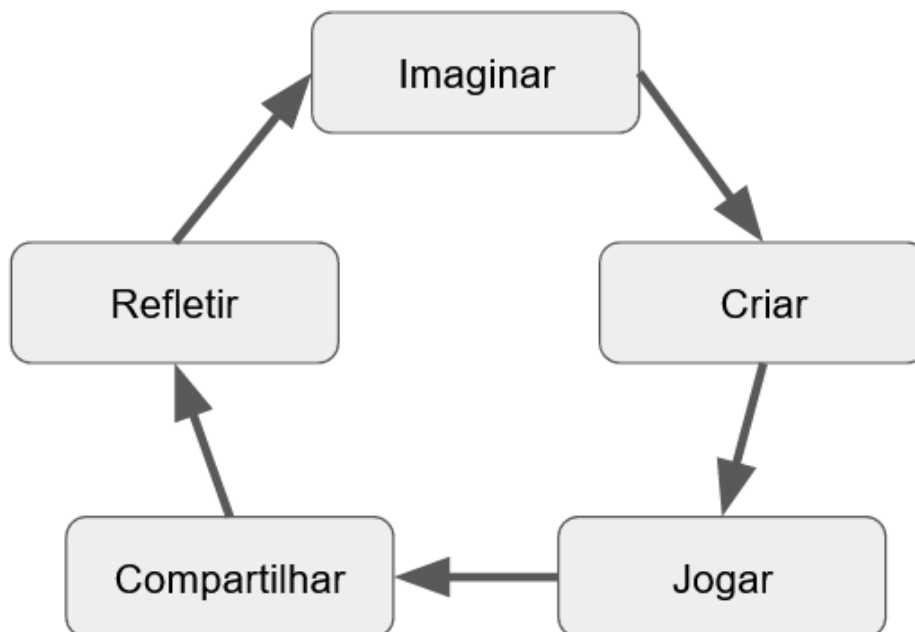
4.4.8 Ciclo de processo criativo

A COMBO considera a utilização do ciclo de processo criativo proposta pela MIT *Media Lab* de maneira pouco rigorosa e adaptativa. A metodologia, nessa etapa, é modular de maneira que esse bloco possa, teoricamente, ser substituído no diagrama da [Figura 7](#), de acordo com o ciclo de processo criativo que for preferido da equipe de desenvolvimento.

O ciclo ilustrado na [Figura 8](#) foi alterado no diagrama propondo um ponto de entrada e um de saída do ciclo onde o desenvolvedor deve decidir se retorna ao passo de determinação de atividades ou se prossegue para o passo de testagem. De toda forma, a proposta inicial é a de seguir com o ciclo de maneira livre, estando aberto para outros processos criativos que a equipe por ventura esteja mais familiarizada.

Após algumas interações desse ciclo criativo deve-se extrair o GDD e, eventualmente nas primeiras interações, versões protótipo das mecânicas iniciais, sejam em software, sejam em papel. Sendo assim, o ciclo de processo criativo é etapa representante do passo de programação efetiva do jogo.

Havendo material efetivo para realização de testes, avança-se para o próximo passo.

Figura 8 – Diagrama do ciclo de processo criativo proposto pela MIT *Media Lab*.

Fonte: Adaptado de [Malliarakis, Satratzemi e Xinogalos \(2013\)](#).

4.4.9 Testagem e polimento

Antes de apresentar o jogo efetivamente para os alunos, esta metodologia indica a necessidade de que testes sejam aplicados, *bugs* consertados, códigos otimizados e mecânicas polidas.

Essa etapa indica um passo externo ao ciclo do processo criativo para eventuais depurações que possam ser necessárias, seja por observações provindas do próprio ciclo, seja por reações e *feedback* por parte dos alunos.

Optou-se, de maneira similar ao ciclo de processo criativo, incentivar que os desenvolvedores, em cada caso, decida a natureza dessa depuração, no entanto, se atentando para a posição desse bloco, logo após o ciclo criativo e imediatamente antes de apresentar o jogo aos alunos.

Assim, essa etapa por momento representa parte do processo de criação do jogo, mas também representa necessidades de mudanças mais rápidas a se fazer antes mesmo de retomar um ciclo.

Se efetivamente o que se obteve no ciclo criativo representa um protótipo do jogo ou, novas necessidades forem detectadas durante os testes, retorna-se ao passo de determinação de atividades e cenário, caso contrário e seja decidido que já existem condições suficientes, o próximo passo é a testagem com alunos.

4.4.10 Formulação dos questionários

Para avaliação da aplicação do jogo, questionários deverão ser elaborados.

O desenvolvimento de um questionário de verificação com caráter provisório serve para verificar e garantir que os alunos tenham, de fato, jogado no período de interesse, ou seja, antes das aulas. Este questionário deve apresentar perguntas simples e sem contexto teórico, mas que só possam ser respondidas por alunos que, de fato, jogaram por um tempo necessário e realizaram as tarefas básicas do jogo, entrando em contato com todas as mecânicas listadas nas tabelas descritas anteriormente.

A aplicação do passo de Formulação do *feedback* e das atividades obrigatórias pode aprimorar e acelerar a verificação da execução das atividades obrigatórias por parte dos alunos, com maneiras automáticas de ter a garantia que os mesmos realizaram corretamente as atividades de aplicação do jogo. Conforme indicado por [Cavalcanti et al. \(2021\)](#), implementar um sistema de *feedback* automático é de interesse direta a performance da atividade.

Um segundo questionário, com parte opinativa e parte avaliativa, deverá ser montado de maneira que as perguntas verifiquem se os alunos identificaram as mecânicas mais relevantes, as estratégias possíveis de adoção e o comportamento em termo de vantagens, desvantagens e características no caráter simulado, tudo tendo como foco a lista de objetivos do jogo. Esse questionário tem caráter teórico, de modo que só pode ser respondido por alunos que realizaram as aulas do tema e jogaram o jogo, medindo a capacidade de assimilar o conteúdo pretendido.

Com relação à parte opinativa, recomenda-se perguntas simples para verificar a aceitação do jogo como atividade, considerando que o aluno avalie alguns pontos simples com notas e a utilização da escala *likert*, para visualização geral de impressões e experiências dos jogadores de forma simples e permitindo um prático estudo de comportamento ([AGUIAR; CORREIA; CAMPOS, 2011](#)). Dessa forma, são sugeridas questões como as que seguem:

- "Você considera o jogo apresentado nessas atividades divertido?"
- "Você considera o jogo apresentado nessas atividades intuitivo?"
- "Você considera que o conteúdo da disciplina de Teoria da Computação presente nesse jogo é compreensivo?"
- "O quanto familiarizado você acredita que estava com a disciplina de Teoria da Computação antes dessa atividade?"
- "E para você, pessoalmente, quanto útil ao seu aprendizado na disciplina de Teoria da Computação você considera que esse jogo foi?"
- "Você indicaria esse jogo para os próximos alunos que farão a disciplina?"

Recomenda-se deixar disponível para os alunos um espaço onde possam externar por escrito, de forma livre, quaisquer sugestões, opiniões e experiências que futuramente poderão ser apreciadas e utilizadas no jogo.

Com relação às alternativas, recomenda-se questões que permitam e requeiram que os alunos expliquem e descrevam de maneira sucinta como os mesmos identificam cada objetivo listado na [Tabela 7](#) dentro do contexto do jogo.

Adaptando os critérios de engajamento propostos na escala de *EGameFlow* (FU; SU; YU, 2009), foi elaborado, também, um pequeno questionário que serve para avaliar, a partir da posição do aluno, a eficiência em termos de engajamento do jogo. Segue o questionário adaptado:

- **Concentração:** "O jogo é capaz de me manter concentrado e de proporcionar estímulos relevantes para a realização das tarefas, sem distrações desnecessárias ou qualquer sobrecarga de trabalho? O jogo é capaz de me manter concentrado e de proporcionar estímulos relevantes para a realização das tarefas, sem distrações desnecessárias ou qualquer sobrecarga de trabalho?"
- **Clareza de Objetivos:** "Os objetivos gerais do jogo foram apresentados de forma clara no início, assim como os objetivos intermediários em cada cena, e eu entendi claramente os objetivos de aprendizado por meio do jogo?"
- **Feedback:** "Eu recebo *feedback* sobre o meu progresso imediatamente, incluindo *feedback* imediato sobre minhas ações, notificações imediatas sobre novas tarefas e eventos, informações imediatas sobre o sucesso ou fracasso de objetivos intermediários, além de informações sobre o meu *status*, como pontuação ou nível?"
- **Desafio:** "O jogo me mantém engajado, apresentando desafios adequados e fornecendo suporte, auxílios e níveis de dificuldade que se ajustam ao meu progresso e melhoram minhas habilidades?"
- **Autonomia:** "Eu tenho controle sobre o jogo, incluindo o menu, ações dos personagens e interações entre eles, com o jogo permitindo erros e suportando a minha recuperação de forma que eu sinta que possa usar estratégias livremente e com impacto sobre o jogo?"
- **Imersão:** "O jogo me faz perder a noção do tempo, ficar desligado(a) do ambiente ao meu redor e temporariamente esquecer preocupações da vida cotidiana, além disso, eu experimento uma percepção alterada do tempo, conseguindo me envolver profundamente no jogo, tanto emocionalmente quanto visceralmente?"
- **Interação social:** "Eu sinto vontade de cooperar com outros colegas de classe e colaboro intensamente com eles e sinto que a cooperação no jogo é útil para a aprendizagem?"
- **Melhoria do conhecimento:** "O jogo aumenta o meu conhecimento, permitindo que eu compreenda as ideias básicas do conhecimento ensinado, tente aplicá-lo no jogo, seja motivado(a) a integrar o conhecimento ensinado e desperte meu desejo de aprender mais sobre o conhecimento abordado?"

4.4.11 Formulação do feedback e das atividades obrigatórias

Essa estratégia, na realidade, representa um avanço significativo no desenvolvimento do jogo, sendo aconselhado apenas quando o mesmo se encontra em modo avançado de desenvolvimento e sobre motores gráficos e ferramentas de alto domínio dos desenvolvedores.

O que se preconiza é um aprimoramento da relação entre aluno e tutor interfaceada pelo jogo por meio da automatização ou do retorno de elementos de jogos que auxiliem na avaliação da aplicação do mesmo no ensino.

Para verificar se os alunos estão interagindo corretamente com o jogo, é possível registrar suas pontuações, o tempo que passaram jogando, bem como monitorar o uso de estratégias específicas e a conclusão de certas atividades importantes. O jogo pode ser programado para rastrear a dedicação do aluno, o que ajuda a reforçar seu aprendizado.

Além disso, busca estabelecer as atividades obrigatórias para os alunos, tendo em mente telas, cenas e interações dentro do jogo que deverão se apresentar para que cada jogador consolide cada objetivo de ensino estabelecido.

Para tanto, o cuidado com a acessibilidade de cada atividade obrigatória deve levar em conta os diferentes níveis de habilidades e a dedicação necessária para realizar o que se é pedido, lembrando o que foi levantado na [Subseção 4.3.4](#) a respeito da diversidade do público alvo.

O desenvolvimento da viabilidade dessa acessibilidade no jogo, bem como da automação de um *feedback* tal como descrito, resume as entregas esperadas nessa etapa da metodologia.

4.4.12 Testagem e aplicação com alunos

O passo de testagem e aplicação com os alunos completa a metodologia, portanto podendo ser considerado o passo mais importante.

Por meio desse passo o jogo é apresentado e disponibilizado aos alunos como atividade complementar ao seu ensino, permitindo um *feedback* sobre a efetividade da ferramenta desenvolvida e garantindo melhorias para os próximos ciclos

Tendo à disposição uma versão operacional e polida do jogo, bem como o roteiro de atividades gerados das etapas anteriores, a proposta dessa metodologia é aplicá-lo aos alunos como forma de atividade de ensino e, seguindo o roteiro elaborado.

Posteriormente, o que preconiza o modelo é que seja estudado o *feedback* das atividades para se ter uma perspectiva sobre a efetividade da atividade e permitir que ocorra a tomada de decisões a respeito dos próximos passos.

Recomenda-se que a atividade represente parte avaliativa para os alunos, uma vez que o jogo tenha sido desenvolvido com o propósito de ser um material para estudo e reforço do aprendizado.

A depender dos resultados, os desenvolvedores podem decidir se voltarão à fase de polimento ou replanejarão as atividades.

Se os resultados forem completamente satisfatório, esse poderá ser considerado o passo final, apenas mantendo a aplicação dos *serious games* desenvolvidos para outras turmas.

4.4.13 Evolução

Nesse passo trabalha-se com a estratégia de engajamento, conforme levantado na [Subseção 4.3.3](#), com um apelo para a evolutiva de níveis. A identificação do nível que o jogo se encontra deverá levar em conta as indicações da [Tabela 9](#), que representa intervenção de acordo com a estrutura que se tem disponível, adaptando as propostas de engajamento apontadas por [Aditya, Santoso e Isal \(2019\)](#).

Tabela 9 – Tabela de evolução para sugestão de engajamento.

Nível	Descrição	Engajamento	Enfoque
1	No momento, estão sendo desenvolvidos os principais elementos dos jogos, partes chaves talvez ainda não tenham sido programadas e trabalha-se na execução simples de uma partida básica do jogo	Mecânica, sistemas de incentivos e conteúdo	Metas, rigor com a matéria, foco na simulação
2	As mecânicas principais do jogo já foram programadas e estão funcionais, de forma a já serem apresentáveis aos alunos, começa-se a substituir <i>placeholders</i> . O jogo já pode ser jogado	Estética	Visual, clareza, efeitos sonoros, representatividade
3	A execução do jogo já é operacional, seu propósito de ensinar já possui efeito, já foi executado processos de depuração	Narrativa	Construção de mundo, lógica de fases, foco na teoria da autoeficácia
4	O jogo encontra-se completo e com a lógica de narrativa já em desenvolvimento funcional. Opina-se pelo uso de uma tecnologia nova	Tecnologia	Desenvolvimento de uma interface com base em uma nova e atrativa tecnologia, viabilização de seu uso e aplicação

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.14 Determinação de novos objetivos

Ao aplicar a metodologia no desenvolvimento de um *serious game*, notou-se a viabilidade de estabelecer novos objetivos educacionais, desde que estes estejam alinhados com o contexto do que já foi desenvolvido e estabelecido no jogo.

Como a proposta de desenvolvimento do jogo nesse mestrado teve caráter experimental e adaptativo, essa proposta foi incorporada nessa metodologia durante o desenvolvimento.

Essa etapa, representada como um passo para além da etapa de evolução, incentiva o reuso do material já desenvolvido para o ensino de outros tópicos, desde que seja possível, mas alerta que é importante considerar que o gênero, habilidades desejadas e objetivos centrais já tenham sido desenvolvidos.

Ao considerar novos objetivos, os desenvolvedores devem avaliar se estão em conformidade com os objetivos estabelecidos anteriormente, mesmo que isso possa ter sido difícil de avaliar desde o início.

Caso contrário, é possível que os objetivos indiquem a necessidade de um segundo jogo a ser desenvolvido no futuro.

4.5 Considerações finais

Esse capítulo apresentou o detalhamento da metodologia COMBO. Foi apresentado sua implementação e desenvolvimento.

Para exemplificação do funcionamento da COMBO, um jogo foi desenvolvido do início ao fim, utilizando-se dessa metodologia. O jogo, bem como o passo a passo do seu desenvolvimento de acordo com a metodologia COMBO, é apresentado no próximo capítulo.

STAR OWNERS - UM SERIOUS GAME PARA O ENSINO DE TEORIA DA COMPUTAÇÃO

5.1 Considerações Iniciais

O objetivo desse capítulo é indicar como o funcionamento, mecânicas e estratégias do jogo *Star Owner* foram elaborados de maneira a servir como ferramenta interativa e complementar de ensino da disciplina de Teoria da Computação para alunos da graduação, sugerindo uma atuação do professor na apresentação do jogo aos alunos.

O jogo encontra-se disponível para Windows, Linux, Mac, Ios e Android. O jogo está disponível para realização do download na versão desejada por meio [desse link](#).

Os recursos gráficos do jogo não exigem aparelhos com pré-requisito alto e os arquivos são leves.

Um vídeo demonstrativo do jogo também está disponível por meio [desse link](#).

5.2 História

Cabe nesta seção a descrição da história do jogo, passando por sua contextualização e contando mais detalhes sobre o jogo propriamente dito.

5.2.1 Contextualização

O jogo desenvolvido teve como objetivo a avaliação da metodologia COMBO para elaboração de *serious games* com bases construtivistas e voltados ao ensino de Computação em nível superior. Foram utilizados diversos ciclos da metodologia e seus passos como guia para a composição.

Para esse exemplo de aplicação, a própria metodologia foi adaptada conforme o surgimento de demandas para o jogo, bem como o jogo seguiu orientado pela metodologia COMBO, em mutualidade.

Concluído o desenvolvimento e os objetivos, esse jogo foi utilizado para revisão, reforço e auxílio do ensino da disciplina de Teoria da Computação, ministrada em curso de Computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo, no nível de graduação.

Dessa maneira, o público alvo desse jogo representa alunos normalmente com mais de 18 anos que desejam maior desempenho em seu entendimento sobre os tópicos e conteúdos, embora designado de maneira a ser justamente compreensível e experimentável a qualquer público, independente de seus conhecimentos ou interesses prévios pela Ciências de Computação, mesmo sobre propostas de puro entretenimento.

Ressalta-se o caráter experimental desse jogo como ferramenta de ensino, de forma que o mesmo seria adaptado futuramente se observados padrões e necessidades através de testes com alunos, pesquisas de opiniões e comparações quanto ao aprendizado. Todos esses itens estão atrelados ao estudo apresentado nesse documento.

5.2.2 Sobre o jogo

Ao apresentar esses jogos aos alunos, tópicos chaves das disciplina de Teoria da Computação podem ser reforçados, revisados ou até mesmo apresentados. Entre os tópicos planejados a serem cobertos ao longo do jogo incluem: autômatos finitos, autômatos de pilha, máquinas de Turing, definições de estado, transição e alfabeto, determinismo e não-determinismo, entendimento de linguagens e gramáticas, entre outros (incluindo tópicos definidos tanto pelos alunos e quanto professores) traçando e conectando *gameplay* e teoria.

O desenvolvimento do jogo fez uso da ferramenta *Unity Engine*, versão para *Linux*, e de ferramentas comuns para edições de texto, imagens, entre outros.

Os princípios de *serious games* construtivistas foram respeitados e exercitados ao longo do desenvolvimento e das adaptações adotadas no jogo, também de acordo com a COMBO.

Ao longo dos níveis oferecidos no jogo, o jogador pode simular o comportamento de uma das três estruturas apresentadas na disciplina: autômatos finitos, automatos de pilha ou máquinas de Turing. O grafo é adaptado dinamicamente para que uma entrada estabelecida seja corretamente processada, conforme o funcionamento teórico dessas estruturas.

A progressão para novos níveis e desafios no jogo é condicionada à conclusão dos níveis já anteriores, havendo novos mundos, mecânicas e desafios para o jogador realizar conforme o jogo avança, sempre respeitando os temas da disciplina de maneira progressiva.

Dessa forma, o aluno aprende ou reforça o contexto tanto da disciplina quanto dos jogos,

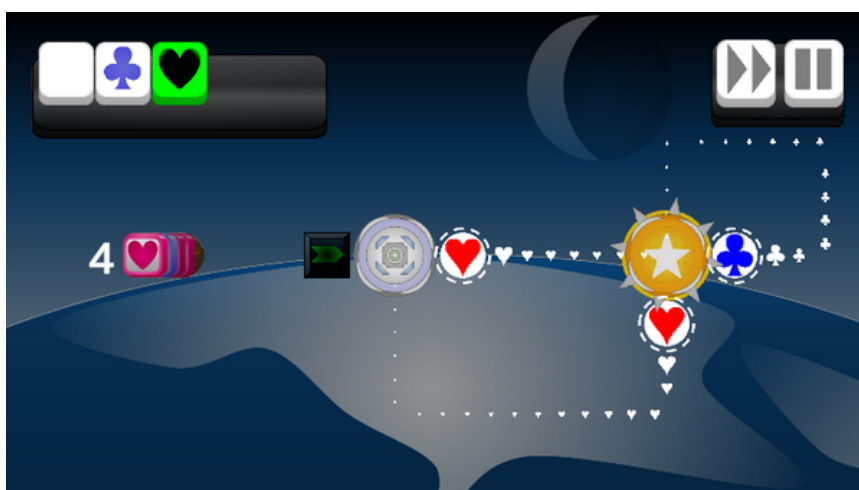
sendo desafiado e convidado a conciliar disciplina e jogo, de acordo com os objetivos estipulados na COMBO.

5.3 *Gameplay*

5.3.1 *Regras e mecânicas*

O objetivo básico do jogo é consumir todos os quadrados que acompanham o meteoro, ao mesmo tempo que os utilizar para garantir que o meteoro alcance a estação dourada após todos os quadrados serem consumidos, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Criação do caminho que leve o meteoro até a estação dourada.



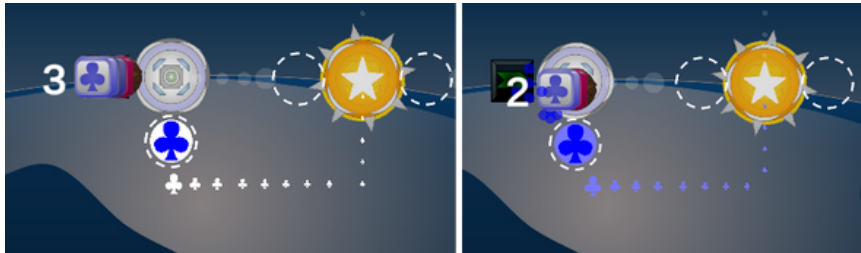
Fonte: Elaborada pelo autor.

Para consumir todos os quadrados e orientar o meteoro ao seu ponto de chegada, o jogador deve criar um caminho coerente, considerando os símbolos de cada quadrado e desenhando seu trajeto de forma que todo quadrado tenha um caminho equivalente toda vez que o meteoro alcançar uma das estações.

