



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HENRIQUE CRISTOVÃO DE SOUZA

**INCLUSÃO DO MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES
NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM
APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS
EDUCACIONAIS: UM ESTUDO DE CASO DE
LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS**

LONDRINA

2023

HENRIQUE CRISTOVÃO DE SOUZA

**INCLUSÃO DO MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES
NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM
APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS
EDUCACIONAIS: UM ESTUDO DE CASO DE
LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Alan Salvany Felinto

LONDRINA

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

H519i de Souza, Henrique Cristovão.
Inclusão do modelo MDA baseado em emoções no processo de avaliação de aprendizagem aplicado ao desenvolvimento de jogos educacionais : um estudo de caso de Linguagens Formais e Autômatos / Henrique Cristovão de Souza. - Londrina, 2024.
93 f. : il.

Orientador: Alan Salvany Felinto.
Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Modelo MDA - Tese. 2. Linguagens formais e autômatos - Tese. 3. Jogos Educacionais - Tese. 4. Emoções - Tese. I. Felinto, Alan Salvany. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDU 519

HENRIQUE CRISTOVÃO DE SOUZA

**INCLUSÃO DO MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES
NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM
APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS
EDUCACIONAIS: UM ESTUDO DE CASO DE
LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Ciência da Computação da
Universidade Estadual de Londrina para ob-
tenção do título de Mestre em Ciência da
Computação.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof(a). Dr(a). Alan Salvany
Felinto
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Wesley Attrot
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 31 de Agosto de 2023.

*Este trabalho é dedicado à minha família,
meus amigos e professores, que sempre me
apoiaram e me incentivaram durante a
minha graduação.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Alan Salvany Felinto, por ter me aceitado como seu orientando, e me auxiliado na confecção deste trabalho. Também gostaria de agradecer ao Prof. Maurílio Martins Campano Junior, por ter auxiliado na pesquisa e na elaboração do projeto do jogo educacional. Além disso, gostaria de agradecer aos meus pais, que sempre me apoiaram durante a minha graduação, me motivando a não desistir e alcançar meus objetivos. Também gostaria de agradecer os meus colegas do curso de Ciência da Computação, por me acompanhar nessa jornada e me auxiliar nas dificuldades encontradas durante o curso. Por fim, gostaria de agradecer a instituição da Universidade Estadual de Londrina, e os professores de Ciência da Computação, por tornarem esse trabalho possível.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo, mas transformai-vos pela renovação da mente, a fim de distinguir qual é a vontade de Deus: o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2))*

SOUZA, HENRIQUE C. **Inclusão do modelo MDA baseado em emoções no processo de avaliação de aprendizagem aplicado ao desenvolvimento de jogos educacionais: Um estudo de caso de Linguagens Formais e Autômatos.** 2023. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

Jogos educacionais são ferramentas de ensino que proporcionam uma alternativa mais lúdica e interativa de transmitir um conteúdo pedagógico. As emoções possuem um papel único nas motivações e no incentivo ao aprendizado e, portanto, é importante levá-las em consideração durante o processo de desenvolvimento de jogos educacionais, a fim de promover experiências significativas que possam ter um impacto positivo no processo de aprendizagem do usuário. Sendo assim, é possível aliar o modelo de desenvolvimento de jogos MDA às emoções, buscando promover experiências significativas com jogos educacionais.

Jogos educacionais possuem o objetivo de auxiliar o processo de aprendizagem de algum conteúdo pedagógico específico e portanto, é recomendado que sejam realizadas avaliações de aprendizado ao longo do uso da ferramenta. Oliveira afirma que o processo de avaliação costuma ser negligenciado, ou realizado posteriormente ao contato do aluno com a ferramenta.

Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo realizar uma adaptação do modelo MDA aliado às emoções e aos processos de avaliação de aprendizagem, a fim de construir um guia de desenvolvimento de jogos educacionais que forneça experiências significativas, e seja capaz de avaliar aspectos pedagógicos, de forma qualitativa e quantitativa, durante a experiência do usuário com o jogo educacional. Para isso, foi realizado um estudo de caso na disciplina de Linguagens Formais e Autômatos, mais especificamente, Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos, visando incluir o modelo MDA, as emoções e os conceitos de avaliação de aprendizagem em um jogo educacional.