Dessa forma, a direção que o meteoro seguirá será definida a cada estação, conforme Figura 10, se o jogador tiver estabelecido algum caminho equivalente ao símbolo do primeiro quadrado da cadeia. Assim, os quadrados são consumidos um por um, até sobrar apenas o meteoro. Mas, caso não exista um caminho para o meteoro seguir, conforme ilustrado na Figura 11 a partida é finalizada.

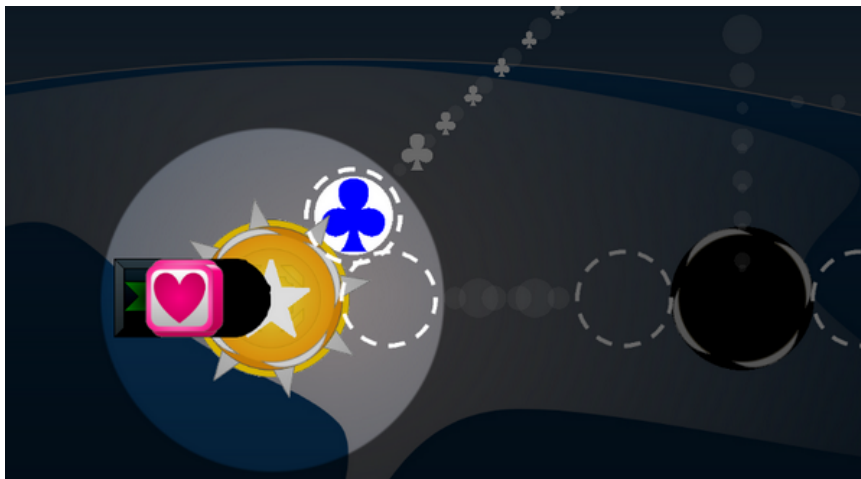
O jogador também precisa garantir que o último movimento do meteoro, ao consumir o último quadrado, seja em direção a uma estação dourada, conforme ilustrado na Figura 12. Se o meteoro não alcançar seu objetivo ou se não houver um caminho equivalente para o primeiro quadrado da cadeia, a partida é finalizada.

Figura 10 – O símbolo do primeiro quadrado direciona o meteoro pelo caminho a seguir.



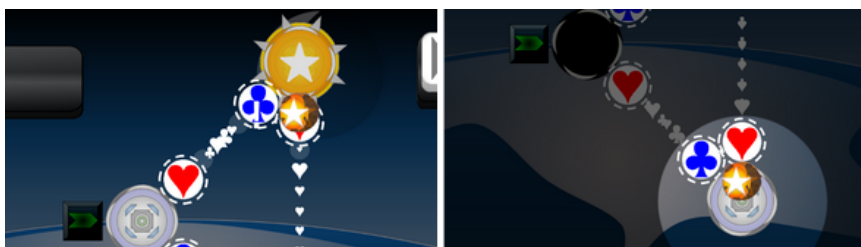
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11 – Não havendo caminho correspondente ao primeiro quadrado, o jogador perde a partida.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12 – O jogador deve levar o meteoro até uma estação dourada após eliminar todos os quadrados, ou encerrará a partida .



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3.2 Modos de jogo

No total, há três modos de jogo disponíveis em cada fase: o modo normal, o enigma A e o enigma B, detalhados a seguir.

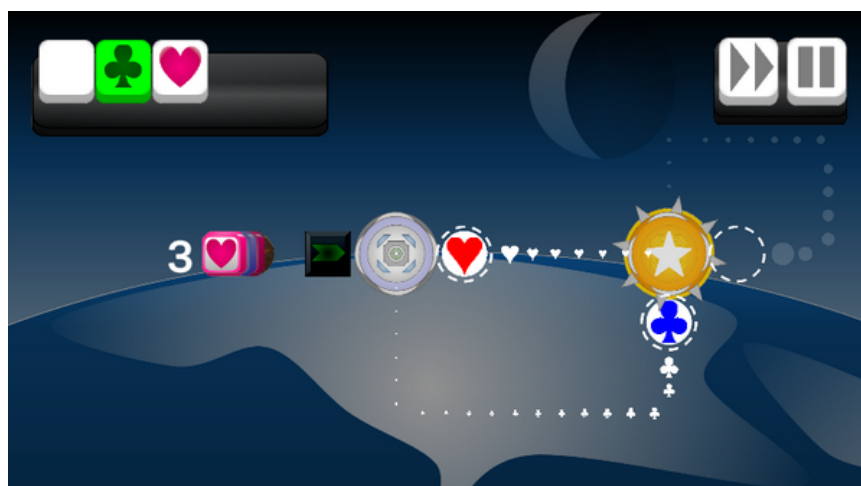
5.3.2.1 Modo normal

No modo normal (Figura 13), o jogador pode construir os caminhos de maneira dinâmica, conforme as cadeias vão surgindo, no entanto, ele precisa lidar com o surgimento de novas cadeias que podem exigir adaptações rápidas e maior atenção, principalmente daqueles que não se prepararam previamente.

Esse modo possui duas dificuldades: a amadora, onde o jogador deve conquistar 5 estrelas, ou a profissional, onde o jogador deve conquistar 10 estrelas.

O jogador necessariamente deverá concluir esse modo para liberar a fase seguinte e os modos de enigmas.

Figura 13 – No modo normal - adaptação do caminho para cada nova entrada.

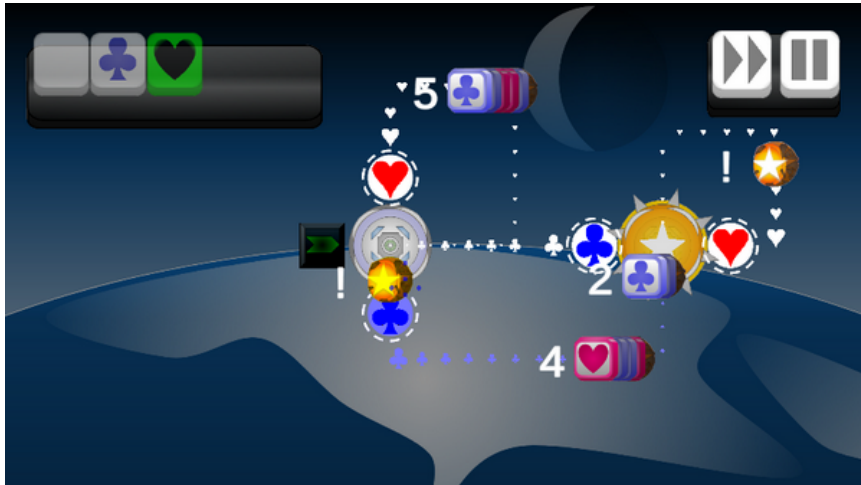


Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3.2.2 Enigma A

No modo enigma A (Figura 14), 5 cadeias são disponibilizadas logo no início da partida e o jogador deve montar um caminho que aceite todas as cadeias para conseguir as estrelas, não podendo mudar a configuração uma vez apertado o botão de acelerar.

Figura 14 – No enigma A - montagem de um caminho que aceite todas as cadeias dadas.



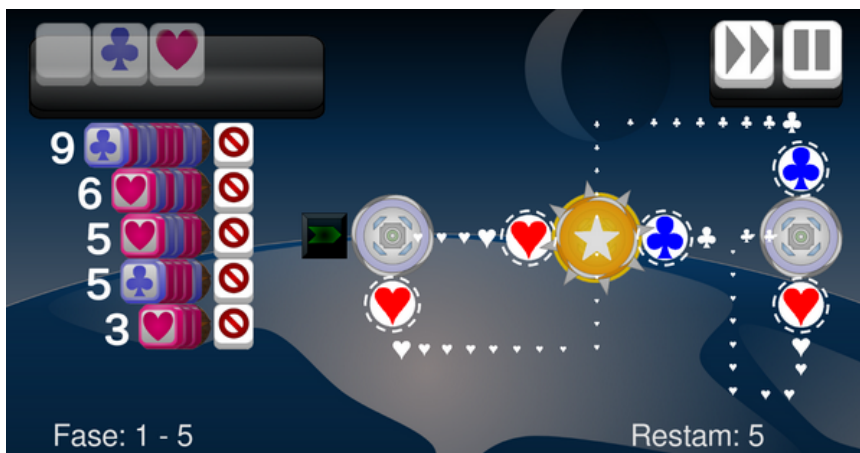
Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3.2.3 Enigma B

No modo enigma B (Figura 15), todos os caminhos já estão montados, cabendo ao jogador identificar quais cadeias funcionarão no mapa elaborado.

Dessa forma, se o jogador identificar uma cadeia que não irá levar o meteoro ao estado dourado, caberá a ele clicar no botão de eliminação para que a mesma seja substituída por uma nova cadeia, repetindo o processo até que não sobre uma cadeia inválida para a dada configuração.

Figura 15 – No enigma B - definição de quais cadeia levarão o meteoro à estação dourada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3.3 Mundos

O jogo completo possui três mapas de seleção de fases, cada qual com fases temáticas de cada tópico central da disciplina abordada no jogo. O primeiro mundo aborda os autômatos

finitos, o segundo os autômatos de pilha e o terceiro máquinas de Turing.

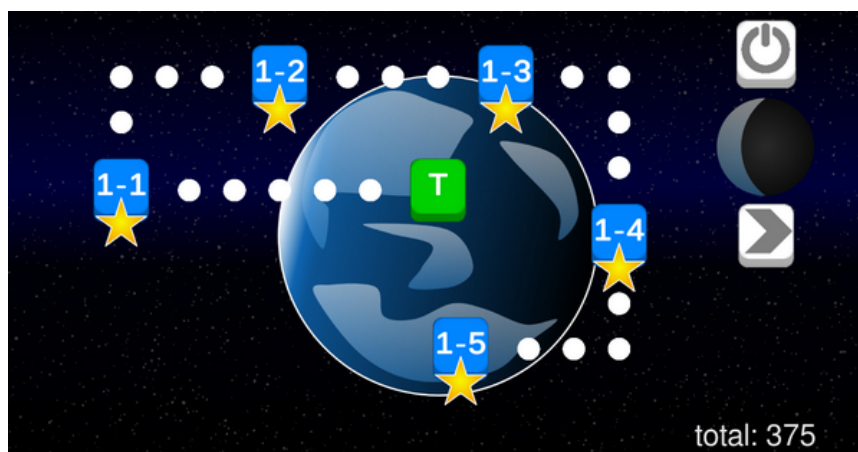
Dessa forma, embora os objetivos básicos do jogo se mantenham, algumas regras e mecânicas se alteram de mundo para mundo, conforme explicado em sequência.

5.3.3.1 Mundo 1: órbita da Terra

No primeiro mundo, ilustrado na Figura 16, o tema abordado é o de autômatos finitos, as fases apresentadas não possuem alterações na sua *gameplay*, com as regras básicas sendo mantidas inalteradas.

O tutorial desse mundo apresenta todas as mecânicas iniciais, bem como o contexto inicial da história do jogo.

Figura 16 – Mundo 1 - órbita da Terra .



Fonte: Elaborada pelo autor.

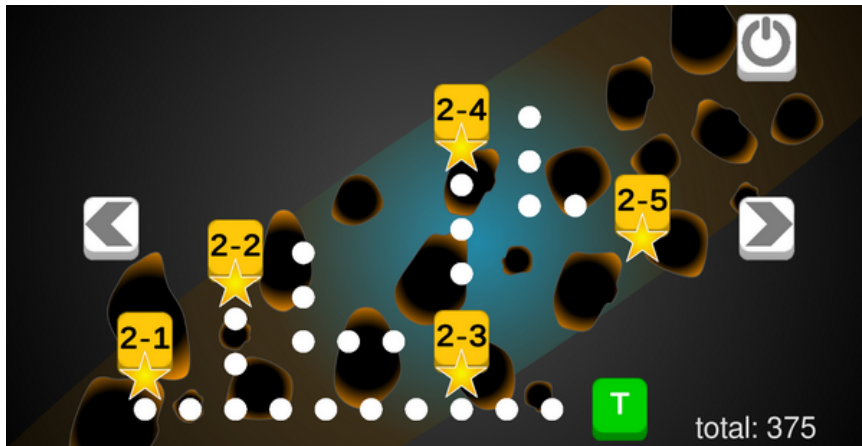
5.3.3.2 Mundo 2: cinturão de asteroides

No segundo mundo, ilustrado na Figura 17, o tema abordado é o de autômatos de pilha. Para facilitar a compreensão e os ajustes do tema na *gameplay*, foram utilizadas máquinas elaboradas com apenas um símbolo possível na pilha, representada pela cor verde.

Nas fases desse mundo, o jogador deve se atentar ao tipo de transição indicada pela cor, com branco significando pilha vazia e verde indicando pilha carregada. Dessa forma o jogador se depara com um cenário mais complexo e desafiador do que o apresentado no mundo anterior.

O caminho que o meteoro deve seguir, além do símbolo do primeiro quadrado, depende também da pilha, indicada pela marcação verde acima do mesmo (conforme Figura 18), encontrar-se vazia ou com ao menos um elemento. Assim, para direcionar o caminho do meteoro o jogador tem que se preocupar não somente com os símbolos, mas também com as cores.

Figura 17 – Mundo 2 - cinturão de asteroides.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 – Meteoro segue pelo caminho verde - a pilha está carregada.

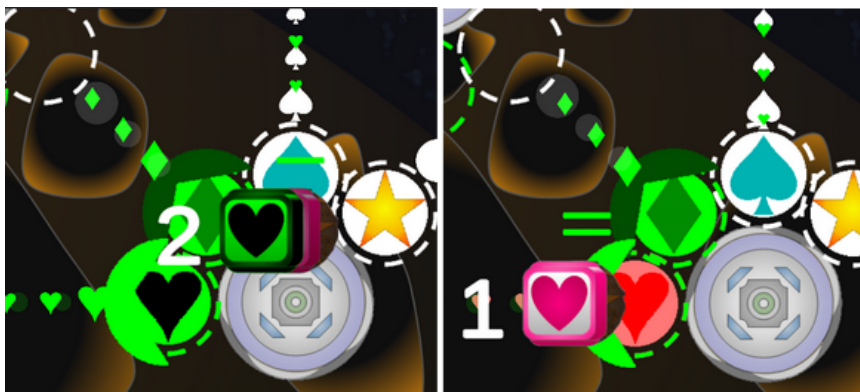


Fonte: Elaborada pelo autor.

Caminhos que passam pelas meias-luas irão alterar a pilha (conforme ilustrado na Figura 19), aumentando-a ou consumindo-a, dependendo da cor do mesmo (verde claro acrescenta na pilha e verde escuro a consome).

É também nesse mundo que são apresentados pela primeira vez os caminhos estelares, ilustrados na Figura 20, que levam o meteoro vazio até outra estação. O jogador, no entanto, não terá controle sobre esses caminhos, não podendo alterá-los ou criá-los.

Figura 19 – Ao passar pela meia-lua verde clara, a pilha é carregada com mais um símbolo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20 – Caminhos estelares - meteoros podem ser redirecionados até a estação dourada, mesmo sem cadeia.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3.3.3 Mundo 3: o sol

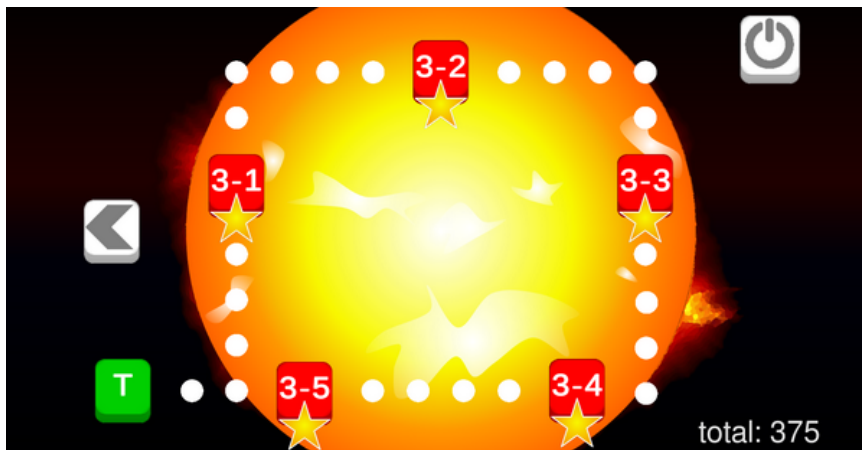
No terceiro e último mundo, ilustrado na Figura 21, o tema abordado é o de máquinas de Turing, é o mundo cuja *gameplay* passará a se alterar mais ligeiramente, conforme ilustrado nas Figuras 22 e 23.

A atenção do jogador será ainda mais exigida, uma vez que, além do símbolo da carta líder se alterar, a carta considerada líder torna-se a carta imediatamente à direita ou à esquerda, dependendo de para que lado a parte colorida do caminho estará apontando, conforme ilustrado na Figura 24.

A regra não é a mesma no caso dos extremos, não havendo cartas à direita ou à esquerda, o líder também não é alterado.

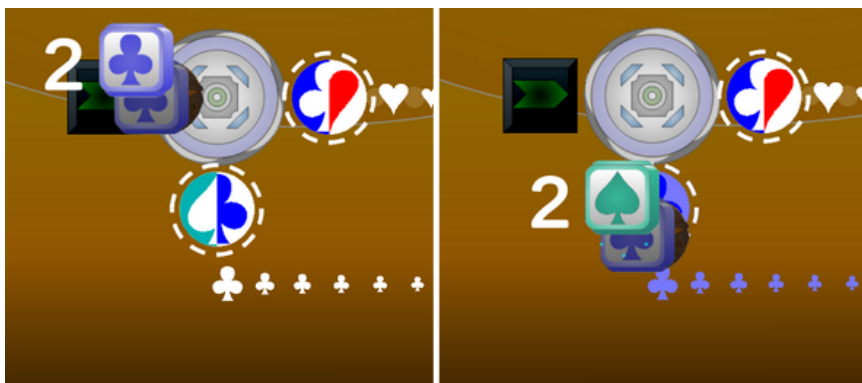
As regras para obtenção dos núcleos estelares também se altera ligeiramente nas fases desse mundo, não havendo mais o consumo da cadeia pelas estações (como nos outros mundos), o jogador agora tem outros objetivos.

Figura 21 – Mundo 3 - o sol.



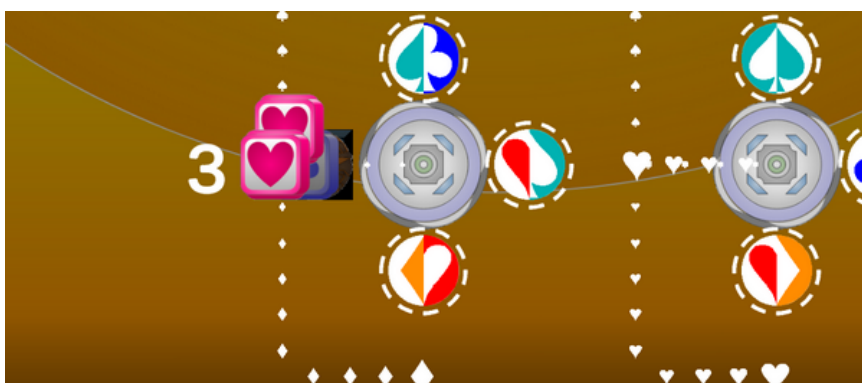
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 22 – Alteração da carta líder ao passar pela estação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

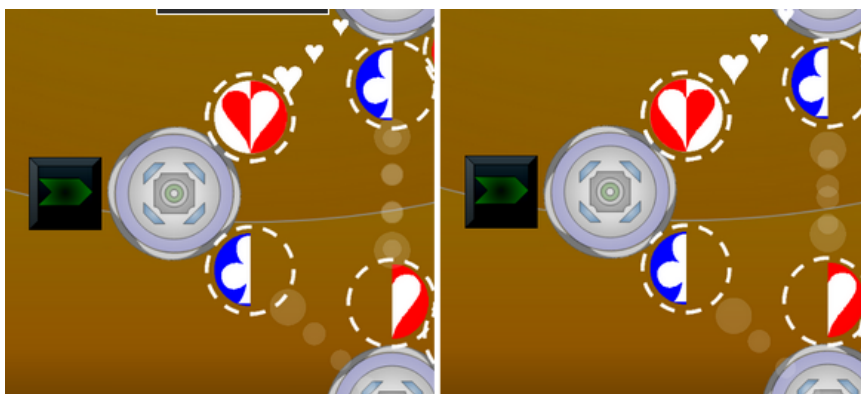
Figura 23 – Carta líder decidirá o caminho do meteoro e não a primeira carta.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No modo normal e enigma A, o jogador deve criar um caminho que leve o meteoro até a estação dourada com a configuração da cadeia exatamente como a indicada pela estação, conforme ilustrado na Figura 25. Já no modo enigma B, o jogador tem apenas que garantir que

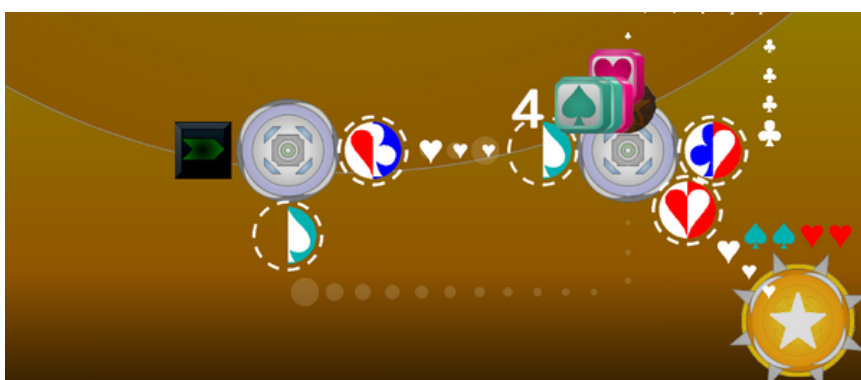
Figura 24 – Direção da parte colorida decide qual o novo líder da cadeia.



Fonte: Elaborada pelo autor.

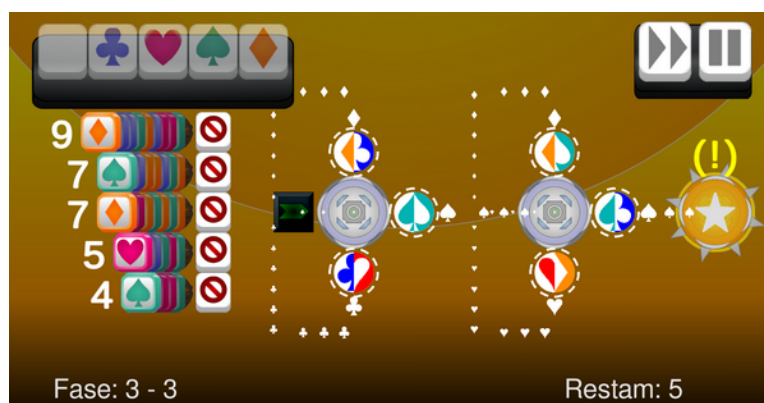
todos os meteoros alcancem a estação dourada, mesmo que suas cadeias não sejam consumidas, ilustrado na Figura 26.

Figura 25 – A estação com a exata configuração pedida é alcançada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26 – O símbolo “(!)” indica que qualquer cadeia é permitida, todos os meteoros precisam alcançar a estação dourada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.4 Personagens e elementos do jogo

5.4.1 Personagens

O jogador assumirá no jogo o papel de um recruta novato em uma empresa fictícia denominada "Meteoros S.A.". Será de responsabilidade desse recruta a obtenção do máximo de cristais estelares possíveis para manter os lucros da empresa.

Além da personagem principal, o jogo conta com uma segunda personagem responsável por explicar e apresentar o recruta ao seu novo trabalho.

Ambas personagens, no entanto, não aparecerão na tela do jogo em nenhum momento, com as interações das mesmas sendo realizadas apenas por meio de diálogos escritos.

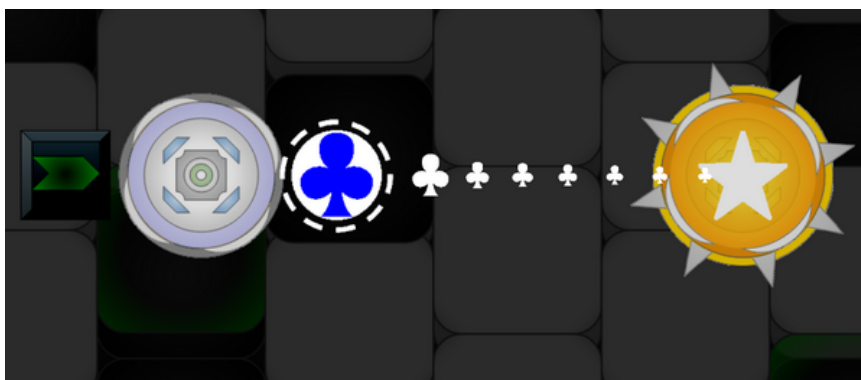
5.4.2 Outros elementos

O objetivo da empresa fictícia é a obtenção dos denominados núcleos estelares, presentes no interior de meteoros, onde minas foram acopladas para o controle do protagonista.

A representação das minas é feita por meio das cores e dos símbolos comuns em baralhos, de maneira a facilitar a compreensão do jogador com relação aos elementos cruciais do jogo.

As estações são representadas de maneira a se aproximarem das representações utilizadas na ferramenta *Java Formal Languages and Automata Package (JFLAP)*, utilizada no ensino de conceitos de Teoria da Computação e que serviu como inspiração para o *design* desse jogo. Os estados inicial e final são ilustrados na Figura 27.

Figura 27 – Estados inicial e final representados no jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.5 Cenário

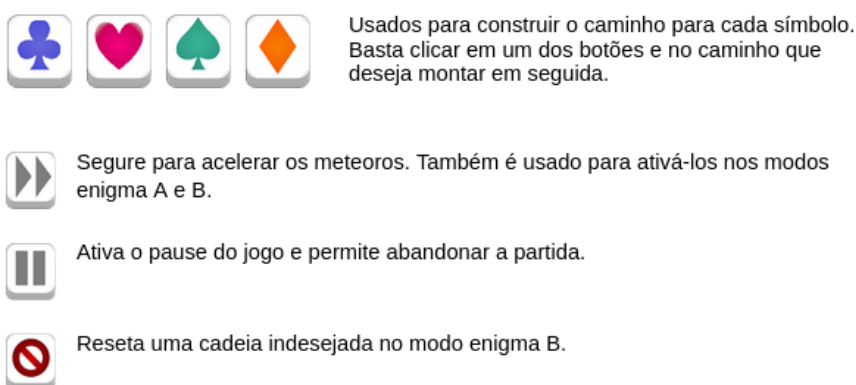
Para efeitos de ambientação, o jogo é retratado em um cenário espacial, não havendo nessa decisão nenhuma relação direta ou indireta com o conteúdo educacional que o jogo possui,

mas utilizando esse ambiente para contextualização de enredos, personagens e estética.

5.6 Controles

O jogo foi elaborado para ser jogado utilizando o clique, para versões de computadores, ou o toque, para versões de aparelhos celulares. Ambos possuindo o mesmo *layout*, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 – Controles disponíveis no jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.7 Câmera

A visão que o jogador tem permite observar toda a máquina ou estrutura do nível que ele estiver jogado, mantendo uma câmera fixa que mostra todos os elementos necessários para o jogador montar suas próprias estratégias. Isso está de acordo com os princípios de expressividade e explorabilidade, permitindo também que o mesmo reconheça com antecedência a necessidade de novas configurações.

5.8 Universo

A ambientação do jogo se passa em estações fictícias de mineração dos núcleos estelares instaladas na órbita da Terra, em um cinturão de asteroides ou próximo ao sol.

O objetivo da personagem principal é alcançar cargos e promoções cada vez maiores por meio da eficiência em obter os preciosos núcleos estelares.

5.8.1 Enredo

O jogo conta com uma pequena narrativa fictícia para justificar a ambientação do mesmo que não necessariamente possui relação direta com a disciplina de Teoria da Computação,

diferentemente das mecânicas, estruturas e regras do mesmo. Dessa forma, se avisa que toda relação aparente da história com a disciplina que for porventura traçado por parte do professor não representa algo pré-programado ao jogo como ferramenta de estudo.

5.8.1.1 *Sinopse*

“A empresa Meteoros S.A. representa um importante e trilionário conglomerado espacial que possui como objetivo a obtenção dos denominados núcleos estelares, a partir de meteoritos que vagam pelo espaço.

O jogador é o mais novo recruta da Meteoros S.A. e precisará usar de suas habilidades com autômatos para direcionar esses meteoritos de estação espacial em estação espacial por meio de explosões controladas e obter o maior número de núcleos estelares possíveis para subir seu *ranking* e reconhecimento dentro da empresa, conseguindo assim promoções e desafios cada vez mais intensos, além de viajar cada vez mais distante no espaço”

5.9 Interface

5.9.1 *Tela de menu*

Para conseguir acessar todo material educativo, existem alguns códigos de acesso ao conteúdo todo do jogo disponíveis que podem ser escritos na tela de início.

Para executá-los, o jogador precisa primeiramente dar um clique simples na tela de início e, posteriormente, clicar nas letras do título do jogo em ordem correta e sem errar (a tela exata para execução dos códigos está ilustrada na Figura 29).

Iniciado o jogo, só é possível executar o código uma única vez, em caso de necessidade de inserir outro código ou de erro na inserção do mesmo, o jogo precisará ser reiniciado.

Uma melodia é executada indicando que o desbloqueio e os efeitos do mesmo permanecerão mesmo com o reinício do jogo.

As senhas a serem disponibilizadas e seus respectivos efeitos são:

- **OASTRO (usar o R e o S da palavra STAR):** permitirá o acesso ao segundo mapa do jogo, independente do número de estrelas.
- **NEROS (usar o R e o S da palavra OWNERS):** permitirá o acesso a todos os mapas, independente do número de estrelas.
- **ANNEORNOW (usar o R da palavra STAR):** irá desbloquear absolutamente todas as fases e modos do jogo.

Figura 29 – Tela inicial do jogo, onde é possível escrever os códigos de trapaça.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.9.2 Lógica de mapas e progressão de níveis

O jogo foi estruturado com progressão de fases em níveis, de modo que a fase seguinte só é desbloqueada com a conclusão do modo normal da fase anterior, em qualquer dificuldade.

Para progredir entre os três mundos do jogo, o jogador precisa obter um número suficiente de estrelas que o permita liberar novos mapas (Figura 31), cumprindo as diversas missões disponíveis em cada fase, conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 30 – O jogador pode obter diversas estrelas completando várias missões.

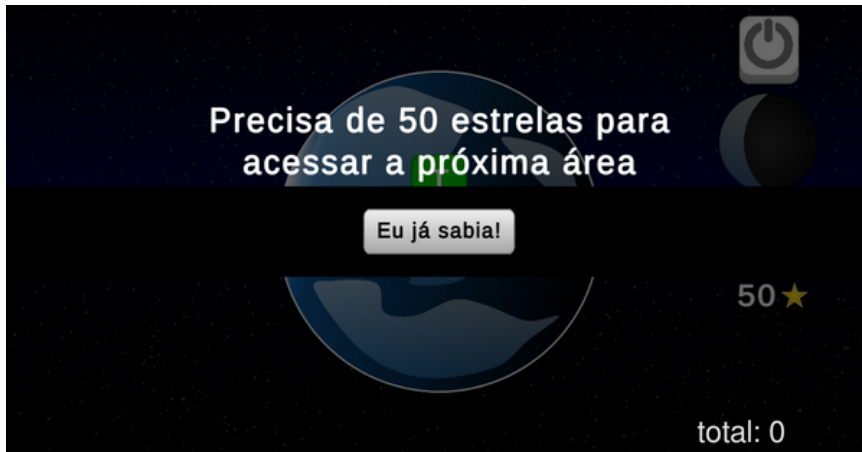


Fonte: Elaborada pelo autor.

Em todas as fases (exceto a tutorial, indicada pela letra “T”) o jogador possui quatro missões diferentes, cada uma com sua quantidade de estrelas a serem desbloqueadas.

As missões de enigma das fases ficam bloqueadas até que o jogador conclua o modo amador ou profissional daquele nível em questão. Sendo possível, no entanto, que o mesmo escolha a ordem que preferir realizar as missões depois que desbloqueadas, bastando apenas selecionar os níveis desbloqueados e concluídos.

Figura 31 – O jogador precisa conseguir estrelas suficiente para ter acesso a mais fases.

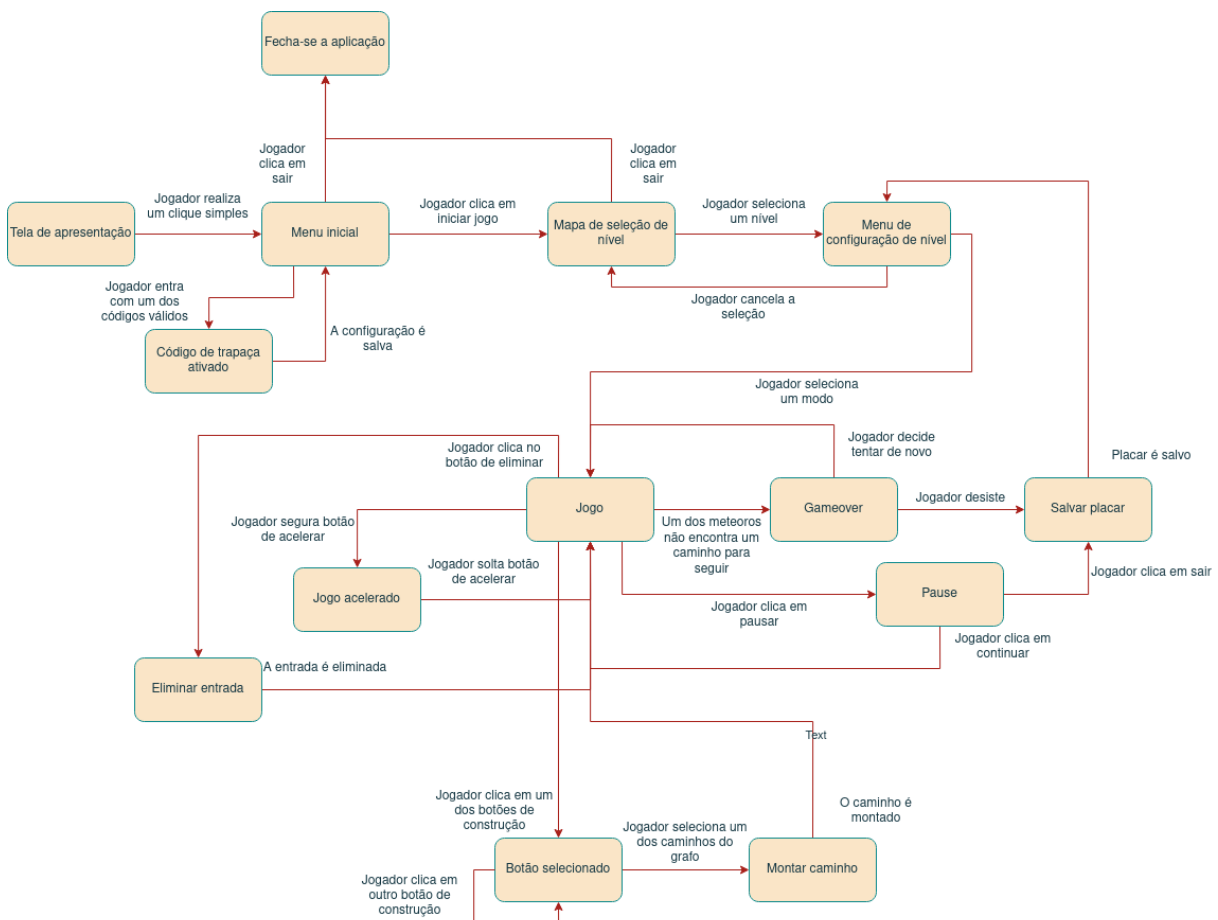


Fonte: Elaborada pelo autor.

5.9.3 Fluxograma

O fluxograma do GDD elaborado para o jogo *Star Owners* é ilustrado na Figura 32.

Figura 32 – Fluxograma do jogo *Star Owners*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.9.4 Efeitos sonoros e música

Todas as composições e efeitos sonoros do jogo são de autoria própria e foram feitos pelo software livre *Linux MultiMedia Studio* (LMMS). Assim sendo, não estão disponíveis e não são encontradas em outra mídia senão no jogo.

As músicas foram desenvolvidas de maneira a trabalhar o ambiente espacial e trazer um nível de "calmaria" ajustada ao estilo enigmático da jogabilidade e do cenário.

O desenvolvimento do jogo *Star Owners* para ensino de Teoria da Computação foi realizado segundo os passos e os princípios da COMBO. O propósito do desenvolvimento desse jogo é a exemplificação e avaliação primária e adaptativa da própria metodologia e sua eficiência, para tanto, o jogo foi apresentado a alunos da turma de Teoria da Computação do primeiro semestre de 2023, oportunidade que permitiu a execução dos passos de testes e aplicações do jogo como ferramenta de ensino.

Divididos em tópicos, esse capítulo condensa todos os documentos extraídos de cada passo e cada ciclo realizado ao longo do processo de desenvolvimento do jogo.

5.10 Uso da metodologia no desenvolvimento do jogo *Star Owners*

O jogo *Star Owners* foi desenvolvido a partir da metodologia COMBO, com o objetivo de exemplificar sua aplicação e avaliar sua eficiência e viabilidade. O jogo visa servir como ferramenta interativa e complementar de ensino da disciplina de Teoria da Computação, sugerindo uma atuação do professor com a apresentação do jogo aos alunos e de acordo com os princípios da COMBO, servindo também como ferramenta de identificação de necessidades e adaptações da metodologia, de forma incremental.

5.10.1 Primeiros levantamentos

O jogo *Star Owners* foi desenvolvido em um período de dois meses e contou com seis ciclos do processo para alcançar a versão utilizada neste trabalho. Cada ciclo teve em média duas semanas de duração, e foi realizado em paralelo com outras atividades acadêmicas.

Na Tabela 10 é ilustrado o desenvolvimento realizado ao longo dos seis ciclos.

Tabela 10 – Atividades realizadas ao longo dos ciclos da metodologia para o desenvolvimento do jogo *Star Owners*.

Ciclo	Início	Fim	Nível de evolução	Principais atividades
1	14/10/2022	19/10/2022	1	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo dos conceitos da disciplina de Teoria da Computação - Determinação dos objetivos de ensino principais - Identificação das skills e determinação do gênero de interesse - Elaboração primária dos conceitos bases do jogo - Elaboração das mecânicas básicas do jogo
2	21/10/2022	04/11/2022	1	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorias no sistema de spawn de cartas para o jogo - Desenvolvimento de uma tela de gameover - Criação de um conceito básico de placar - Desenvolvimento de um sistema de ensino das mecânicas em jogo ou fases tutoriais interativas - Reavaliação da dificuldade de identificação ou implementação de diversos elementos de jogos
3	04/11/2022	16/11/2022	2	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustes na fase de tutorial - Documentação dos códigos desenvolvidos - Ajustes nos apelos visuais do jogo - Melhoramento do placar de pontos - Desenvolvimento de uma lógica de níveis - Propostas de novos objetivos para a exploração de conceitos de autômatos de pilha e de máquinas de Turing

Tabela 10 continuação da página anterior

4	16/11/2022	25/11/2022	2	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de uma tela de início - Desenvolvimento dos modos de jogo enigma A e enigma B - Desenvolvimento do menu de pause - Desenvolvimento de trilhas sonoras e apelos auditivos - Revisão da disciplina quanto aos conceitos de autômatos de pilha e máquinas de Turing - Apresentação dos conceitos à professores especialistas
5	29/11/2022	09/12/2022	3	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de mecânicas envolvendo a lógica de autômatos de pilha e máquinas de Turing - Elaboração dos níveis envolvendo a lógica de autômatos de pilha e máquinas de Turing - Desenvolvimento de trilhas sonoras - Desenvolvimento de mapas de seleção de níveis - Desenvolvimento de níveis tutoriais para os novos conceitos - Melhorias e apelos visuais
6	09/12/2022	14/12/2022	3	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de lógica de desbloqueio de mundos - Desenvolvimento de um modo de código de trapaça para auxílio do uso da ferramenta pelos professores - Desenvolvimento da narrativa - Depurações e ajustes
7	22/03/2023	27/06/2023	3	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do jogo em alunos da disciplina de Introdução à Teoria da Computação

5.10.2 Passo da determinação dos objetivos de ensino e de novos objetivos

A maioria dos objetivos de ensino foram determinados já no primeiro ciclo, com algumas novas propostas surgindo ao longo dos ciclos, por meio da etapa de determinação de novos objetivos, explicada na [Subseção 4.4.14](#) e conforme pode ser verificado na Tabela 10. Alguns objetivos acabaram sendo descartados, sendo que estes ainda podem ser revisados em futuras adaptações.

Na [Tabela 11](#), denominada de tabela de montagem, são apresentados esses objetivos junto aos ciclos de elaboração, aos ciclos de desenvolvimento no jogo e aos rótulos dos ativos (mecânicas e estratégias) de *gameplay* utilizadas para ensinar esses objetivos aos alunos, também ilustradas na [Tabela 13](#), de acordo com a COMBO.

Tabela 11 – Tabela de montagem - relacionando objetivos de ensino, ciclos de elaboração, de desenvolvimento e rótulos dos ativos.

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1	ciclo 1	a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1	ciclo 1	D
Não determinismo	ciclo 1	-	E (descartado)
Expressões regulares	ciclo 1	-	descartado
Funcionamento de linguagens	ciclo 1	ciclo 6	K
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1	ciclo 6	L
Símbolos terminais	ciclo 1	ciclo 1	f
Símbolos não terminais	ciclo 1	ciclo 1	g
Gramática linear direita	ciclo 1	ciclo 6	n, K, L
Gramática livre de contexto	ciclo 1	ciclo 6	o, K, L
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1	ciclo 6	p, L
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1	ciclo 6	n, o, p
Máquina de Mealy	ciclo 1	-	descartado
Máquina de Moore	ciclo 1	-	descartado
Autômato de pilhas	ciclo 3	ciclo 6	h, i, j, o
Máquina de Turing	ciclo 3	ciclo 6	k, l, m, p, G, H, I, J

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.10.3 *Passo da identificação das skills e do gênero de interesse*

Seguindo a COMBO, as habilidades foram imediatamente identificadas no primeiro ciclo, logo após a determinação dos objetivos de ensino principais. Dessa forma, novos objetivos foram considerados apenas após a validação de que esses seriam adaptáveis ao jogo e às habilidades e gênero estabelecidos.

Após análise dos objetivos de ensinamentos estabelecidos no ciclo 1, concluiu-se pelo objetivo de desenvolvimento das habilidades de compreender conteúdos, compreender procedimentos, compreender estruturas e sistemas e de tomada de decisão, o que, em comparação com a tabela de habilidades e gêneros implicou na pontuação de proposta de gênero, ilustrada na [Tabela 12](#).

A pontuação foi realizada considerando a contagem simples de quantas vezes o gênero era sugerido para as habilidades citadas.

Tabela 12 – Tabela de pontuação para decisão do gênero de interesse para o jogo.

Gênero proposto	pontuação
Ação	3
Simuladores	3
Aventura	2
Estratégia	2
Estilo " <i>tetris</i> "	1
Plataforma	1
Reflexo	1
<i>Puzzles</i>	1
Vida artificial	1
Gerenciamento	1
Estratégia em tempo real	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dessa maneira, optou-se pelo desenvolvimento de um jogo de ação com o enfoque em simular comportamentos teóricos.

5.10.4 Passos do estudo de relacionamento de ensino e gameplay, da montagem e da elaboração

Na [Tabela 13](#), encontram-se todas as mecânicas e estratégias elaboradas e desenvolvidas ao longo dos ciclos e que definem a primeira versão do jogo.

O processo de montagem para a metodologia proposta trata exatamente da associação desses ativos (mecânicas e estratégias) com os objetivos de ensino, o que se realiza por intermédio dos rótulos, com as letras minúsculas representando mecânicas e as letras maiúsculas representando estratégias.

O processo de elaboração, realizado em cada ciclo, tratou de identificar em forma de lista de checagem quais ativos já haviam sido incluídos nos jogos, bem como eventuais necessidades de incentivos. Também nesse passo, a tabela de imprevistos (conforme [Tabela 14](#)) é montada e atualizada, conforme observados os comportamentos indesejáveis no jogo, que exigem, ou não, alguma intervenção, de acordo com avaliações dos desenvolvedores, especialistas e testadores.