Palavras-chave: jogos, educação, avaliação, linguagens formais e autômatos, modelo MDA, emoções, mecânicas, dinâmicas, estéticas

SOUZA, HENRIQUE C. **Inclusion of the emotion-based MDA model in the learning evaluation methods applied to educational game development process: case study in Formal Languages and Automata Theory subject.** 2023. 93p. Master's Thesis (Master in Science in Computer Science) – State University of Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

Educational games are teaching tools that provide a more playful and interactive alternative to convey pedagogical content. Emotions play a unique role in motivating and encouraging learning and, therefore, it is important to take them into consideration during the development process of educational games in order to promote meaningful experiences that can have a positive impact on the user's learning process. Thus, it is possible to ally the MDA game development model to emotions, seeking to promote meaningful experiences with educational games.

Educational games have the goal of helping in the learning process of some specific pedagogical content and, therefore, it is recommended that learning evaluations are performed throughout the use of the tool. Oliveira states that the evaluation process is usually neglected, or performed after the student's contact with the tool.

Thus, this work aims to make an adaptation of the MDA framework allied to emotions and learning evaluation processes, in order to build a development guide of educational games, that offers meaningful experiences, and is can assess pedagogical aspects in a qualitative and quantitative manner, throughout the user's experience with the educational game. For this, a case study was carried out on the subject of Formal Languages and Automata Theory, more specifically, Deterministic Regular Languages and Finite Automata, aiming to include the MDA framework, emotions, and the concepts of learning evaluation in an educational game.

Keywords: *games, education, evaluation, formal languages and automata theory, MDA model, emotions, mechanics, dynamics, aesthetics*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo de experiências no modelo MDA entre o game designer e o jogador. Fonte: O autor.	35
Figura 2 – Estrutura do modelo de avaliação de jogos educacionais. Fonte: Berna- ert [1].	40
Figura 3 – Fatores de qualidade do modelo MEEGA+. Fonte: Petri [2].	41
Figura 4 – Tabela da Hierarquia de Chomsky. Fonte: O autor.	48
Figura 5 – Representação do autômato de estados possíveis de um boleto. Fonte: O autor.	49
Figura 6 – Representação do autômato do exemplo. Fonte: O autor.	51
Figura 7 – Exemplo de um design de nível do jogo educacional <i>Castaways</i> . Fonte: O autor.	55
Figura 8 – a) Jogador utilizando ferramenta. b) Jogador andando ao redor do am- biente. c) Jogador inserindo itens em uma caixa para enviar aos demais náufragos. d) Jogador levantando-se após o início do jogo. Fonte: O autor.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM <i>GAME CONCEPT</i> . FONTE: [3, 4].	38
Tabela 2	–	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM GDD. FONTE: [5].	39
Tabela 3	–	FUNCIONALIDADES DO FRAMEWORK PROPOSTO POR JUNIOR. FONTE: JUNIOR [6].	43
Tabela 4	–	COMPARAÇÃO DOS TRABALHOS RELACIONADOS. FONTE: O AUTOR.	45
Tabela 5	–	CATEGORIZAÇÃO DAS EMOÇÕES NO MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES. FONTE: O AUTOR.	61
Tabela 6	–	DADOS COLETADOS PARA A AVALIAÇÃO FORMATIVA NOS NÍVEIS DA SEGUNDA E TERCEIRA FASES DO JOGO <i>CASTAWAYS</i> . FONTE: O AUTOR.	73
Tabela 7	–	RESUMO DO GUIA PARA INCLUSÃO DE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE APRENDIZA- GEM NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS EDUCACIONAIS. FONTE: O AUTOR.	76
Tabela 8	–	UNIÃO DOS DADOS COLETADOS PARA A AVALIAÇÃO FORMATIVA COM O MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES. FONTE: O AUTOR.	78
Tabela 9	–	Elementos de arte, som, programação e emoção extraídos do GDD do protótipo <i>Castaways</i> . Fonte: o autor.	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARCS	Atenção, Relevância, Confiança, Satisfação
AFD	Autômatos Finitos Determinísticos
AFND	Autômatos Finitos Não Determinísticos
ARCS	Atenção, Relevância, Confiança, Satisfação
GDD	<i>Game Design Document</i>
MDA	<i>Mechanics-Dynamics-Aesthetics</i>
MEEGA+	<i>Model for the Evaluation of Educational Games</i> (Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais)
MT	Máquina de Turing
NP	Não-Pago
PG	Pago
V	Vencido
UI	<i>User Interface</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1	Tipos de avaliação de aprendizagem	29
2.1.1	Avaliação Diagnóstica	29
2.1.2	Avaliação Formativa	30
2.1.3	Avaliação Somativa	30
2.2	Emoções Humanas	30
2.2.1	Curiosidade	31
2.2.2	Medo	31
2.2.3	Frustração	31
2.2.4	Alívio	32
2.2.5	Contentamento	32
2.2.6	Triunfo	32
2.2.7	Surpresa	32
2.2.8	Admiração	33
2.2.9	Entusiasmo	33
2.2.10	Divertimento	33
2.2.11	Naches	33
2.2.12	Espanto	33
2.2.13	Schadenfreude	34
2.2.14	Raiva	34
2.3	O modelo MDA	34
2.4	O gênero de jogos de Quebra-Cabeça e Sobrevivência	36
2.5	O processo de documentação de jogos	37
2.5.1	<i>Game Concept</i>	37
2.5.2	<i>Game Design Document (GDD)</i>	38
2.6	Trabalhos relacionados	39
3	CONCEITOS BÁSICOS DE LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS	47
3.1	Alfabeto/Linguagem	47
3.2	Representação de Máquina de Estados Finitos	49
3.3	Descrição formal de um Autômato Finito Determinístico	50
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53