As necessidades ou não de maiores incentivos foram sendo identificadas com a progressão dos ciclos.

Tabela 13 – Tabela de cenários compara apresentação do cenário educacional no cenário do jogo por meio de ativos Star Owners.

Cenário educacional	Cenário do Jogo	Rótulo	Identificação ou implementação	Incentivo	Elaboração
Estado	Estações de redirecionamento, representados pelas formas circulares	a	Fácil	Nenhum	Ciclo 1
Transição	Caminhos associados de estações para estação	b	Fácil	Regra do jogo, fases iniciais instrutoras	Ciclo 2
Alfabeto terminal	O conjunto de símbolos (naipes)	c	Fácil	Nenhum	Ciclo 1
Estado inicial	Estação com uma seta grande	d	Imediata	Nenhum	Ciclo 1
Estado de aceitação	Estação dourada com uma estrela no centro	e	Necessária e não trivial	Pontuação, fases iniciais instrutoras	Ciclo 1
Aceitação	Alcançar o estado de aceitação com o símbolo da estrela	A	Necessária e não trivial	Pontuação, fases iniciais instrutora	Ciclo 1
Aceitação inválida	Alcançar o estado de aceitação como símbolo da bomba	B	Necessária	Penalização	Não feita
Rejeição	Não conseguir alcançar a aceitação	C	Necessária	Penalização	Ciclo 2
Determinismo	A cadeia não se divide	D	Não trivial	Nenhum	Ciclo 1
Não determinismo	A cadeia se divide	E	Não trivial	Menor pontuação	Descartada
Símbolos terminais	Os naipes	f	Não trivial	Nenhum	Ciclo 1
Símbolos não terminais	As estações	g	Difícil	Nenhum	Ciclo 1

Tabela 13 continuação da página anterior

Funcionamento real de um autômato	Níveis de enigmas	F	Fácil	Desafio bônus	Ciclo 4
Autômatos de pilha, aceitação por pilha vazia	Ao invés de usar o estado de aceitação, o jogador deverá esvaziar a pilha	h	Difícil	Pontuação, apelo visual (semelhança com o estado de aceitação)	Descartada
<i>Push</i>	Se a cadeia passar pela meia lua verde clara, um elemento na pilha será acrescentado	i	Difícil	<i>Design de níveis</i>	Ciclo 5
<i>Pop</i>	Se a cadeia passar pela meia lua verde escura, um elemento da pilha será removido	j	Difícil	Design de níveis	Ciclo 5
Máquina de Turing, cabeça de leitura/escrita	Símbolo da cadeia destacado para cima	k	Difícil	Design de níveis	Ciclo 5
Máquina de Turing, mover para esquerda e direita	O jogador pode apertar na transição para alterar a direção que a cabeça (representado pelo símbolo destacado) se move	G	Difícil	Design de Níveis	Ciclo 5
Máquina de Turing, leitura	A regra de leitura segue a mesma dinâmica das regras de transição	H	Imediata	Nenhum	Ciclo 5
Máquina de Turing, escrita	O jogador não controla a escrita, apenas a leitura. Quem estiver na cabeça, mudará de símbolo de acordo com o indicativo colorido da regra de transição	l	Difícil	Design de níveis	Ciclo 5

Tabela 13 continuação da página anterior

Máquina de Turing linearmente limitada	A cabeça não passa dos limites da própria entrada	m	Difícil	Nenhum	Ciclo 5
Máquina de Turing para operação	O jogador deverá montar um caminho para que a entrada iguale a saída	I	Difícil	Pontuação, apelo visual	Ciclo 5
Máquina de Turing para reconhecimento de linguagens	O jogador deverá montar um caminho para que a entrada alcance o estado de aceitação	J	Difícil	Pontuação, apelo visual	Ciclo 5
Gramática	No modo enigma A, o jogador deverá criar um autômato que aceite todas as cadeias indicadas	K	Difícil	Design de níveis	Ciclo 4
Linguagem	No modo enigma B, o jogador deverá identificar quais cadeias são aceitas pelo autômato montado	L	Difícil	Design de níveis	Ciclo 4
Autômatos finitos	O primeiro mundo do jogo foi baseado no funcionamento lógico de autômatos finitos	n	Fácil	Design de níveis	Ciclo 6
Autômatos de pilha	O segundo mundo do jogo foi baseado no funcionamento lógico de autômatos de pilha	o	Difícil	Design de níveis	Ciclo 6
Máquina de Turing	O terceiro mundo do jogo foi baseado no funcionamento lógico de máquinas de Turing	p	Difícil	Design de níveis	Ciclo 6

Tabela 14 – Tabela de imprevistos e comportamentos indesejáveis detectados ao longo dos ciclos.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
O jogador tenta resolver tudo de última hora, montando o caminho justo antes do processamento da cadeia	A lógica de autômato não é usada	A evolução do nível inviabiliza essa estratégia	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	Fases iniciais instrutivas e mais apelos visuais	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	String em forma de pilha de cartas (mantidas na lateral)	Feita
Problema na identificação de caminhos	O jogador não entende como funciona as regras de transição	Mais apelos visuais	Feita

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.10.5 Passos da determinação de atividades, cenário e análise de riscos

Antes de iniciado o processo criativo, as atividades devem ser planejadas e priorizadas conforme suas necessidades e dificuldades.

As atividades realizadas encontram-se resumidas na Tabela 10, os riscos observados ao longo dos ciclos são ilustrados na Tabela 15.

Listar os riscos auxilia na prevenção e na manutenção de estratégias frente às diversas situações desafiadoras que o desenvolver do jogo apresentou em cada etapa, sendo crucial para a conclusão da primeira versão do mesmo.

Tabela 15 – Riscos observados em cada ciclo - antes do processo criativo.

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade
2	Possível indisponibilidade por conta de saúde A depuração pode apontar para novos erros
3	O prazo pode ser apertado para as novas proposta A adaptação para jogo das novas propostas pode não ser funcional A depuração apontou para necessidades de mudanças
4	O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega A reunião com os professores podem redirecionar as prioridades das atividades seguintes
5	As propostas dos professores precisam ser estudadas O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega
6	A entrega final precisa ser estabelecida

Fonte: o autor.

5.10.6 Passo do ensino das mecânicas em jogo

O ensino das mecânicas do jogo foi elaborado por meio do *design* de níveis baseado em tentativa e erro, e também na elaboração de níveis tutoriais, cuja proposta continuou sendo a aplicação baseada em tentativa e erro, mas com situações mais controladas que permitissem ao jogador entender as mecânicas mais básicas.

Foram desenvolvidos no jogo um total de três níveis tutoriais para cada um dos três mundos. Os níveis são obrigatórios e abrem cada um dos mundos, sendo também o cenário onde a história do jogo é contada.

Além dos níveis tutoriais, a própria progressão de fases estabelece, por si só, a necessidade de aprimoramento e maior compreensão do jogo por parte do jogador, com desafios sempre crescentes e situações novas sempre sendo apresentadas.

5.10.7 Passos do processo criativo, da testagem e polimento e da evolução

Cada ciclo constou de diversos retornos do ciclo de processo criativo, que constou também de um acoplamento do processo de testagem e polimento.

O ciclo de processo criativo do *MIT media lab* permitiu a organização das ideias de maneira a guiar a codificação, a elaboração de estratégias e a reflexão dos resultados, com o auxílio de reuniões e trocas de ideias entre especialistas, desenvolvedores e voluntários a testar o jogo.

O processo de evolução indicava em que nível de evolução o ciclo seguinte se encontraria e encerrava esse ciclo. Esse processo resultou na coluna “nível de evolução”, disponível na

Tabela 10.

5.10.8 *Passos da formulação dos questionários, do feedback e das atividades obrigatórias*

Essa, como previsto no modelo, foi uma das últimas atividades a serem executadas no desenvolvimento do *Serious Game*. As aplicações aqui destacadas foram desenvolvidas nos últimos ciclos antes de aplicação dos jogos com os alunos.

Foi estabelecido o roteiro de atividades com os alunos a partir do jogo, considerando as etapas chaves e obrigatórias para apresentação do conteúdo. Dessa forma, cada aluno deve concluir três ondas de atividades em prazos restritos, considerando os princípios defendidos nesse modelo. Cabe destacar que, o jogo foi apresentado e colocado para ser jogado pelos alunos antes da apresentação das aulas teóricas.

O docente da disciplina, que fez uso do jogo, incentivou os alunos da seguinte maneira, com objetivo de garantir que a metodologia COMBO estava sendo seguida em toda sua extensão:

- **Primeira onda:** Concluir o tutorial 1 e o nível 1-1 nos modos normais ou difícil, enigma A ou enigma B (a dinâmica dos modos e enigmas são explicadas na [Seção 5.3](#)). Apresentar ao professor o documento do formado *Comma-Separated Values* (CSV) gerado automaticamente pelo jogo, para comprovação de seus feitos (conforme explicado na [Subseção 5.10.8](#)) até uma semana antes do conteúdo de autômatos finitos ser lecionado em aula.
- **Segunda onda:** Concluir o tutorial 2 e o nível 2-1 nos modos normais ou difícil (ou tentar o desafio por mais de 20 vezes) e novamente apresentar ao professor o CSV atualizado até uma semana antes do conteúdo de autômatos de pilha ser apresentado. Responder ao questionário opinativo baseando-se na sua experiência com o jogo com relação à primeira onda (questionário 1).
- **Terceira onda:** Concluir o tutorial 3 e o nível 3-1 nos modos normais ou difícil (ou tentar o desafio por mais de 20 vezes) e, pela terceira e última vez, apresentar ao professor o CSV atualizado até uma semana antes do conteúdo de máquinas de Turing ser tratado em aula.
- **Entrega final:** Responder o questionário de engajamento e aprendizado com base na sua experiência com o jogo ao final das três ondas (questionário 2).

No primeiro questionário apresentado (denominado questionário 1 nesta sessão), os alunos puderam atribuir notas de 1 a 5 para diversos tópicos de caráter opinativo. As questões apresentadas aos alunos foram as mesmas indicadas na [Subseção 4.4.10](#), destacadas pela natureza

opcional, e visaram avaliar, sob a perspectiva dos alunos, os seguintes fatores: diversão, intuitividade, compreensão dos tópicos abordados, utilidade para o aprendizado pessoal e potencial para futura recomendação da atividade.

Um campo foi incluído neste questionário para que os alunos descrevessem como o jogo os teria ajudado a visualizar o tema que em sequência havia sido dado em aula teórica.

Considerando a realização da primeira prova avaliativa (P1) aplicada aos alunos, foi adicionado uma pergunta relacionada ao fato do jogo os ter ajudado na hora da realização da prova.

Neste questionário, os alunos também tiveram a oportunidade de expressar suas opiniões pessoais por escrito, com campos disponíveis para sugestões, pontos positivos, pontos negativos e possíveis erros ou *bugs* a serem depurados.

No questionário 1, foram abordados os seguintes aspectos:

- As questões descritas na [Subseção 4.4.10](#), de caráter opinativo, nas quais os alunos avaliaram diversos aspectos de sua experiência com o jogo, atribuindo notas de 1 a 5.
- Um campo para que os alunos descrevessem como o jogo os auxiliaram a visualizar o tema dado em aula.
- Um campo para que os alunos indicassem se os mesmos acreditavam que o jogo os havia ajudado na realização da primeira prova avaliativa.
- Um campo destinado aos alunos para expressarem, por escrito, os pontos positivos do jogo.
- Um campo destinado aos alunos para expressarem, por escrito, os pontos negativos do jogo.
- Uma área dedicada a sugestões para futuras atividades.
- Um espaço para os alunos indicarem eventuais falhas ou *bugs* que tenham encontrado.

No segundo questionário apresentado aos alunos (denominado questionário 2), o foco foi o engajamento e a eficácia dos jogos em relação ao aprendizado. Para isso, foram utilizadas as questões adaptadas do *EGameFlow*, que estão apresentadas na [Subseção 4.4.10](#), e um campo no qual os alunos puderam atribuir notas de 1 a 5 para cada tópico da tabela de montagem ([Tabela 11](#)) que não tenha sido descartado ao longo do desenvolvimento. Essas notas tinham como objetivo avaliar a efetividade do jogo na abordagem dos temas que faziam parte de seu objetivo inicial.

Também foram disponibilizados nesse questionário os mesmos campos para que os alunos escrevessem as suas opiniões, agora considerando a totalidade das atividades, sobre o jogo.

Dessa forma, contempla-se no questionário 2:

- As questões relacionadas ao engajamento, conforme descritas na [Subseção 4.4.10](#), nas quais os alunos avaliaram com notas de 1 a 5.
- Os itens relacionados aos objetivos de ensino dos jogos, nos quais os alunos avaliaram a sua completude.
- Um campo destinado aos alunos para expressarem, por escrito, os pontos positivos do jogo.
- Um campo destinado aos alunos para expressarem, por escrito, os pontos negativos do jogo.
- Uma área dedicada a sugestões para futuras atividades.
- Um espaço para os alunos indicarem eventuais falhas ou *bugs* que tenham encontrado.

Nessa etapa, é importante determinar quais atividades são mais essenciais para o ensino dos alunos, no entanto, o professor também deve recomendar que eles realizem outras atividades além das que foram roteirizadas neste estudo.

5.10.9 *Descrição e aplicação do roteiro de atividades*

Funcionalidades foram desenvolvidas no jogo que permitem o mapeamento de diversos aspectos das partidas do aluno em tabelas que professores e desenvolvedores podem reconhecer o tempo de jogo, o tempo gasto em cada fase do jogo, os níveis completados pelo aluno, a quantidade de tentativas que o aluno teve em cada nível, as missões e atividades concluídas pelos alunos.

O jogo desenvolvido foi apresentado para alunos da graduação que cursavam o curso de Teoria da Computação no primeiro semestre de 2023. A turma era formada por bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos.

Realizar cada atividade indicada acarretou em pontos extras nas notas finais dos alunos, como meio de incentivo, mas também foram realizadas apresentações para os aconselhar a participação como meio de aprimorar seus aprendizados.

5.11 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado o jogo *StarOwners*, um *Serious Game* desenvolvido integralmente bom base na metodologia COMBO. Além da apresentação do jogo, com telas e jogabilidade, foi também apresentado o passo a passo do desenvolvimento desse jogo de acordo com os passos exigidos pela COMBO. Os resultados obtidos, com o desenvolvimento do jogo de acordo com a metodologia COMBO em uma turma de alunos da disciplina de Teoria da Computação são apresentados no próximo capítulo.

RESULTADO DO ESTUDO DE CASO - *SERIOUS GAME* COMO ATIVIDADE COMPLEMENTAR

As atividades com os alunos seguiram o roteiro proposto na [Subseção 5.10.8](#), onde os alunos que se voluntariaram para realizar as tarefas indicadas receberam pontuação extra em sua nota final na disciplina.

Todas as atividades foram disponibilizadas com um prazo de uma semana antes do assunto ser abordado em sala de aula, a fim de introduzir conceitos prévios ao ensino e estar em consonância com os princípios do construtivismo, conforme mencionado na [Subseção 4.3.1](#).

Foi aberta uma exceção, apenas para a atividade da terceira onda, isso por relatos de alguns alunos do não recebimento do alerta de que a atividade estava disponível para entrega. Além disso, a entrega final também foi tratada de forma mais opinativa, não abordando novos tópicos educacionais e, assim, não havendo a relação de uma semana para entrega. Essa atividade final esteve aberta desde o período da terceira onda até a conclusão do curso.

A atividade da primeira onda foi disponibilizada para os alunos do dia 15 de abril até o dia 22 de abril de 2023. Um total de 47 alunos, dos 57 participantes para a dinâmica com jogos, participaram e forneceram dados de *feedback* automaticamente gerados pelo jogo, conforme indicado na [Subseção 5.10.8](#). Os resultados desse material produzido pelos alunos podem ser verificados na [Seção 6.1](#).

Em conjunto com a atividade da segunda onda, que foi realizada de 17 a 24 de abril de 2023, os alunos também responderam ao questionário 1. Esse questionário permitiu avaliar, do ponto de vista do jogador, se o aprendizado percebido pelos alunos estava ocorrendo de fato. Ao todo, 38 alunos jogaram os níveis indicados e 37 responderam ao questionário 1. O retorno dos alunos nesse questionário pode ser verificado na [Seção 6.3](#).

A entrega da terceira onda estava inicialmente agendada para ocorrer entre 20 e 27 de junho de 2023. No entanto, em resposta a uma solicitação dos alunos, foi decidido por reabrir a terceira onda simultaneamente à entrega final, ampliando assim o prazo para submissões, que passou a ser de 14 a 27 de junho de 2023. No primeiro prazo, 21 alunos fizeram a entrega, enquanto no segundo prazo, 9 alunos entregaram.

Quanto ao questionário 2, que correspondeu à entrega final, obteve-se a participação de 36 alunos, o que permitiu avaliar o jogo sob a perspectiva do engajamento e da avaliação, tópico por tópico de aprendizado. Os resultados dessas avaliações estão contemplados na [Seção 6.4](#) e na [Seção 6.5](#).

Também foi aberto um espaço durante esse período para que os jogadores pudessem atualizar suas pontuações no jogo, promovendo uma competição livre e saudável, sem que as notas fossem consideradas. Dessa forma, foram obtidos mais dados automatizados. A análise desses dados, juntamente com a análise das entregas das três ondas mencionadas, está disponível na [Seção 6.1](#).

Esse capítulo trata dos resultados obtidos com a aplicação do jogo *Star Owners* em uma turma de Teoria da Computação do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação (BSI) do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP).

6.1 *Feedback* automático da atividade

Utilizando o *feedback* automatizado disponibilizado no próprio jogo, foi possível analisar o desempenho de cada aluno em relação a cada nível e cada missão. Dessa forma, foi verificado quantas estrelas foram obtidas, quanto tempo foi investido e quantas tentativas foram feitas em cada um dos desafios durante a experiência com os jogos.

Essas informações não apenas permitiram acompanhar o progresso individual de cada aluno em cada etapa do jogo, incluindo a verificação da conclusão de cada tarefa obrigatória, mas também forneceram *insights* valiosos sobre o próprio jogo e a interação dos jogadores com ele. Observar o comportamento dos alunos diante dos desafios propostos permitiu uma compreensão mais aprofundada de como eles enfrentam os desafios, quais estratégias adotam e como se envolvem ativamente na experiência de jogo. Esses *insights* são essenciais para aprimorar tanto o *design* do jogo quanto a eficácia das atividades propostas.

Para concluir todas as tarefas propostas, o mínimo de estrelas que o aluno tem que conseguir é igual a 20 ou 10 se houver apresentado, ao menos, 20 tentativas na segunda e na terceira onda. Valores abaixo são explicados pelo fato de parte dos alunos não terem realizados as três entregas. No entanto, é importante observar que, conforme ilustrado na [Figura 33](#), a grande maioria dos alunos se dedicou a jogar mais missões do jogo do que o mínimo obrigatório

Figura 33 – Histograma de quantidade de estrelas obtidas pelos alunos ao longo das atividades.



Fonte: Elaborada pelo autor.

estabelecido, demonstrando um notável interesse espontâneo pela atividade. por parte dos alunos.

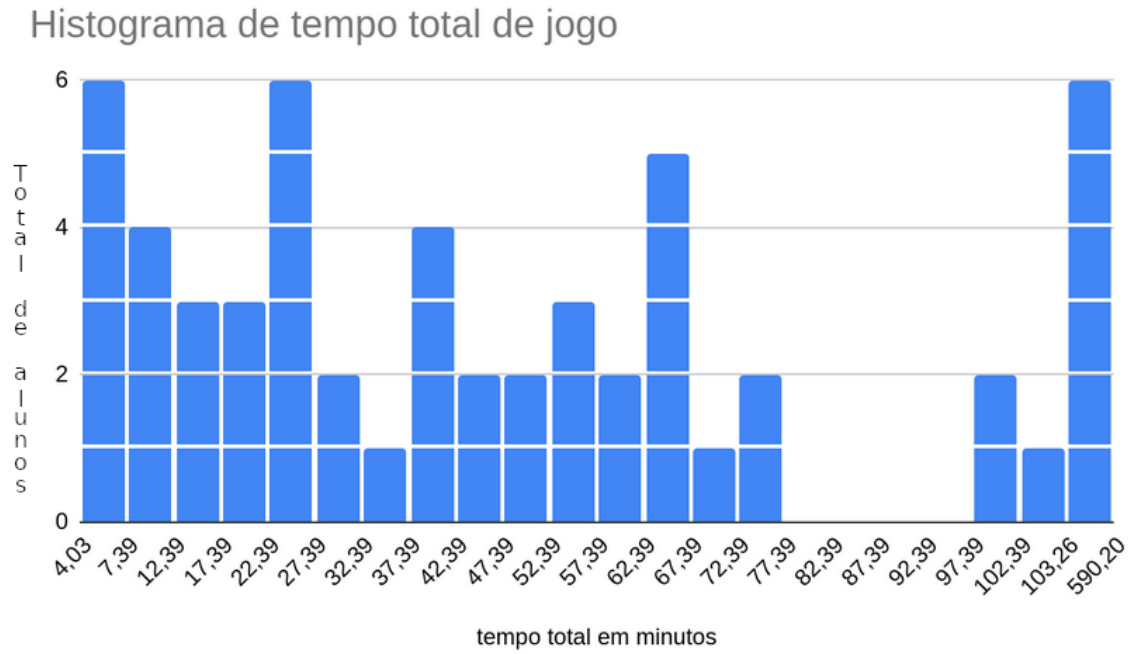
Foi estabelecida uma competição saudável para a quarta onda, na qual o aluno que conseguisse o maior número de estrelas receberia uma caixa de chocolates como prêmio. Mesmo antes de saberem dessa informação, observou-se um engajamento estabelecido por parte dos alunos, e na última entrega, eles se propuseram ao desafio com notável entusiasmo.

Observa-se na [Figura 34](#) que os alunos dedicaram bastante tempo ao jogo, em sua maioria, jogando por mais de 20 minutos, havendo uma parte considerável que levou mais de uma hora. Grupos mais dedicados de alunos chegaram a jogar por mais de quatro horas e o recorde de tempo investido no jogo foi de quase dez horas. Com isso, confirma-se que o jogo consegue entreter seu público alvo por uma considerável longevidade.

No gráfico ilustrado na [Figura 35](#) é possível observar que há pouca definição em relação à quantidade de tentativas (ou derrotas) que os alunos enfrentaram ao longo das tentativas de jogo. A maioria não precisou de 50 tentativas para concluir as tarefas obrigatórias, levando em consideração que os alunos se engajaram em jogar mais do que apenas as missões obrigatórias, no entanto, um maior número de derrotas estaria relacionado a um maior tempo investido em outras missões do jogo.

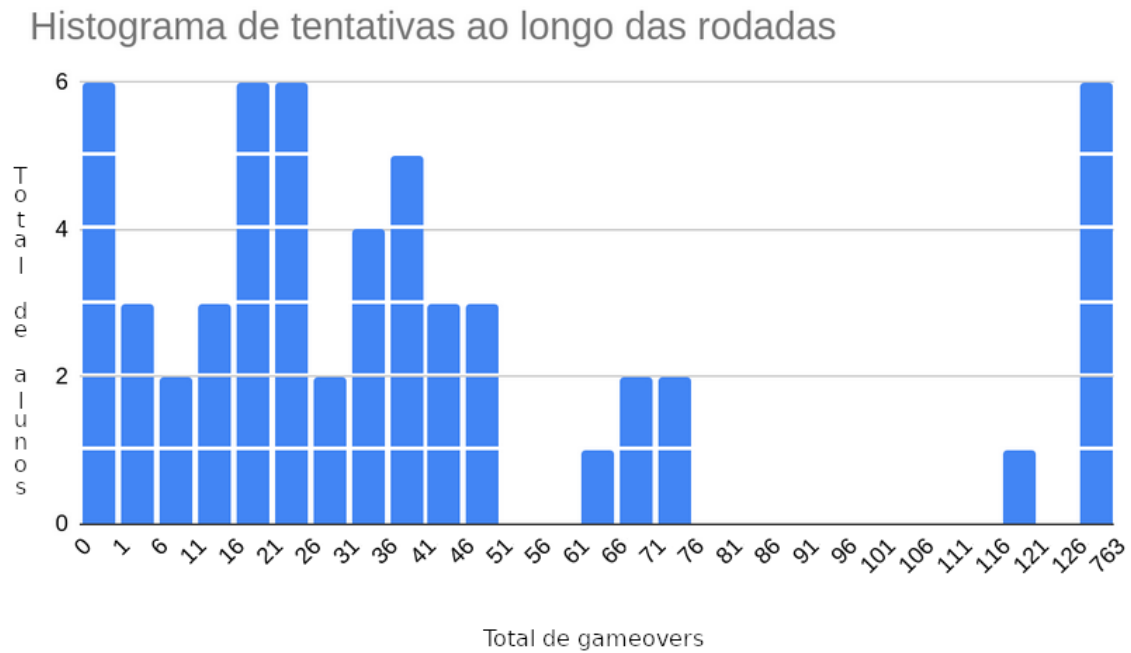
Nas Figuras [36](#), [37](#) e [38](#) são apresentados os histogramas do tempo gasto em cada um dos três mundos disponível no jogo *Star Owners*. É possível pela análise desses histogramas comparar o tempo gasto em cada mundo disponível no jogo. Cabe salientar que cada uma das

Figura 34 – Histograma de tempo total investido pelos alunos ao longo das atividades.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 35 – Histograma do total de tentativas dos alunos ao longo do jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

três primeiras atividades obrigatórias estiveram associadas a um mundo diferente.

Figura 36 – Histograma do tempo total gasto no primeiro mundo do jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 37 – Histograma do tempo total gasto no segundo mundo do jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando esses histogramas, é ainda possível concluir que os alunos dedicaram mais tempo às missões do primeiro mundo, enquanto no segundo e terceiro mundo o tempo individual

Figura 38 – Histograma do tempo total gasto no terceiro mundo do jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

dedicado diminuiu progressivamente. Considerando que os níveis se tornam mais complexos e desafiadores em cada mundo, é possível definir uma tendência em apenas concluir as missões obrigatórias, já que a quantidade de estrelas obtidas, especialmente no terceiro mundo, também foi baixa.

6.2 Notas e recomendações dos alunos

Tanto no questionário 1 quanto no questionário 2, foi reservado um espaço para que os alunos pudessem fornecer suas observações e recomendações sobre sua experiência com o jogo como ferramenta de ensino durante as atividades propostas. Essa abordagem permitiu coletar valiosos retornos e opiniões dos alunos, possibilitando uma compreensão mais abrangente de como eles perceberam e se envolveram com o jogo. As observações e recomendações dos alunos são essenciais para aprimorar a eficácia do jogo como ferramenta educacional, bem como para direcionar futuras melhorias e desenvolvimentos.

Conforme descrito na [Subseção 5.10.8](#), ambos os questionários apresentavam campos específicos para que os alunos indicassem pontos positivos, pontos negativos, eventuais *bugs* encontrados e sugestões relacionadas à sua experiência com o jogo como ferramenta de ensino. Na Figura 39 é ilustrada a nuvem de palavras referente as respostas à pergunta 1.

Pergunta 1: Indique aqui os pontos positivos do jogo dessa atividade.

Figura 39 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Embora não fosse obrigatório responder, foram recebidas 25 respostas no questionário 1 e 18 respostas no questionário 2.

No questionário 1, a maior parte dos alunos destacaram a intuitividade como ponto forte do jogo, com diversos elogios também ao fator visualização, imersão e diversão.

No questionário 2, há menos citações quanto a intuitividade do jogo e mais elogios ao aprendizado que o mesmo proporcionou, com destaque para o fator desafio e diversão.

Outros pontos positivos apontados pelos alunos incluí o seu dinamismo, a simplificação dos tópicos, o dinamismo da atividade, a complexidade da *gameplay*, o polimento, a estética e a trilha sonora.

A seguir são apresentados alguns depoimentos dos alunos:

"A experiência do jogo em si foi muito divertida, e acredito que influenciou mesmo que indiretamente no melhor entendimento dos autômatos"

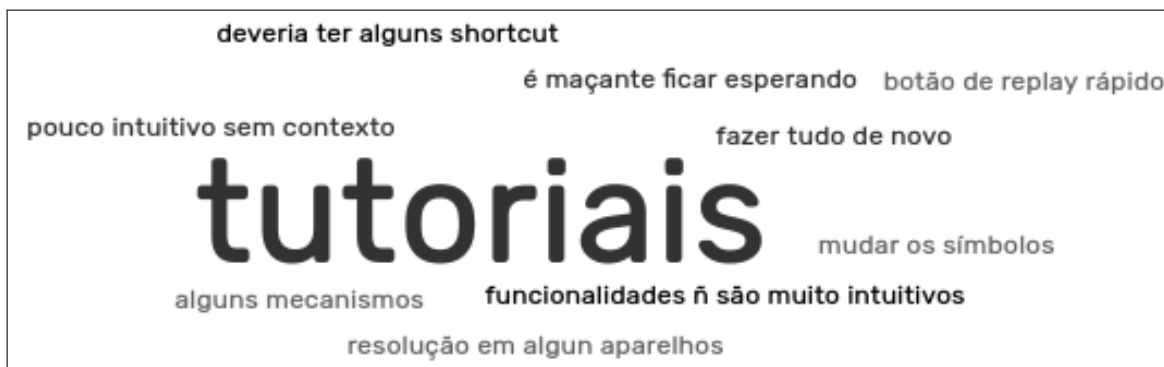
"A mecânica do jogo é divertida e desafiadora o suficiente pra fazer o usuário ter vontade de continuar"

"o jogo é divertido o suficiente para eu realizar as atividades das ondas sem sentir que eu estava fazendo um trabalho para entregar e sim que estava jogando um jogo"

Na Figura 40 é ilustrada a nuvem de palavras relacionada as respostas à pergunta 2.

Pergunta 2: Indique aqui os pontos negativos do jogo dessa atividade.

Figura 40 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para indicar os pontos negativos, no questionário 1 houveram 16 retornos dos alunos e no questionário 2 houveram 14.

A maioria dos retornos dos alunos no questionário 1 apontou para uma baixa intuitividade do jogo como ponto negativo, o que contrasta com o destaque dado à pergunta anterior, onde 9 alunos destacaram a intuitividade como um aspecto positivo da atividade. Dessa vez, 5 alunos apontaram que a mesma atividade tem pouca intuitividade como destaque negativo, dessa forma, o tema intuitividade mostrou-se um fator de divisão entre os alunos em um primeiro momento.

Em um segundo momento, isso é, para o questionário 2, a intuitividade deixa de ser destaque e os alunos passam a apontar a alta dificuldade, principalmente no terceiro mundo, como um destaque negativo. Além disso, a opinião foi de que o tutorial era confuso e sugeriram melhorias.

A seguir são destacados alguns depoimentos dos alunos:

"Acredito que a partir da terceira onda o jogo acabou ficando muito complexo"

"Eu sentia que tinha que estudar um pouco do funcionamento do respectivo autômato para conseguir compreender a lógica do jogo"

Na Figura 41 é ilustrada a nuvem de palavras referente as respostas à pergunta 3.

Pergunta 3: Indique aqui sugestões a respeito do jogo.

Figura 41 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 3.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Dentre as sugestões propostas, cabe destaque aos pedidos de apresentar mais dicas ou melhorar o tutorial, com mais solicitações para melhoria do tutorial no questionário 2. Houve também a proposta de elaborar um botão de *replay*, para poder rever e estudar as jogadas feitas, além de proporem mais contexto de cenário, de forma a deixar mais claro os elementos referentes ao aprendizado.

Houve pedido por implementação de botão de acelerar, no entanto, o jogo já possui essa mecânica desenvolvida.

A seguir são destacados alguns depoimentos dos alunos:

"Novos modos de jogo, assim como os desafios amador e profissional."

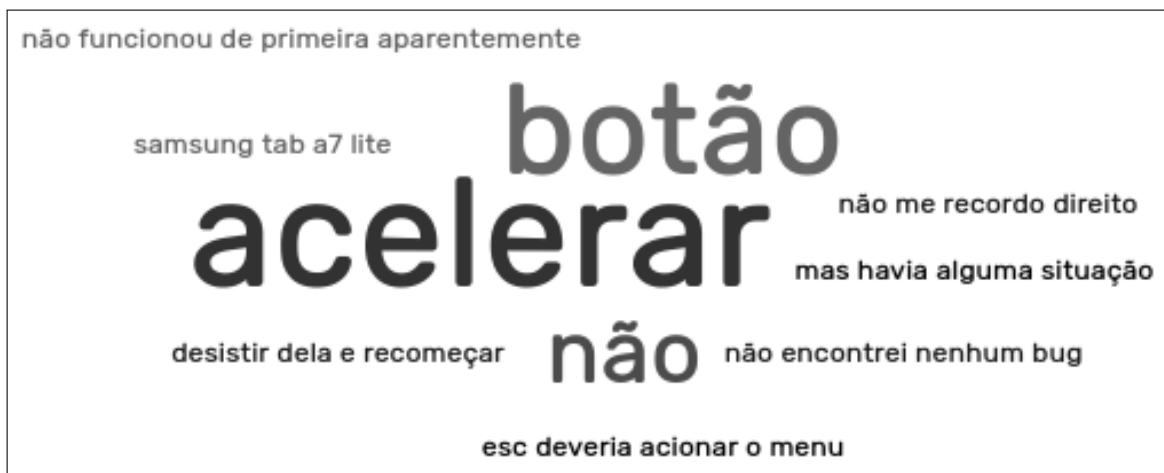
"Acho que deveria ter tutoriais mais descritivos (textuais mesmo) de como fazer para jogar. Melhorar o botão de acelerar."

"Poderia talvez ter algum link ou indicação dos conteúdos de aula para melhor assimilação, dessa forma pode ser feito uma melhor correlação entre jogo e aula. Além disso se for feito um link externo para algum conteúdo open source, faz com que o jogo não se "limite" apenas aos alunos que estão tendo a matéria de introdução a teoria computacional, dessa forma alunos que não estão cursando essa matéria podem conhecer e ter um primeiro contato sem ser pelos meios 'formais'."

Na Figura 42 é ilustrada a nuvem de palavras referente as respostas à pergunta 4.

Pergunta 4: Escreva a seguir quaisquer *bugs* ou mal funcionamento observados no jogo.

Figura 42 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 4.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram pouquíssimos os apontamentos de *bugs* ou mau funcionamento, com maior destaque para a inconsistência no funcionamento do botão de acelerar.

Além desse apontamento, houve indicação de problemas de resolução e alunos que reclamaram do *delay* na tela de *gameover*. Essa demora, na realidade, é proposital para que o jogador possa identificar o erro cometido. No entanto, para evitar futuras confusões ou reclamações, modificações foram realizadas para que nas próximas aplicações do jogo isso não ocorra.

A seguir são destacados alguns depoimentos dos alunos:

"o botão de acelerar, se pressionado repetidamente em curto período de tempo (rápido), fazia com que a 'cadeia' saísse da tela, ficando só o 'autômato', travando a fase e tendo que reiniciar, perdendo todo meu progresso até lá. Não sei se deveria acontecer."

"A proporção da tela do jogo não era a mesma que no meu dispositivo, só tive que mudar isso."

Na Figura 43 é ilustrada a nuvem de palavras referente as respostas à pergunta 5.

Pergunta 5: Descreva se e como o jogo te ajudou a visualizar os temas tratados em aula.

Figura 43 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 5.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa pergunta foi feita apenas no questionário 1.

Boa parte dos alunos reportaram que o jogo apresentava um contexto visual para o tema tratado, uma visão operacional e um funcionamento lógico que os ajudou a visualizar temas e estruturas complexas.

Outros comentários indicaram a capacidade do jogo simular conceitos e mudar as perspectivas, a simplificação aplicada, a mentalização do fluxo dos autômatos e a praticidade.

A seguir são destacados alguns depoimentos dos alunos:

"Ter jogado antes de ter visto a matéria, ajudou ter uma visibilidade maior de como funciona o conteúdo de Introdução à Ciência de Computação (ITC), além de criar uma perspectiva nova para resolução de problemas propostos."

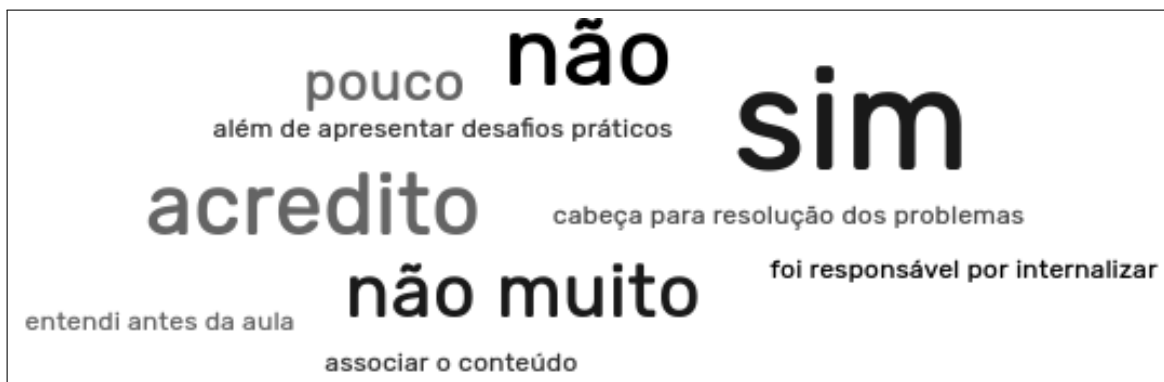
"O jogo me ajudou a visualizar as máquinas finitas de forma visual, assim deixando mais fácil compreender durante a aula."

"O jogo me preparou muito para o conteúdo visto em aula. Joguei a primeira onda antes do professor passar pelo conteúdo abordado e, por conta da familiaridade com os conceitos apresentados no jogo, absorvi a matéria tranquilamente e de forma eficiente."

Na Figura 44 é ilustrada a nuvem de palavras referente as respostas à questão 6.

Pergunta 6: Você acredita que o jogo tenha te ajudado na realização da P1? Descreva.

Figura 44 – Nuvem de palavras para as respostas da pergunta 6.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa pergunta também foi apresentada apenas no questionário 1, pois aproveitou a aplicação, que á época era recente, da primeira prova (P1) para verificar o aprendizado do ponto de vista dos alunos.

Nas respostas, 19 alunos apontaram que sim, acreditavam que o jogo os teria ajudado a realizar a primeira prova, e 8 apontaram que não.

Dentre as várias descrições apresentadas, a visualização foi destacada nos apontamentos, acompanhada da menção à praticidade, consolidação, operacionalidade e compreensão prévia de alguns assuntos antes mesmo das aulas.

A seguir são destacados alguns depoimentos dos alunos:

"Acredito que o jogo tenha ajudado. Além de apresentar desafios práticos que se assemelham muito aos cobrados em prova, o jogo foi responsável por internalizar a parte intuitiva do conteúdo, solidificando a base necessária para prosseguir os estudos do tema."

"Ajudou a planejar as montagens mentais na cabeça para resolução dos problemas de ITC."

"O jogo me ajudou a ficar familiarizado com o funcionamento de autômatos e me auxiliou no processo de criação dos autômatos "

6.3 Pesquisa de opinião e aprendizado observado - ponto de vista dos alunos

O objetivo do questionário 1 foi permitir que os alunos avaliassem diversos aspectos do jogo e expressassem sua percepção sobre como a atividade contribuiu para o seu aprendizado pessoal.

Essa atividade foi realizada a tempo de contemplar os objetivos iniciais do jogo, sem

abrange, a princípio as atividades relacionadas a autômatos de pilha e máquinas de Turing. Decidiu-se obter um retorno mais cedo sobre o questionário, permitindo a possibilidade de ajustes na sua aplicação com os alunos, se necessário, dentro do prazo estabelecido.

O questionário 2, discutido na [Seção 6.4](#), foi apresentado após as três ondas, permitindo assim avaliar a aplicação do jogo no ensino de autômatos de pilha e máquinas de Turing.

Um total de 37 alunos responderam ao questionário 1, apresentando diversos pontos positivos sobre a atividade e também indicando áreas a serem aprimoradas nos próximos ciclos.

Figura 45 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério diversão do jogo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

É possível observar, por meio do gráfico ilustrado na [Figura 45](#), que 97,2% dos alunos atribuíram notas iguais ou superiores a 3, indicando que consideraram os jogos como uma atividade divertida. A maior parte dos alunos, representando 47,2%, atribuiu a nota 4. Esses valores positivos estão em consonância com o tempo investido pelos alunos, o qual pode ser analisado no histograma ilustrado na [Figura 34](#).

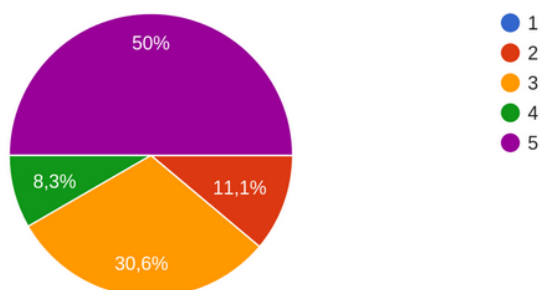
O fato do jogo abordar temas complexos da Ciência da Computação e, ainda assim ser considerado intuitivo pelos jogadores, é um resultado importante, uma vez que a ferramenta tem como objetivo auxiliar no aprendizado. Conforme observado no gráfico ilustrado na [Figura 46](#), 69,4% dos alunos atribuíram notas maiores ou iguais a 3 para esse critério, sendo que a maioria, representada por 50% dos alunos, atribuiu a nota máxima.

A familiaridade com os assuntos a serem tratados no jogo não é um pré-requisito para jogá-lo, tal como apontado na [Subseção 4.3.1](#). No cenário apontado, é esperado que a maioria dos alunos atribua notas baixas para essa pergunta, como observado no gráfico ilustrado na [Figura 47](#). Essa situação permite avaliar o progresso do aprendizado dos alunos com o jogo e as aulas, que espera-se que evolua ao longo da atividade.

Verificou-se também, por meio do levantamento apresentado no gráfico ilustrado na

Figura 46 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério intuitividade do jogo.

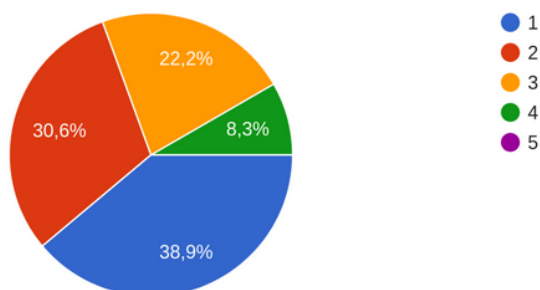
Você considera o jogo apresentado intuitivo?
36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 47 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério familiaridade com os temas do jogo.

O quanto familiarizado você acredita que estava com a disciplina de Teoria da Computação antes dessa atividade?
36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

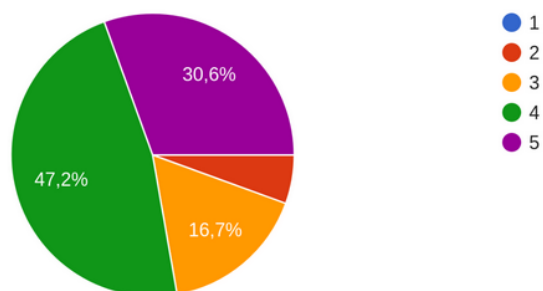
Figura 48, se os alunos que participaram da atividade conseguiram perceber com clareza o conteúdo da disciplina dentro do jogo. Novamente, os resultados foram positivos, com 94,5% dos alunos atribuindo nota 3 ou superior, e a maioria (47,2%) atribuindo a nota 4. Esses conteúdos foram individualmente verificados e avaliados pelos alunos nas questões indicadas na Seção 6.5.

O aprendizado observado do ponto de vista dos alunos é apresentado no gráfico ilustrado na Figura 49. Com 91,6% dos alunos atribuindo notas 3 ou acima, e 44,4% atribuindo a nota 4, indicando que os alunos que realizaram a atividade acreditam que ela os ajudou em seu aprendizado. Essa percepção é reforçada pelos *feedbacks* fornecidos pelos alunos na Seção 6.2 e na Seção 6.5.