5	CASTAWAYS: UM ESTUDO DE CASO EM LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS	55
5.1	O conceito do jogo	55
5.2	A aplicação do conteúdo proposto no conceito do jogo	56
5.3	A estrutura do jogo	56
6	ANÁLISE E RESULTADOS	59
6.1	Inclusão dos tipos de avaliação em jogos educacionais	59
6.2	Categorização de emoções	60
6.3	Planejamento de um jogo educacional	62
6.3.1	O conteúdo	62
6.3.2	A transmissão do conteúdo através de mecânicas	62
6.3.3	A definição das propriedades do jogo	63
6.3.4	Propriedades do <i>Game Concept</i>	64
6.3.4.1	Descrição do jogo	64
6.3.4.2	Premissa	65
6.3.4.3	Motivação do jogador	65
6.3.4.4	Diferencial	65
6.3.4.5	Público-alvo	65
6.3.4.6	Gênero	66
6.3.4.7	Classificação etária	66
6.3.4.8	Plataforma e requisitos de hardware	66
6.3.4.9	Licença	66
6.3.4.10	Análise competitiva	66
6.3.4.11	Storyboard	67
6.3.5	Propriedades do GDD	67
6.3.5.1	Identidade	67
6.3.5.2	Descrição da mecânica principal	67
6.3.5.3	Características	67
6.3.5.4	Arte	68
6.3.5.5	Trilha sonora	68
6.3.5.6	Interface/Controles	68
6.3.5.7	Dificuldades	69
6.3.5.8	Personagem	69
6.3.5.9	Cronograma	69
6.3.5.10	Definições gerais	69
6.4	O processo de desenvolvimento	69
6.5	A implementação dos métodos de avaliação em um jogo educacional	71
6.5.1	Avaliação Diagnóstica	71

6.5.2	Avaliação Formativa	71
6.5.3	Avaliação Somativa	74
6.5.4	União dos métodos de avaliação em um jogo educacional	75
6.6	Adição das emoções ao modelo de avaliação de um jogo educacional	77
6.7	Guia para aplicação do modelo MDA baseado em emoções .	79
7	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICES	91
	Trabalhos Publicados pelo Autor	93

1 INTRODUÇÃO

Jogos educacionais são ferramentas responsáveis por fornecer uma alternativa mais lúdica e interativa de transmitir conteúdo pedagógico [7]. Através dos jogos, é possível transmitir emoções e sensações que tenham um impacto significativo no processo de aprendizagem, ou seja, a exploração das emoções humanas em jogos educacionais pode desempenhar um papel significativo no engajamento e na aprendizagem de um aluno [8].