Figura 48 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério compreensão dos tópicos do jogo.

Você considera que o conteúdo da disciplina de Teoria da Computação presente nesse jogo é compreensivo?

36 respostas

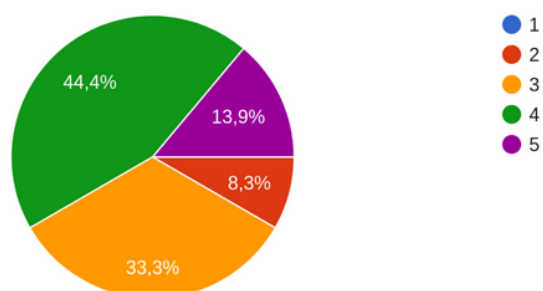


Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 49 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério aprendizado do jogo.

Quanto útil ao seu aprendizado na disciplina de Teoria da Computação você considera que esse jogo pode ser?

36 respostas

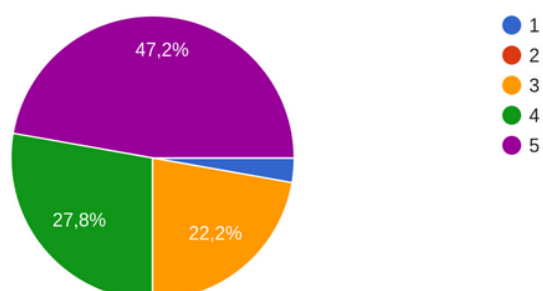


Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 50 – Distribuição da avaliação dos alunos em relação ao critério recomendação futura do jogo.

Você indicaria esses jogos para os próximos alunos que farão a disciplina?

36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, 97,2% dos alunos atribuíram notas 3 ou acima, indicando que recomendariam a aplicação dessa atividade em futuras turmas que cursassem a disciplina Teoria de Computação. A maioria dos alunos (47,2%) deu a nota máxima, demonstrando um alto nível de satisfação com a atividade.

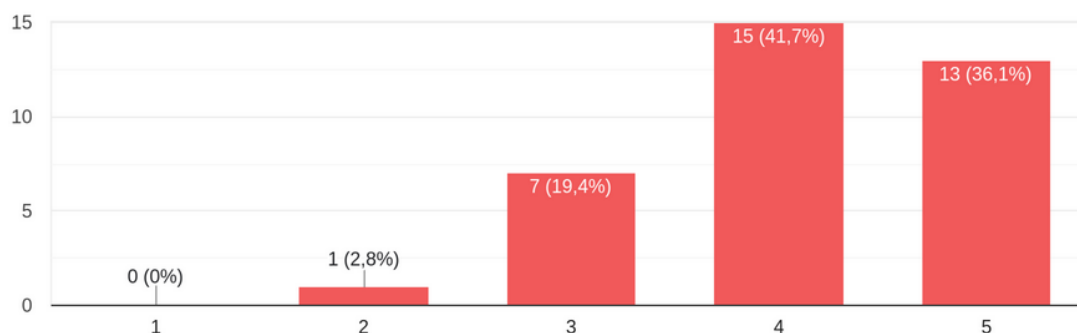
6.4 EGameFlow e o engajamento segundo os alunos

O questionário 2 foi adaptado para incluir os critérios de engajamento propostos na escala EGameFlow, conforme indicado na [Subseção 4.4.10](#).

Esse questionário foi aplicado aos alunos ao final do semestre, sendo respondido por 36 alunos, que compartilharam as experiências pessoais que obtiveram com o jogo.

Figura 51 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério concentração.

O jogo é capaz de me manter concentrado e de proporcionar estímulos relevantes para a realização das tarefas, sem distrações desnecessárias ou qu...snecessárias ou qualquer sobrecarga de trabalho?
36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

As notas positivas observadas no gráfico ilustrado na [Figura 51](#), em que praticamente todos os alunos atribuíram notas iguais ou superiores a 3, indicam que não há necessidade aparente de melhorar o jogo no critério de concentração.

As notas positivas observadas no gráfico ilustrado na [Figura 51](#), em que 30 dos 36 alunos atribuíram notas iguais ou superiores a 3, indicam que a clareza no funcionamento e nas regras do jogo está bem estabelecida.

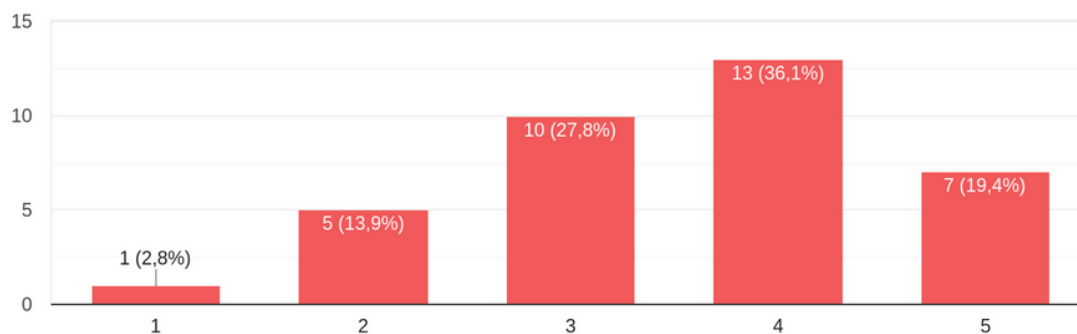
O *feedback* do jogo também recebeu uma avaliação positiva, como observado no gráfico ilustrado na [Figura 53](#), com a maioria deles atribuindo notas iguais ou superiores a 3. Dos 36 alunos, 28 deram notas 4 e 5, demonstrando uma excelente receptividade.

No critério de desafios, os alunos indicaram que os desafios foram engajantes e bem

Figura 52 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério clareza de objetivos.

Os objetivos gerais do jogo foram apresentados de forma clara no início, assim como os objetivos intermediários em cada cena, e eu entendi claramente os objetivos de aprendizado por meio do jogo?

36 respostas

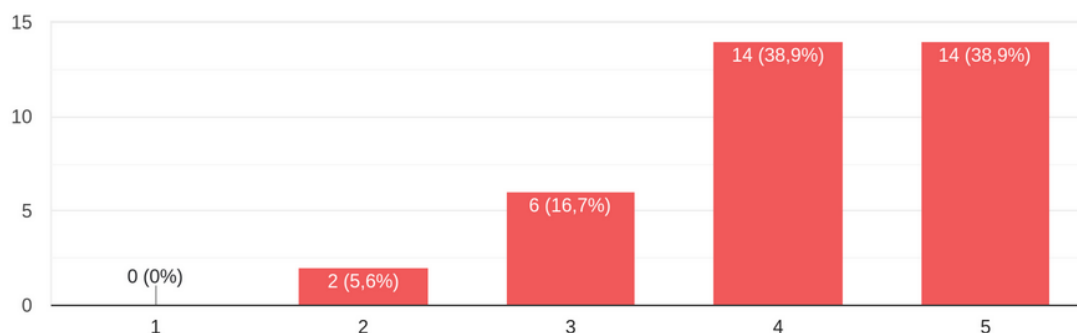


Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 53 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério *feedback*.

Eu recebo feedback sobre o meu progresso imediatamente, incluindo feedback imediato sobre minhas ações, notificações imediatas sobre novas...ões sobre o meu status, como pontuação ou nível?

36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

ajustados, com 32 dos 36 alunos atribuindo notas iguais ou superiores a 3, conforme pode ser observado no gráfico ilustrado na [Figura 54](#).

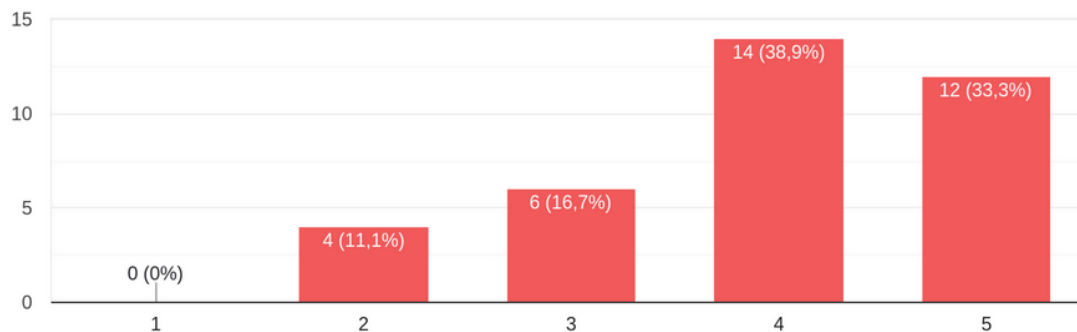
A autonomia do jogo não foi considerada defeituosa pela maioria dos alunos. Dos alunos que responderam o questionário, 32 alunos atribuíram notas iguais ou superiores a 3, conforme observado no gráfico ilustrado na [Figura 55](#).

No que diz respeito à imersão, as opiniões foram mais divididas. Embora os 25 alunos

Figura 54 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério desafio.

O jogo me mantém engajado, apresentando desafios adequados e fornecendo suporte, auxílios e níveis de dificuldade que se ajustam ao meu progresso e melhoram minhas habilidades?

36 respostas

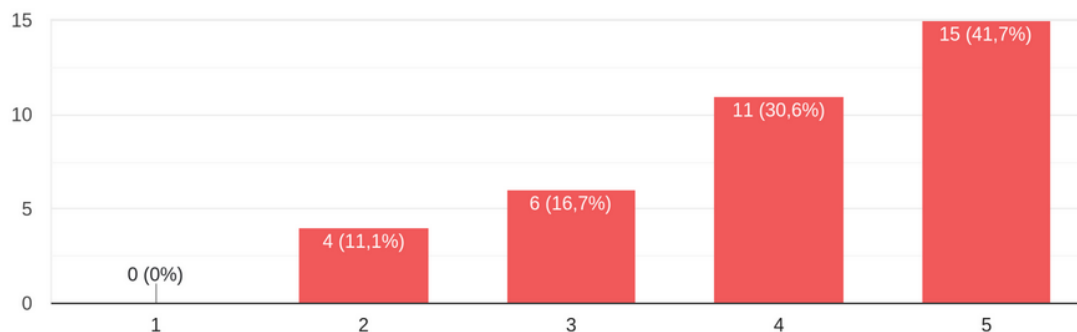


Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 55 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério autonomia.

Eu tenho controle sobre o jogo, incluindo o menu, ações dos personagens e interações entre eles, com o jogo permitindo erros e suportando a minha ...estratégias livremente e com impacto sobre o jogo?

36 respostas



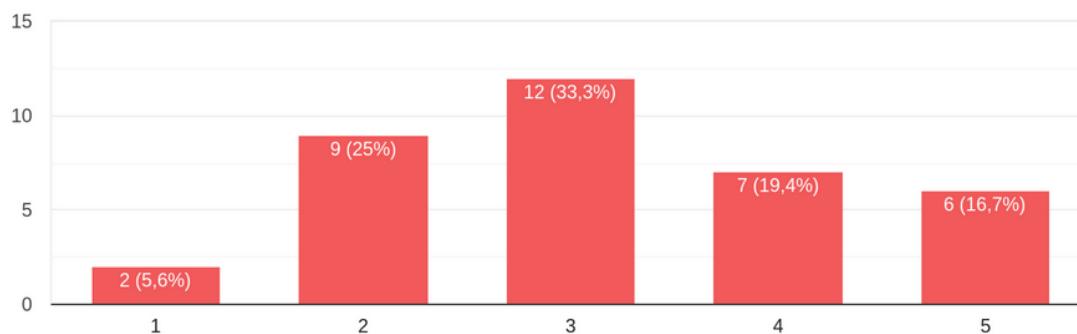
Fonte: Elaborada pelo autor.

que deram nota 3 ou superior representem a maioria dos 36 alunos, conforme ilustrado na (Figura 56), esse é um ponto que pode ser aprimorado em termos de engajamento.

Os alunos apresentaram uma divisão de opiniões em relação à cooperação entre eles próprios. Para os futuros ciclos da COMBO, busca-se incentivar ainda mais nesse sentido, visando aumentar a porcentagem de notas 3 ou superior, que nos levantamentos feitos é de 66,7%, conforme gráfico ilustrado na Figura 57.

Figura 56 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério imersão.

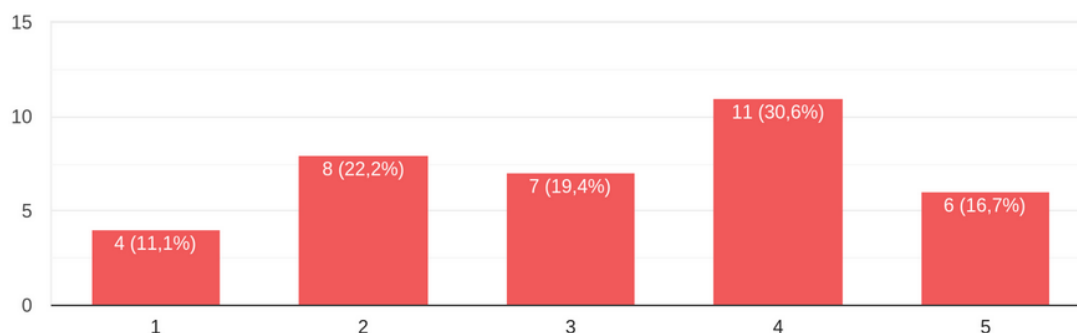
O jogo me faz perder a noção do tempo, ficar desligado(a) do ambiente ao meu redor e temporariamente esquecer preocupações da vida c...go, tanto emocionalmente quanto visceralmente?
36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 57 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério interação.

Eu sinto vontade de cooperar com outros colegas de classe e colaboro intensamente com eles e sinto que a cooperação no jogo é útil para a aprendizagem?
36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

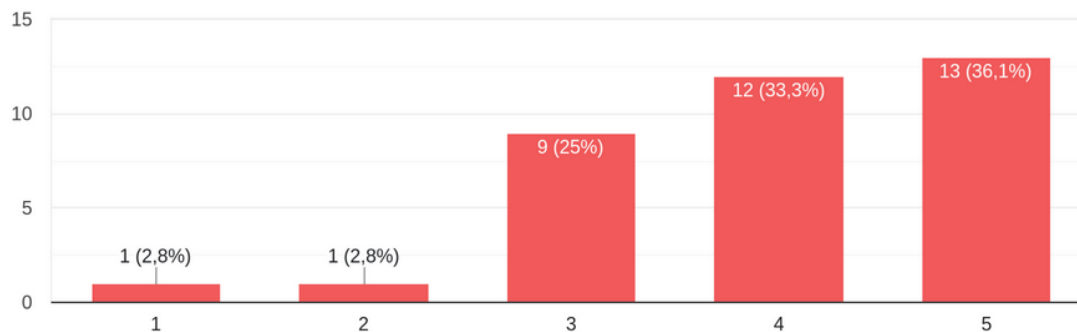
De forma semelhante ao observado no questionário 1 e, de acordo com os resultados levantados na [Seção 6.3](#), o aprendizado do ponto de vista dos alunos, obtido por meio do jogo, é evidenciado no gráfico ilustrado na [Figura 58](#), onde praticamente todos os alunos atribuíram notas iguais ou superiores a 3 para o critério melhoria no conhecimento.

Os resultados aqui obtidos servirão como guia para que, em próximos ciclos da metodologia, possam ser feitos ajustes no jogo que melhorem a experiência para próximos alunos quando o jogo for apresentado.

Figura 58 – Relação de notas atribuídas por alunos ao critério conhecimento.

O jogo aumenta o meu conhecimento, permitindo que eu compreenda as ideias básicas do conhecimento ensinado, tente aplicá-lo no jogo, ... de aprender mais sobre o conhecimento abordado?

36 respostas



Fonte: Elaborada pelo autor.

6.5 Avaliação tópico á tópico

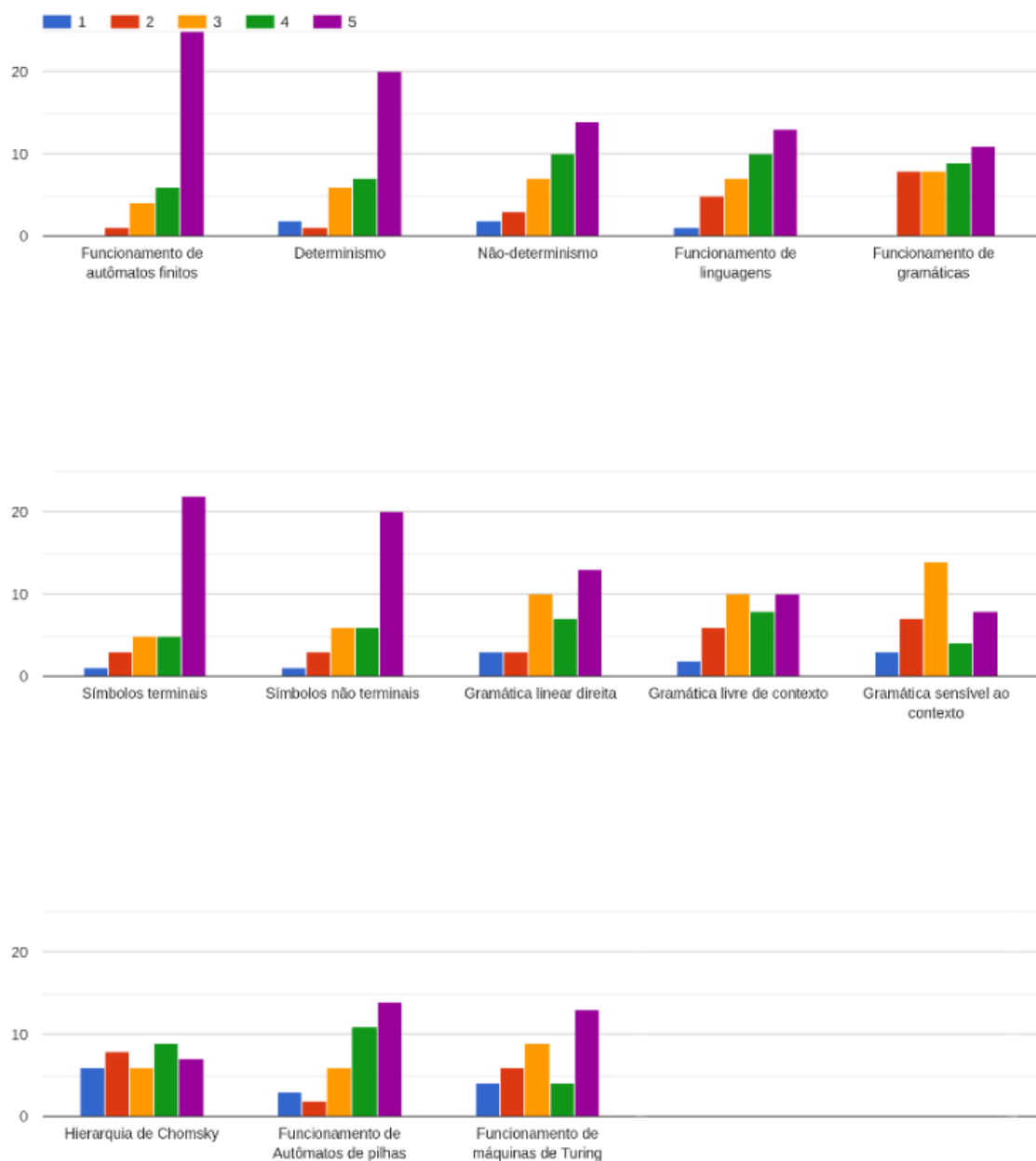
No questionário 2, foi incluído um campo para que os alunos avaliassem a eficiência da apresentação e abordagem de cada tópico mencionado na [Tabela 11](#), que representa os objetivos de ensino do jogo *Star Owners*. O resultado desse questionário é apresentado no gráfico ilustrado na [Figura 59](#). Essa avaliação permitiu identificar quais tópicos precisam ser mais trabalhados nos próximos ciclos e quais objetivos já podem ser considerados como concluídos.

A partir de análise do gráfico ilustrado na [Figura 59](#), observa-se que, de acordo com os alunos:

- Os objetivos de apresentar conceitos como funcionamento de autômatos finitos, determinismo, símbolos terminais, símbolos não terminais foram os mais bem avaliados e se destacaram no jogo apresentado, podendo ser considerados como concluídos.
- Os objetivos de apresentar conceitos como não determinismo, funcionamento de linguagens, funcionamento de gramáticas, gramática linear direita, gramáticas livres de contexto e funcionamento de pilhas também tiveram boas avaliações, mas com um pouco mais de divisão entre as avaliações obtidas. Podem à priori ser considerados como concluídos, mas os tópicos poderiam ser reforçados eventualmente em futuros ciclos da COMBO.
- Os objetivos de apresentar conceitos como gramáticas sensível ao contexto, hierarquia de Chomsky e funcionamento de máquinas de Turing precisam ser melhor trabalhados nos ciclos futuros, embora ainda tenha a maioria dos alunos atribuído notas 3 ou superiores.

Figura 59 – Avaliação dos alunos sobre a efetividade do jogo na abordagem de cada tópico.

Avaliação pessoal



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esse levantamento guiará trabalhos futuros e os objetivos dos próximos ciclos conforme a proposta da metodologia COMBO.

6.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o resultado do estudo de caso que aplicou o Jogo *Star Owners*, desenvolvido bom base na metodologia COMBO, em uma disciplina de graduação, a saber,

Teoria da Computação.

Os resultados obtidos foram apresentados em detalhes e discutidos de modo a se obter um conjunto de informações que apontam o uso de um jogo do tipo *serious game* como sendo atrativo e engajante.

Desta forma, pode-se afirmar que a metodologia COMBO atingiu o seu propósito original, que consiste na criação de jogos educacionais para o ensino superior em Computação, fornecendo assim uma orientação valiosa para projetos futuros na elaboração de jogos educacionais. O intuito é que a partir dessa ferramenta desenvolva-se jogos que se destaquem por sua ludicidade, eficácia, capacidade motivadora e facilidade de aplicação.

Ao analisar os feedbacks fornecidos pelos alunos e levar em consideração o tempo investido por eles, que excede significativamente o tempo inicialmente proposto para as atividades com jogos, conclui-se que ocorreu um aprendizado ativo. Esse processo resultou na transição da motivação extrínseca inicial para uma motivação intrínseca, impulsionada pelo engajamento proporcionado pelo jogo.

O próximo capítulo apresenta as contribuições, limitações, trabalhos futuros e conclusões.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusão

Os trabalhos e esforços apresentados neste documento possibilitaram o desenvolvimento de uma ferramenta versátil para a criação de *serious games* construtivistas, voltados ao ensino superior de Ciências de Computação, a metodologia COMBO. A partir dessa metodologia, o jogo *Star Owners* foi desenvolvido, tendo como foco o ensino de Teoria da Computação.

Por meio de uma meticulosa revisão da literatura, foram identificadas oportunidades e necessidades que guiaram os passos descritos nos ciclos de desenvolvimento da metodologia COMBO, abrangendo desde a concepção ideológica até a aplicação do jogo aos alunos.

Ao desenvolver o jogo e aplicá-lo em uma turma de alunos da disciplina Teoria da Computação, debateu-se e aprimorou-se continuamente a própria ferramenta. Essa abordagem permitiu a incorporação de novos passos e sugestões, ao mesmo tempo que serviu para verificar sua eficiência como guia para projetos de jogos, respeitando os princípios construtivistas e fortalecendo o processo de ensino.

O retorno dos alunos em relação à aplicação do *serious game* desenvolvido demonstrou uma alta aceitação e uma melhoria no aprendizado do ponto de vista dos alunos. Alguns dedicaram horas ao jogo, chegando a ultrapassar o tempo necessário para concluir as atividades obrigatórias. Além disso, muitos elogiaram o jogo por sua interatividade, intuitividade e eficácia no auxílio à compreensão de diversos tópicos complexos da disciplina.

O resultado observado no *feedback* automático auxiliou na identificação dos comportamentos previstos e inesperados, sendo a facilidade dessa automação outro ponto forte para a utilização da metodologia COMBO.

Por ser planejada de forma modular e bem documentada, essa metodologia permitiu uma alta versatilidade para a criação guiada do jogo, ao mesmo tempo que proporcionou um senso

claro e objetivo de orientação em cada um de seus ciclos.

Por manter uma abordagem cíclica, a metodologia COMBO preserva o ideal de continuidade do projeto, permitindo que essa continue a ser uma ferramenta auxiliar valiosa para atualizações e futuras aplicações do jogo *Star Owners*, conforme indicado na [Seção 7.3](#).

7.2 Limitações e Problemas Encontrados

Durante o desenvolvimento do jogo *Star Owners* e a aplicação das atividades com o jogo para com a turma, imprevistos e ocasiões indicaram adaptações que foram avaliados na metodologia COMBO e influenciou mudanças na sua forma. Um dos maiores dilemas encontrados foi o de desenvolver um método crítico e avaliativo do jogo, seu conteúdo e sua eficiência na aplicação.

Foi necessário fazer algumas concessões para com entregas dos alunos que não foram especificamente as acordadas, frente algumas colisões de datas, problemas nos envios, má interpretação justificada e ocorrência de *bugs* ou problemas de natureza dos aparelhos pessoais que os mesmos usaram para realizar a atividade.

Para as versões de celulares, alguns alunos informaram não terem conseguido extrair as tabelas “.csv”, sendo aceito, para efeito de atividade entregue, que os mesmos apenas comprassem seus feitos através de capturas de telas.

Na terceira onda, houve inicialmente baixo número na participação dos alunos por conta de falta de notificação e divulgação da data, dessa forma, o prazo para entrega foi estendido para essa onda.

A engine adotada para desenvolvimento do *Star Owners* precisou ser uma versão anterior a de 2020, pois as versões mais recentes e atualizadas não funcionaram no aparelho *Linux* utilizado para desenvolver o jogo.

Por falta de disponibilidade de aparelhos para testes, não foi possível verificar o correto funcionamento das versões dos jogos para *Apple* e *Ios*. Um alerta foi dado para os alunos sobre as possibilidades dessas versões não funcionarem corretamente, mas nenhum relato de mal funcionamento foi indicado.

Conforme indicado na [Seção 6.2](#), alguns erros de funcionamentos e *bugs* foram apontados pelos alunos, naturalmente serão estudados e corrigidos em versões posteriores.

De maneira a procurar unificar, à medida do possível, as experiências em diferentes plataformas e tentar mitigar futuros problemas referentes ao desempenho das máquinas pessoais de cada aluno, uma versão *web* do jogo está sendo estudada.

7.3 Trabalhos futuros

Com base nas sugestões propostas pelos alunos durante o passo de aplicação do jogo na sala de aula, que representa o último ciclo, os próximos ciclos da metodologia servem para readaptar o jogo de acordo com os resultados.

Tem-se como trabalhos futuros:

- melhorar o critério cooperação (engajamento segundo o *EGameFlow*);
- modificar os tutoriais;
- modificar a tela de fim de jogo;
- prover melhorias no terceiro mundo do jogo *Star Owners*;
- aplicar da mesma atividade em novas turmas, permitindo assim obter mais *feedbacks* e prover uma melhoria em aspectos que possam ter sido menosprezados;
- desenvolver novos projetos e jogos fazendo uso da COMBO de modo a permitir um comparativo efetivo da construção/desenvolvimento de diferentes jogos em diferentes áreas da Ciência da Computação;
- desenvolver uma plataforma interativa que consolide o processo de criação e aplicação desses jogos, voltada tanto para os professores quanto para os desenvolvedores como futuros usuários;
- elaborar uma estratégia de distribuição e disseminação eficiente do jogo e da metodologia;
- realizar um estudo elaborado dos dados obtidos a partir dos *feedbacks* automatizados preconizados pela COMBO;
- elaborar estratégias para a avaliação e coleta de *feedbacks* por parte do professor e do desenvolvedor

7.4 Publicação

A metodologia COMBO foi apresentada no Simpósio Brasileiro de Games de 2023, através do artigo intitulado "Star Owners: um modelo construtivista de desenvolvimento de *Serious Games* para jogo de ensino de Teoria da Computação".

Link para baixar o jogo *Star Owners*: [clique aqui](#)

Link para vídeo de demonstração do jogo *Star Owners*: [clique aqui](#)

REFERÊNCIAS

A., S.; BIJLANI, K.; JAYAKRISHNAN, R. An interactive serious game via visualization of real life scenarios to learn programming concepts. In: *2015 6th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–8. Citado na página 36.

ABIDIN, H. Z.; ZAMAN, F. K. Students' perceptions on game-based classroom response system in a computer programming course. In: **2017 IEEE 9th International Conference on Engineering Education (ICEED)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 254–259. Citado na página 41.

ADITYA, S. J.; SANTOSO, H. B.; ISAL, R. Y. K. Developing a game-based learning for branch and bound algorithm. In: **2019 International Conference on Advanced Computer Science and information Systems (ICACISIS)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 471–476. Citado nas páginas 47, 50, 53, 56, 65 e 80.

AGUIAR, B.; CORREIA, W.; CAMPOS, F. Uso da escala likert na análise de jogos. **Salvador: SBC-Proceedings of SBGames Anais**, v. 7, n. 2, 2011. Citado na página 77.

ARAGÃO, P. A. P.; SOUZA, R. C. G. de. Architectural diagram for educational games on agile methodologies. In: **2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6. Citado nas páginas 54, 57 e 60.

ASLAN, S.; BALCI, O. Gamed: digital educational game development methodology. **Simulation**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 91, n. 4, p. 307–319, 2015. Citado nas páginas 62, 69 e 74.

BAI, S.; HEW, K. F.; HUANG, B. Does gamification improve student learning outcome? evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. **Educational Research Review**, v. 30, p. 100322, 2020. ISSN 1747-938X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X19302908>>. Citado nas páginas 24, 25, 33, 37, 41, 54, 55, 56 e 65.

BAKER, A.; NAVARRO, E. O.; HOEK, A. V. D. An experimental card game for teaching software engineering processes. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 75, n. 1-2, p. 3–16, 2005. Citado na página 33.

BARRETO, F.; BENITTI, F.; SOMMARIVA, L. Evaluation of a game used to teach usability to undergraduate students in computer science. **Journal of Usability Studies**, v. 11, p. 21–39, 11 2015. Citado nas páginas 30, 47, 49, 52, 53, 54, 55 e 56.

BECKER, K.; PARKER, J. Serious instructional design: Id for digital simulations and games. In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF COMPUTING IN EDUCATION (AACE). **Society for Information Technology & Teacher Education International Conference**. [S.l.], 2012. p. 2480–2485. Citado na página 62.

- BONAR, J.; SOLOWAY, E. Uncovering principles of novice programming. In: **Proceedings of the 10th ACM SIGACT-SIGPLAN Symposium on Principles of Programming Languages**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1983. (POPL '83), p. 10–13. ISBN 0897910907. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/567067.567069>>. Citado na página 23.
- BORNA, K.; RAD, H. M. Serious games in computer science learning goals. In: **2018 2nd National and 1st International Digital Games Research Conference: Trends, Technologies, and Applications (DGRC)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 161–166. Citado nas páginas 24, 25 e 31.
- CALHEIROS, J.; SILVA, M. D. C. Q. D.; MACHADO, L. O. B. Aprendizagem cognitiva: uma habilidade para mudança do comportamento depressivo. 2010. Citado na página 35.
- CARNEIRO, L. de A.; RODRIGUES, W.; FRANÇA, G.; PRATA, D. N. Uso de tecnologias no ensino superior público brasileiro em tempos de pandemia covid-19. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e267985485–e267985485, 2020. Citado na página 23.
- CAULFIELD, C.; VEAL, D.; MAJ, S. Teaching software engineering project management—a novel approach for software engineering programs. 2011. Citado na página 33.
- CAVALCANTI, A. P.; BARBOSA, A.; CARVALHO, R.; FREITAS, F.; TSAI, Y.-S.; GAŠEVIĆ, D.; MELLO, R. F. Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, Elsevier, v. 2, p. 100027, 2021. Citado na página 77.
- COULL, N.; DUNCAN, I. Emergent requirements for supporting introductory programming. **Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences**, v. 10, 02 2011. Citado na página 23.
- DENNING, P. J. The profession of it beyond computational thinking. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 52, n. 6, p. 28–30, 2009. Citado na página 29.
- DÖRNER, R.; SPIERLING, U. Serious games development as a vehicle for teaching entertainment technology and interdisciplinary teamwork: Perspectives and pitfalls. In: **Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Serious Games**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (SeriousGames '14), p. 3–8. ISBN 9781450331210. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2656719.2656724>>. Citado nas páginas 53, 54 e 55.
- DRISCOLL, M. P. **Psychology of learning for instruction**. [S.l.]: Pearson Education, 2014. Citado na página 35.
- FREITAS, S. D.; JARVIS, S. A framework for developing serious games to meet learner needs. 2006. Citado nas páginas 60 e 61.
- FU, F.-L.; SU, R.-C.; YU, S.-C. Egameflow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. **Computers & Education**, v. 52, p. 101–112, 01 2009. Citado nas páginas 15, 78 e 149.
- GARDELI, A.; VOSINAKIS, S. Arquest: A tangible augmented reality approach to developing computational thinking skills. In: **2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–8. Citado na página 30.
- GREENBLAT, C. S. **Designing Games and Simulations. An Illustrated Handbook**. [S.l.]: JSTOR, 1988. Citado na página 61.

GREGIO, B. M. A. A informática na educação: As representações sociais e o grande desafio do professor frente ao novo paradigma educacional. **Revista Digital da CVA**, v. 2, n. 6, 2004. Citado na página 30.

HAKULINEN, L. Using serious games in computer science education. In: **Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2011. (Koli Calling '11), p. 83–88. ISBN 9781450310529. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2094131.2094147>>. Citado nas páginas 33, 34 e 35.

_____. Alternate reality games for computer science education. In: **Proceedings of the 13th Koli Calling International Conference on Computing Education Research**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (Koli Calling '13), p. 43–50. ISBN 9781450324823. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2526968.2526973>>. Citado nas páginas 47, 49, 50, 53 e 56.

HEIKKILÄ, V. T.; PAASIVAARA, M.; LASSENIUS, C. Teaching university students kanban with a collaborative board game. In: **Proceedings of the 38th international conference on software engineering companion**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 471–480. Citado na página 33.

HICKS, A. Towards social gaming methods for improving game-based computer science education. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (FDG '10), p. 259–261. ISBN 9781605589374. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1822348.1822386>>. Citado nas páginas 30, 47, 48, 53 e 55.

HSU, C.-C.; WANG, T.-I. Applying game mechanics and student-generated questions to an online puzzle-based game learning system to promote algorithmic thinking skills. **Computers & Education**, v. 121, p. 73–88, 2018. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131518300356>>. Citado nas páginas 29, 30, 47, 49, 52, 53, 54 e 55.

HUNG, W.; JONASSEN, D. H.; LIU, R. *et al.* Problem-based learning. **Handbook of research on educational communications and technology**, v. 3, n. 1, p. 485–506, 2008. Citado na página 35.

IGARASHI, M.; BRANDO, B. C.; PINTO, O.; ORMASTRONI, L. T. B. Jogo quiz educativo para aprendizagem sobre reciclagem e introdução a conceitos de programação. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 6, n. 1, p. 422. Citado na página 33.

JEMMALI, C.; KLEINMAN, E.; BUNIAN, S.; ALMEDA, M. V.; ROWE, E.; EL-NASR, M. S. Using game design mechanics as metaphors to enhance learning of introductory programming concepts. In: **Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (FDG '19). ISBN 9781450372176. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3337722.3341825>>. Citado nas páginas 35, 47, 49, 50, 51 e 53.

JOHNSON, C.; MCGILL, M.; BOUCHARD, D.; BRADSHAW, M. K.; BUCHELI, V. A.; MERKLE, L. D.; SCOTT, M. J.; SWEEDYK, Z.; VELÁZQUEZ-ITURBIDE, J. A.; XIAO, Z.; ZHANG, M. Game development for computer science education. In: **Proceedings of the 2016 ITiCSE Working Group Reports**. New York, NY, USA: Association for Computing

- Machinery, 2016. (ITicSE '16), p. 23–44. ISBN 9781450348829. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3024906.3024908>>. Citado nas páginas 25, 33, 34, 57, 64 e 66.
- KANNAPPAN, V. T.; FERNANDO, O. N. N.; CHATTOPADHYAY, A.; TAN, X.; HONG, J. Y. J.; SEAH, H. S.; LYE, H. E. La petite fee cosmo: Learning data structures through game-based learning. In: **2019 International Conference on Cyberworlds (CW)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 207–210. Citado nas páginas 24, 34, 35, 41, 47, 49 e 53.
- KARL, M. **KAPP, The Gamification of Learning and Instruction**. [S.l.]: Pfeiffer, 2012. Citado na página 41.
- KAZIMOGLU, C. Enhancing confidence in using computational thinking skills via playing a serious game: A case study to increase motivation in learning computer programming. **IEEE Access**, v. 8, p. 221831–221851, 2020. Citado nas páginas 47, 48, 52, 53, 54 e 55.
- KAZIMOGLU, C.; KIERNAN, M.; BACON, L.; MACKINNON, L. Learning programming at the computational thinking level via digital game-play. **Procedia Computer Science**, v. 9, p. 522–531, 2012. ISSN 1877-0509. Proceedings of the International Conference on Computational Science, ICCS 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050912001779>>. Citado nas páginas 24, 29, 30, 47, 48, 52, 53, 54 e 56.
- _____. A serious game for developing computational thinking and learning introductory computer programming. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 47, p. 1991–1999, 2012. ISSN 1877-0428. Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER-2012) North Cyprus, US08-10 February, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812026742>>. Citado nas páginas 23, 25, 29, 37, 47, 48, 53 e 56.
- KHEIRKHAHAZADEH, A.; SAUER, C.; FOTARIS, P. Practice makes perfect – gamification of a competitive learning experience. In: . [S.l.: s.n.], 2016. Citado na página 63.
- KINNUNEN, P.; MCCARTNEY, R.; MURPHY, L.; THOMAS, L. Through the eyes of instructors: a phenomenographic investigation of student success. In: **Proceedings of the third international workshop on Computing education research**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 61–72. Citado na página 30.
- KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. [S.l.], 2007. Disponível em: <https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf>. Citado na página 37.
- KRASSMANN, A. L.; PASCHOAL, L. N.; FALCADE, A.; MEDINA, R. D. Evaluation of game-based learning approaches through digital serious games in computer science higher education: A systematic mapping. In: **2015 14th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 43–51. Citado nas páginas 25, 26, 50, 54, 55, 56 e 60.
- LAHTINEN, E.; ALA-MUTKA, K.; JÄRVINEN, H.-M. A study of the difficulties of novice programmers. In: . [S.l.: s.n.], 2005. v. 37, p. 14–18. Citado na página 23.
- LEE, M. J.; KO, A. J.; KWAN, I. In-game assessments increase novice programmers' engagement and level completion speed. In: **Proceedings of the Arago Ninth Annual International ACM Conference on International Computing Education Research**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (ICER '13), p. 153–160. ISBN 9781450322430.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2493394.2493410>>. Citado nas páginas 47, 49, 52, 53, 54 e 55.

LEFFA, V.; BOHN, H.; DAMASCENO, V.; MARZARI, G. Quando jogar é aprender: o video-game na sala de aula. **Revista de Estudos da Linguagem**, v. 20, 06 2012. Citado nas páginas 33, 41 e 64.

LIANG, X.; XIAO, Y. Game theory for network security. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, IEEE, v. 15, n. 1, p. 472–486, 2012. Citado na página 32.

LIU, C.-C.; CHENG, Y.-B.; HUANG, C.-W. The effect of simulation games on the learning of computational problem solving. **Computers & Education**, v. 57, n. 3, p. 1907–1918, 2011. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131511000832>>. Citado nas páginas 25, 47, 48, 53, 56 e 65.

LONGSTREET, C. S.; COOPER, K. M. Developing a meta-model for serious games in higher education. In: **2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 684–685. Citado nas páginas 26, 35, 57, 60 e 64.

MACEDO, T. B.; CZELUSNIAK, R. Introdução ao desenvolvimento de motor gráfico 3d utilizando a api opengl. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Citado na página 32.

MACHADO, L.; MORAES, R.; NUNES, F.; COSTA, R. da. Serious games based on virtual reality in medical education. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, p. 254–262, 01 2011. Citado na página 24.

MALIK, S. I. Paper—comparison of e-learning, m-learning and game-based learning in programming education... comparison of e-learning, m-learning and game-based learning in programming education. In: . [S.l.: s.n.], 2020. Citado na página 31.

MALIK, S. I.; AL-EMRAN, M.; MATHEW, R.; TAWAFK, R.; ALFARSI, G. Comparison of e-learning, m-learning and game-based learning in programming education: A gendered analysis. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)**, v. 15, p. 133–146, 08 2020. Citado na página 30.

MALLIARAKIS, C.; SATRATZEMI, M.; XINOGALOS, S. A holistic framework for the development of an educational game aiming to teach computer programming. In: . [S.l.: s.n.], 2013. v. 1. Citado nas páginas 23, 25, 33, 54, 55, 57, 60, 61, 71 e 76.

MALONE, T. W. What makes things fun to learn? heuristics for designing instructional computer games. In: **Proceedings of the 3rd ACM SIGSMALL symposium and the first SIGPC symposium on Small systems**. [S.l.: s.n.], 1980. p. 162–169. Citado na página 64.

MARÍN, B.; FREZ, J.; CRUZ-LEMUS, J.; GENERO, M. An empirical investigation on the benefits of gamification in programming courses. **ACM Trans. Comput. Educ.**, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 19, n. 1, nov 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3231709>>. Citado na página 55.

MARQUES, B. R. C.; LEVITT, S. P.; NIXON, K. J. Software visualisation through video games. In: **Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. (SAICSIT '12), p. 206–215. ISBN 9781450313087. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2389836.2389861>>. Citado nas páginas 47, 48, 52, 53, 54, 55 e 56.

MASKELIUNAS, R.; KULIKAJEVAS, A.; BLAZAUSKAS, T.; DAMASEVICIUS, R.; SWACHA, J. An interactive serious mobile game for supporting the learning of programming in javascript in the context of eco-friendly city management. **Computers**, v. 9, p. 102, 12 2020. Citado nas páginas 24, 25, 30, 31, 48, 50, 52, 53 e 54.

MASSO, N.; GRACE, L. Shapemaker: A game-based introduction to programming. In: **2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 168–171. Citado nas páginas 47, 48, 52, 53, 54 e 56.

MAYER, I. Towards a comprehensive methodology for the research and evaluation of serious games. **Procedia Computer Science**, v. 15, p. 233–247, 2012. ISSN 1877-0509. 4th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications(VS-GAMES'12). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091200837X>>. Citado nas páginas 33, 56 e 67.

MILJANOVIC, M. A. Enhancing computer science education with adaptive serious games. In: **Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (ICER '19), p. 341–342. ISBN 9781450361859. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3291279.3339438>>. Citado na página 37.

MILJANOVIC, M. A.; BRADBURY, J. S. Robobug: A serious game for learning debugging techniques. In: **Proceedings of the 2017 ACM Conference on International Computing Education Research**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (ICER '17), p. 93–100. ISBN 9781450349680. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3105726.3106173>>. Citado nas páginas 47, 49, 50, 52, 53, 54 e 55.

_____. Gidgetml: An adaptive serious game for enhancing first year programming labs. In: **2020 IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 184–192. Citado nas páginas 30, 34, 48, 50, 52, 53, 54, 55 e 65.

MOSTAFA, M.; FARAGALLAH, O. S. Development of serious games for teaching information security courses. **IEEE Access**, v. 7, p. 169293–169305, 2019. Citado na página 55.

NETO, A. F.; TORNAGHI, A.; MEIRELLES, R.; BERÇOT, F.; XAVIER, L.; CASTRO, M.; ALVES, L. The use of computers in brazilian primary and secondary schools. **Computers & Education**, Elsevier, v. 53, n. 3, p. 677–685, 2009. Citado na página 30.

OBIKWELU, C.; READ, J. The serious game constructivist framework for children's learning. **Procedia Computer Science**, v. 15, p. 32–37, 12 2012. Citado na página 36.