Sendo assim, é interessante que, durante o processo de planejamento e desenvolvimento de jogos educacionais, seja analisado como as funcionalidades do jogo e a maneira com que ele transmite seu conteúdo possam provocar emoções e sentimentos que visem auxiliar no processo de aprendizagem.

A avaliação da aprendizagem é um item importante a ser considerado na aplicação de um método de ensino. Porém, segundo Oliveira [9], a maioria das avaliações são aplicadas de maneira não diretamente relacionada com o jogo educacional, ou seja, uma avaliação diagnóstica posterior ao contato do discente com o jogo educacional. Cada autor realiza a avaliação diagnóstica de sua própria maneira, pois ela é dependente do conteúdo abordado, definindo os critérios que são mais importantes de serem avaliados. Ressalta-se que grande parte dos trabalhos de avaliação de jogos educacionais têm foco na avaliação da ferramenta em si [2, 9, 10, 11, 12, 13], ao invés da avaliação do conhecimento adquirido através de seu uso.

Essa forma de avaliação é limitada, e não consegue dar ao avaliador e ao aluno, um *feedback* mais detalhado do processo de aprendizagem, como ele absorveu o conteúdo, e o grau de dificuldade de aprendizado do mesmo.

Portanto, esse trabalho visa realizar a união do modelo MDA (*Mechanics, Dynamics, Aesthetics* [14], das emoções humanas e dos tipos de avaliação pedagógica, a fim de elaborar um guia de desenvolvimento de jogos educacionais. Isso tem como objetivo auxiliar o desenvolvedor no processo de criação de ferramentas lúdicas para promover o ensino e avaliação de um conteúdo pedagógico.

A inclusão dos métodos de avaliação no processo de desenvolvimento busca fornecer um relatório concreto do desempenho e da evolução da aprendizagem do aluno, conforme a utilização deste método como forma de transmissão de um conteúdo acadêmico.

Para isso, serão definidos métodos de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa), quais emoções humanas serão exploradas no contexto de jogos educacionais, o modelo de desenvolvimento a ser utilizado, sua adaptação às emoções selecionadas e o gênero de jogo adotado para o estudo de caso, os quais serão unificados e adaptados para o processo de desenvolvimento, a fim de estabelecer um guia de desenvolvimento com o objetivo de

fortalecer a relação entre as emoções e a aprendizagem, bem como incluir o processo de avaliação de conteúdos pedagógicos no processo de desenvolvimento de jogos educacionais.

Para a aplicação deste guia, foi proposto o desenvolvimento de um jogo relacionado à disciplina de Linguagens Formais e Autômatos, com o intuito de ser um estudo de caso sobre a aprendizagem através de jogos educacionais, bem como fornecer dados para a avaliação do guia de desenvolvimento de jogos educacionais. O escopo definido aborda os conteúdos básicos e iniciais da matéria de Linguagens Formais e Autômatos. O conteúdo selecionado contém conceitos básicos que formam uma sólida base para a compreensão da área, como o entendimento da estrutura de um autômato, descrevendo para o jogador o que são estados e transições.

Além disso, o jogo aborda especificamente Autômatos Finitos Determinísticos em relação aos demais. A motivação para a escolha dessa categoria de autômatos é resultado da ordem de conteúdos comumente utilizada em salas de aula e em diversos livros, como no livro “Linguagens Formais e Autômatos: Volume 3” de Menezes [15].

Esse jogo será apresentado, em trabalhos futuros, para alunos de graduação, os quais serão avaliados para determinar a eficácia da ferramenta no processo de aprendizagem de Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos.