OLIVEIRA, H. C. de; HOUNSELL, M. da S.; GASPARINI, I. Uma metodologia participativa para o desenvolvimento de jogos sérios. **Proceedings do XV SBGames–Trilha Artes e Design-Full Papers**, 2016. Citado na página 62.

PANTOJA, J. I. d. Q. Estudo comparativo de motores de jogos no desenvolvimento de jogo 2d para web. 2022. Citado na página 32.

PAPASTERGIOU, M. Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. **Computers & Education**, v. 52, n. 1, p. 1–12, 2009. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131508000845>>. Citado na página 25.

- PASPALLIS, N.; KASENIDES, N.; PIKI, A. A software architecture for developing distributed games that teach coding and algorithmic thinking. In: IEEE. **2022 IEEE 46th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)**. [S.l.], 2022. p. 101–110. Citado nas páginas 48, 50 e 53.
- PELLAS, N.; VOSINAKIS, S. How can a simulation game support the development of computational problem-solving strategies? In: **2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1129–1136. Citado nas páginas 34, 54, 57 e 61.
- PIEPER, J.; LUETH, O.; GOEDICKE, M.; FORBRIG, P. A case study of software engineering methods education supported by digital game-based learning: Applying the semat essence kernel in games and course projects. In: **2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1689–1699. Citado nas páginas 47, 49, 52, 53, 54, 55 e 56.
- PRENSKY, M. Digital game-based learning. **Computers in Entertainment (CIE)**, ACM New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 21–21, 2003. Citado nas páginas 33 e 64.
- RAABE, A.; ZANCHETT, G.; VAHLIDICK, A. Jogos de programar como uma abordagem para os primeiros contatos dos estudantes com a programação. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2015. v. 4, n. 1, p. 1485. Citado na página 30.
- ROCHA, R. V. d. Metodologia iterativa e modelos integradores para desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação de desempenho humano. Universidade Federal de São Carlos, 2014. Citado nas páginas 61 e 62.
- RODRIGUES, H. F.; MACHADO, L. d. S.; VALENÇA, A. M. G. Definição e aplicação de um modelo de processo para o desenvolvimento de serious games na área de saúde. In: **Proc. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação-Workshop de Informática Médica**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1532–1541. Citado na página 61.
- SALEH, N.; PRAKASH, E.; MANTON, R. Measuring student acceptance of game based learning for game and technology education curriculum development. In: **2014 International Conference on Education Technologies and Computers (ICETC)**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 79–85. Citado na página 31.
- SALES, A. B. de; ANTUNES, J. G. Evaluation of educational games usage satisfaction. In: **2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6. Citado nas páginas 23, 37, 53 e 54.
- SARAIVA, K.; TRAVERSINI, C. S.; LOCKMANN, K. A educação em tempos de covid-19: ensino remoto e exaustão docente. **Práxis educativa. Ponta Grossa, PR. Vol. 15 (2020), e2016289, p. 1-24**, 2020. Citado na página 23.
- SHABANAH, S.; CHEN, J. X. Simplifying algorithm learning using serious games. In: **Proceedings of the 14th Western Canadian Conference on Computing Education**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. (WCCCE '09), p. 34–41. ISBN 9781605584157. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1536274.1536286>>. Citado nas páginas 47, 48, 53, 57 e 61.
- SHAHID, M.; WAJID, A.; HAQ, K. U.; SALEEM, I.; SHUJJA, A. H. A review of gamification for learning programming fundamental. In: **2019 International Conference on Innovative Computing (ICIC)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–8. Citado nas páginas 25, 54, 55, 59 e 64.

- SOUZA, M.; VEADO, L.; MOREIRA, R. T.; FIGUEIREDO, E.; COSTA, H. A systematic mapping study on game-related methods for software engineering education. **Information and Software Technology**, v. 95, p. 201–218, 2018. ISSN 0950-5849. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584917303518>>. Citado nas páginas 32, 33 e 54.
- SOUZA, M. R. D. A.; VEADO, L. F.; MOREIRA, R. T.; FIGUEIREDO, E. M. L.; COSTA, H. A. X. Games for learning: bridging game-related education methods to software engineering knowledge areas. In: **2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training Track (ICSE-SEET)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 170–179. Citado nas páginas 54, 55 e 56.
- STEINMAURER, A.; ECKHARD, D.; DREVENY, J.; GÜTL, C. Developing and evaluating a multiplayer game mode in a programming learning environment. In: IEEE. **2022 8th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)**. [S.l.], 2022. p. 1–8. Citado nas páginas 48, 50 e 53.
- STEINMAURER, A.; TILANTHE, A. K.; GÜTL, C. Designing and developing a learning analytics platform for the coding learning game school. In: **Interactive Mobile Communication, Technologies and Learning**. [S.l.]: Springer, 2021. p. 547–558. Citado nas páginas 48, 50 e 53.
- STOKES, B. Videogames have changed: time to consider 'serious games'? **Development Education Journal**, v. 11, p. 12, 01 2005. Citado na página 31.
- SULLIVAN, J. R.; WU, T.; HERMAN, W. E.; KIKER, K.; OGG, J. A.; FEFER, S. A.; MOORE, M. Vygotsky's social development theory. encyclopedia of child behavior and development. p. 1550–1550, 2011. Citado na página 35.
- TEKINBAS, K. S.; ZIMMERMAN, E. **Rules of play: Game design fundamentals**. [S.l.]: MIT press, 2003. Citado na página 60.
- TERRAZZAN, E. A. Inovação escolar e pesquisa sobre formação de professores. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras, p. 145–192, 2007. Citado na página 23.
- TODA, A. M.; VALLE, P. H.; ISOTANI, S. The dark side of gamification: An overview of negative effects of gamification in education. In: SPRINGER. **Researcher links workshop: higher education for all**. [S.l.], 2017. p. 143–156. Citado na página 33.
- TOPALLI, D.; CAGILTAY, N. E. Improving programming skills in engineering education through problem-based game projects with scratch. **Computers & Education**, v. 120, p. 64–74, 2018. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131518300113>>. Citado nas páginas 23 e 55.
- TRIGUEIRA-JR, J.; MOTTA, R. Short game design document (sgdd) documento de game design aplicado a jogos de pequeno porte e advergames um estudo de caso do advergamen rockergirl bikeway. **SBC-Proceedings of SBGames**, p. 115–121, 2013. Citado nas páginas 32 e 33.
- TROYER, O. D.; LINDBERG, R.; MAUSHAGEN, J.; SAJJADI, P. Development and evaluation of an educational game to practice the truth tables of logic. In: **2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)**. [S.l.: s.n.], 2019. v. 2161-377X, p. 92–96. Citado nas páginas 47, 50, 52, 53, 54 e 55.

- TSALIKIDIS, K.; PAVLIDIS, G. jlegends: Online game to train programming skills. In: **2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems Applications (IISA)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–6. Citado nas páginas 30, 47, 49, 53 e 69.
- ULLAH, M.; AMIN, S. U.; MUNSIF, M.; SAFAEV, U.; KHAN, H.; KHAN, S.; ULLAH, H. Serious games in science education. a systematic literature review. **Virtual Reality & Intelligent Hardware**, Elsevier, v. 4, n. 3, p. 189–209, 2022. Citado na página 54.
- VAHLDICK, A.; MENDES, A.; MARCELINO, M. Analysing the enjoyment of a serious game for programming learning with two unrelated higher education audiences. In: . [S.l.: s.n.], 2015. Citado nas páginas 34, 41, 47, 49, 51, 52, 53 e 56.
- VAHLDICK, A.; MENDES, A. J.; MARCELINO, M. J. Towards a constructionist serious game engine. In: **Proceedings of the 17th International Conference on Computer Systems and Technologies 2016**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (CompSysTech '16), p. 361–368. ISBN 9781450341820. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2983468.2983526>>. Citado nas páginas 36 e 64.
- VALADARES, J. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p. 36–57, 2011. Citado na página 35.
- WASSILA, D.; TAHAR, B. Using serious game to simplify algorithm learning. In: **International Conference on Education and e-Learning Innovations**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–5. Citado nas páginas 23, 24, 25, 31, 33, 34, 47, 48, 53, 57 e 70.
- WEINTROP, D.; WILENSKY, U. Redefining constructionist video games: Marrying constructivism and video game design. In: . [S.l.: s.n.], 2012. Citado na página 36.
- WERBACH, K.; HUNTER, D.; DIXON, W. **For the win: How game thinking can revolutionize your business**. [S.l.]: Wharton digital press Philadelphia, 2012. v. 1. Citado na página 24.
- WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006. Citado na página 29.
- WONG, Y. S.; HAYATI, I. M.; YATIM, M.; HOE, T. W. A propriety game based learning mobile game to learn object-oriented programming — odyssey of phoenix. In: **2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 426–431. Citado nas páginas 33, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 63 e 64.
- WONG, Y. S.; YATIM, M. H. M. A propriety multiplatform game-based learning game to learn object-oriented programming. In: **2018 7th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 278–283. Citado nas páginas 47, 49, 50, 52, 53, 54 e 55.
- WU, W.-H.; CHIOU, W.-B.; KAO, H.-Y.; Alex Hu, C.-H.; HUANG, S.-H. Re-exploring game-assisted learning research: The perspective of learning theoretical bases. **Computers & Education**, v. 59, n. 4, p. 1153–1161, 2012. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131512001248>>. Citado nas páginas 24, 30, 31 e 35.
- YUSOFF, A.; CROWDER, R.; GILBERT, L.; WILLS, G. A conceptual framework for serious games. In: IEEE. **2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies**. [S.l.], 2009. p. 21–23. Citado na página 60.

ZAMBON, C.; THIRY, M. Ludic practices to support the development of software engineering educational games: A systematic review. In: **2018 XLIV Latin American Computer Conference (CLEI)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 794–802. Citado nas páginas [54](#) e [57](#).

ZHAN, Z.; HE, L.; TONG, Y.; LIANG, X.; GUO, S.; LAN, X. The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, Elsevier, p. 100096, 2022. Citado na página [54](#).

QUESTIONÁRIO EGAMEFLOW

Tabela 16 – Escalada do EGameFlow de acordo com Fu, Su e Yu (2009).

Fator	Conteúdo
Concentração	<ul style="list-style-type: none"> - O jogo atrai a minha atenção. - O jogo fornece conteúdo que estimula a minha atenção. - A maioria das atividades de jogo está relacionada à tarefa de aprendizado. - Nenhuma distração da tarefa é destacada. - Em termos gerais, consigo permanecer concentrado no jogo. - Não sou distraído por tarefas nas quais o jogador deve se concentrar. - Não sou sobrecarregado com tarefas que parecem não relacionadas. - A carga de trabalho no jogo é adequada.
Clareza de objetivo	<ul style="list-style-type: none"> - No geral, os objetivos do jogo foram apresentados no início do jogo. - No geral, os objetivos do jogo foram apresentados de forma clara. - Os objetivos intermediários foram apresentados no início de cada cena. - Os objetivos intermediários foram apresentados de forma clara. - Eu compreendo os objetivos de aprendizado por meio do jogo adequadamente.

<i>Feedback</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Eu recebo feedback sobre o meu progresso no jogo. - Eu recebo feedback imediato sobre as minhas ações. - Sou notificado imediatamente de novas tarefas. - Sou notificado imediatamente de novos eventos. - Eu recebo informações sobre o meu sucesso (ou fracasso) em objetivos intermediários imediatamente. - Eu recebo informações sobre o meu status, como pontuação ou nível adequadamente.
<i>Desafio</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Eu aproveito o jogo sem me sentir entediado ou ansioso. - O desafio é adequado, nem muito difícil nem muito fácil. - O jogo fornece "dicas" em texto que me ajudam a superar os desafios. - O jogo fornece suporte online que me ajuda a superar os desafios. - O jogo fornece auxílios em vídeo ou áudio que me ajudam a superar os desafios. - Minha habilidade melhora gradualmente ao longo da superação dos desafios. - Sou incentivado pela melhoria das minhas habilidades. - A dificuldade dos desafios aumenta à medida que minhas habilidades melhoram. - O jogo apresenta novos desafios com um ritmo apropriado. - O jogo oferece diferentes níveis de desafios que se adaptam a diferentes jogadores.
<i>Autonomia</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Eu sinto um senso de controle sobre o menu (como iniciar, parar, salvar, etc.). - Eu sinto um senso de controle sobre as ações de papéis ou objetos. - Eu sinto um senso de controle sobre as interações entre papéis ou objetos. - O jogo não permite que os jogadores cometam erros a ponto de não conseguirem progredir no jogo. - O jogo apoia minha recuperação de erros. - Eu sinto que posso usar estratégias livremente. - Eu sinto um senso de controle e impacto sobre o jogo. - Eu conheço o próximo passo no jogo. - Eu sinto um senso de controle sobre o jogo.

Imersão	<ul style="list-style-type: none"> - Eu esqueço o tempo passando enquanto jogo o jogo. - Eu fico inconsciente do meu entorno enquanto jogo o jogo. - Eu esqueço temporariamente as preocupações sobre a vida cotidiana enquanto jogo o jogo. - Eu experimento uma sensação alterada de tempo. - Eu posso me envolver no jogo. - Eu me sinto emocionalmente envolvido no jogo. - Eu me sinto visceralmente envolvido no jogo.
Iteração social	<ul style="list-style-type: none"> - Eu sinto cooperação em relação aos outros colegas. - Eu colaboro fortemente com outros colegas. - A cooperação no jogo é benéfica para o aprendizado. - O jogo apoia a interação social entre os jogadores (bate-papo, etc.). - O jogo apoia comunidades dentro do jogo. - O jogo apoia comunidades fora do jogo.
Melhoria no conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> - O jogo aumenta o meu conhecimento. - Eu entendo as ideias básicas do conhecimento ensinado. - Eu tento aplicar o conhecimento no jogo. - O jogo motiva o jogador a integrar o conhecimento ensinado. - Eu quero saber mais sobre o conhecimento ensinado.

ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 1

Tabela 17 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 1.

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1	ciclo 1	a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1	ciclo 1	D
Não determinismo	ciclo 1		E
Expressões regulares	ciclo 1		
Funcionamento de linguagens	ciclo 1		
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1		
Símbolos terminais	ciclo 1	ciclo 1	
Símbolos não terminais	ciclo 1	ciclo 1	
Gramática linear direita	ciclo 1		
Gramática livre de contexto	ciclo 1		
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1		
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1		
Máquina de Mealy	ciclo 1		
Máquina de Moore	ciclo 1		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 18 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 1.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 19 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 1.

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade

Fonte: o autor.

ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 2

Tabela 20 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 2.

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1	ciclo 1	a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1	ciclo 1	D
Não determinismo	ciclo 1		E
Expressões regulares	ciclo 1		
Funcionamento de linguagens	ciclo 1		
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1		
Símbolos terminais	ciclo 1	ciclo 1	f
Símbolos não terminais	ciclo 1	ciclo 1	g
Gramática linear direita	ciclo 1		
Gramática livre de contexto	ciclo 1		
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1		
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1		
Máquina de Mealy	ciclo 1		
Máquina de Moore	ciclo 1		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 21 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 2.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
O jogador tenta resolver tudo de última hora, montando o caminho justo antes do processamento da cadeia	A lógica de autômato não é usada	A evolução do nível inviabiliza essa estratégia	Não feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	Fases iniciais instrutivas e mais apelos visuais	Não feita

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 22 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 2.

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade
2	Possível indisponibilidade por conta de saúde A depuração pode apontar para novos erros

Fonte: o autor.

ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 3

Tabela 23 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 3.

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1		a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1		D
Não determinismo	ciclo 1		E
Expressões regulares	ciclo 1		
Funcionamento de linguagens	ciclo 1		
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1		
Símbolos terminais	ciclo 1		f
Símbolos não terminais	ciclo 1		g
Gramática linear direita	ciclo 1		
Gramática livre de contexto	ciclo 1		
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1		
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1		
Máquina de Mealy	ciclo 1		
Máquina de Moore	ciclo 1		
Autômato de pilhas	ciclo 3		
Máquina de Turing	ciclo 3		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 24 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 3.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
O jogador tenta resolver tudo de última hora, montando o caminho justo antes do processamento da cadeia	A lógica de autômato não é usada	A evolução do nível inviabiliza essa estratégia	Não feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	Fases iniciais instrutivas e mais apelos visuais	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	String em forma de pilha de cartas (mantidas na lateral)	Não feita
Problema na identificação de caminhos	O jogador não entende como funciona as regras de transição	Mais apelos visuais	Não feita

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 25 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 3.

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade
2	Possível indisponibilidade por conta de saúde A depuração pode apontar para novos erros
3	O prazo pode ser apertado para as novas proposta A adaptação para jogo das novas propostas pode não ser funcional A depuração apontou para necessidades de mudanças

Fonte: o autor.

ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 4

Tabela 26 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 4.

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1	ciclo 1	a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1	ciclo 1	D
Não determinismo	ciclo 1		E
Expressões regulares	ciclo 1		
Funcionamento de linguagens	ciclo 1		
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1		
Símbolos terminais	ciclo 1	ciclo 1	f
Símbolos não terminais	ciclo 1	ciclo 1	g
Gramática linear direita	ciclo 1		
Gramática livre de contexto	ciclo 1		
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1		
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1		
Máquina de Mealy	ciclo 1		
Máquina de Moore	ciclo 1		
Autômato de pilhas	ciclo 3		
Máquina de Turing	ciclo 3		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 27 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 4.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
O jogador tenta resolver tudo de última hora, montando o caminho justo antes do processamento da cadeia	A lógica de autômato não é usada	A evolução do nível inviabiliza essa estratégia	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	Fases iniciais instrutivas e mais apelos visuais	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	String em forma de pilha de cartas (mantidas na lateral)	Feita
Problema na identificação de caminhos	O jogador não entende como funciona as regras de transição	Mais apelos visuais	Precisa adaptar

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 28 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 4.

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade
2	Possível indisponibilidade por conta de saúde A depuração pode apontar para novos erros
3	O prazo pode ser apertado para as novas proposta A adaptação para jogo das novas propostas pode não ser funcional A depuração apontou para necessidades de mudanças
4	O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega A reunião com os professores podem redirecionar as prioridades das atividades seguintes

Fonte: o autor.

ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 5

Tabela 29 – Estado da tabela de Montagem até o ciclo 5.

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1	ciclo 1	a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1	ciclo 1	D
Não determinismo	ciclo 1		E
Expressões regulares	ciclo 1		
Funcionamento de linguagens	ciclo 1		
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1		
Símbolos terminais	ciclo 1	ciclo 1	f
Símbolos não terminais	ciclo 1	ciclo 1	g
Gramática linear direita	ciclo 1		
Gramática livre de contexto	ciclo 1		
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1		
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1		
Máquina de Mealy	ciclo 1		
Máquina de Moore	ciclo 1		
Autômato de pilhas	ciclo 3		
Máquina de Turing	ciclo 3		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 30 – Estado da tabela de Imprevistos até o ciclo 5.

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
O jogador tenta resolver tudo de última hora, montando o caminho justo antes do processamento da cadeia	A lógica de autômato não é usada	A evolução do nível inviabiliza essa estratégia	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	Fases iniciais instrutivas e mais apelos visuais	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	String em forma de pilha de cartas (mantidas na lateral)	Feita
Problema na identificação de caminhos	O jogador não entende como funciona as regras de transição	Mais apelos visuais	Feita

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 31 – Estado da tabela de Riscos até o ciclo 5.

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade
2	Possível indisponibilidade por conta de saúde A depuração pode apontar para novos erros
3	O prazo pode ser apertado para as novas proposta A adaptação para jogo das novas propostas pode não ser funcional A depuração apontou para necessidades de mudanças
4	O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega A reunião com os professores podem redirecionar as prioridades das atividades seguintes
5	As propostas dos professores precisam ser estudadas O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega

Fonte: o autor.

ARTEFATOS PRODUZIDOS NO CICLO 6

Tabela 32 – Estado da tabela de Montagem até o .

Objetivo	Elaboração	Desenvolvimento	Ativo (rótulos)
Funcionamento de autômatos finitos	ciclo 1	ciclo 1	a, b, d, e, A, B, C, D, E
Determinismo	ciclo 1	ciclo 1	D
Não determinismo	ciclo 1		E (descartado)
Expressões regulares	ciclo 1		descartado
Funcionamento de linguagens	ciclo 1		K
Funcionamento de gramáticas	ciclo 1		L
Símbolos terminais	ciclo 1	ciclo 1	f
Símbolos não terminais	ciclo 1	ciclo 1	g
Gramática linear direita	ciclo 1		n, K, L
Gramática livre de contexto	ciclo 1		o, K, L
Gramáticas sensíveis ao contexto	ciclo 1		p, L
Hierarquia de Chomsky (para linguagens e não para gramáticas)	ciclo 1		n, o, p
Máquina de Mealy	ciclo 1		descartado
Máquina de Moore	ciclo 1		descartado
Autômato de pilhas	ciclo 3		h, i, j, o
Máquina de Turing	ciclo 3		k, l, m, p, G, H, I, J

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 33 – Estado da tabela de Imprevistos até o .

Descrição	Impacto	Ação	Elaboração
O jogador tenta resolver tudo de última hora, montando o caminho justo antes do processamento da cadeia	A lógica de autômato não é usada	A evolução do nível inviabiliza essa estratégia	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	Fases iniciais instrutivas e mais apelos visuais	Feita
A identificação das regras e mecânicas não é imediata	O jogador não entende o jogo	String em forma de pilha de cartas (mantidas na lateral)	Feita
Problema na identificação de caminhos	O jogador não entende como funciona as regras de transição	Mais apelos visuais	Feita

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 34 – Estado da tabela de Riscos até o .

Ciclo	Principais risco
1	A programação pode ser complexa A ferramenta no linux pode apresentar problemas de incompatibilidade
2	Possível indisponibilidade por conta de saúde A depuração pode apontar para novos erros
3	O prazo pode ser apertado para as novas proposta A adaptação para jogo das novas propostas pode não ser funcional A depuração apontou para necessidades de mudanças
4	O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega A reunião com os professores podem redirecionar as prioridades das atividades seguintes
5	As propostas dos professores precisam ser estudadas O prazo pode ser apertado para o que se propõe entrega
6	A entrega final precisa ser estabelecida

Fonte: o autor.