Este trabalho de dissertação está estruturado da seguinte maneira:

- Capítulo 2 - Fundamentação teórica: Define e explica os tipos de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa), define as emoções humanas, conceitua o modelo MDA, define o gênero de jogos de Quebra-cabeça e Sobrevivência, estabelece a documentação necessária para o desenvolvimento de um jogo educacional (*Game Concept* e *GDD*), e cita alguns trabalhos relacionados ao tema proposto;
- Capítulo 3 - Conceitos básicos de Linguagens Formais e Autômatos: define e explica alguns conceitos essenciais da disciplina de Linguagens Formais e Autômatos, necessários para a compreensão completa do trabalho apresentado;
- Capítulo 4 - Procedimentos metodológicos: define o processo abordado para a construção, validação e aplicação do projeto;
- Capítulo 5 - *Castaways*: Um estudo de caso em Linguagens Formais e Autômatos: apresenta o conceito, a estrutura do jogo de estudo de caso, *Castaways*, e sua relação com o trabalho proposto;
- Capítulo 6 - Análise e resultados: aborda os resultados obtidos no trabalho desenvolvido, como:
 - Inclusão dos tipos de avaliação em jogos educacionais;

- Categorização das emoções humanas no contexto de jogos de Quebra-cabeça e Sobrevivência;
 - Desenvolvimento de um guia de planejamento de um jogo educacional;
 - Definição das propriedades do seu jogo, abordando os elementos presentes na documentação;
 - Detalhamento do processo de desenvolvimento de um jogo educacional;
 - Implementação dos métodos de avaliação no desenvolvimento de um jogo educacional;
 - Adição das emoções e do modelo MDA no processo da avaliação pedagógica de jogos educacionais;
 - Um guia de aplicação do modelo MDA e das emoções no processo de desenvolvimento de jogos educacionais.
- Capítulo 7 - Conclusão: expõe a análise dos resultados obtidos, o objetivo que este trabalho espera alcançar e trabalhos futuros que possam ser realizados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o entendimento completo das teorias e conceitos estabelecidos e desenvolvidos durante a execução deste trabalho, faz-se necessário o entendimento prévio de alguns tópicos que servirão como alicerce para a compreensão deste estudo. Sendo assim, a seguir, estão detalhados os conceitos fundamentais e as teorias que são relacionadas a eles.

2.1 Tipos de avaliação de aprendizagem

De acordo com Freitas [16], a avaliação educacional voltada para o processo de ensino se propõe a avaliar continuamente a aprendizagem, atribuindo valores em escalas relacionadas aos aspectos quantitativos e qualitativos. Sendo assim, a avaliação tem como finalidade se reportar aos objetivos que foram traçados logo ao início da etapa, no planejamento do ensino. A intenção é que os objetivos, no seu decorrer, não estejam dissociados do que foi pretendido, interligado assim a sua finalidade inicial. Dito isso, Freitas [16] classifica uma avaliação em três tipos: diagnóstica, formativa e somativa. Além disso, em seu livro *“Student assessment in higher education: a handbook for assessing performance”*, Miller, Imrie e Cox dividem a quantificação do aprendizado dessa mesma maneira [17].

A divisão de Freitas [16] foi adotada pois, através dela, é possível quantificar o processo de aprendizagem em sua totalidade, englobando tanto a verificação da presença de conhecimentos prévios necessários à aprendizagem, a avaliação decorrida durante o processo de aprendizagem, e a quantificação do aprendizado ao final do processo. Além disso, outros trabalhos, como o de Cox [17], Araujo [18], Cintra [19] e Junior [6] também fazem uso dessa divisão em seus respectivos estudos.

2.1.1 Avaliação Diagnóstica

A avaliação Diagnóstica é uma forma de pré-avaliação que permite ao professor determinar os pontos fortes e fracos, os conhecimentos e as competências individuais dos alunos antes do ensino de um determinado conteúdo. Ou seja, é realizada antes do contato do aluno com o tópico proposto, a fim de verificar a ausência ou presença de habilidade e conhecimentos necessários para o aprendizado do mesmo. [16, 17].

Sendo assim, esse tipo de avaliação é responsável por identificar as características de aprendizagem do aluno, bem como suas dificuldades e as possíveis causas das mesmas, com o intuito de escolher o tipo de trabalho mais adequado às suas características.

2.1.2 Avaliação Formativa

A Avaliação Formativa é um processo planejado e contínuo usado por todos os alunos e professores durante a aprendizagem para obter evidências da aprendizagem do aluno, a fim de melhorar a compreensão do mesmo sobre o conteúdo abordado. Ou seja, é realizada ao longo do processo, de maneira contínua, fornecendo ao professor parâmetros que podem ser utilizados para verificar se os objetivos estão sendo alcançados, permitindo assim a interferência direta nos obstáculos que podem estar comprometendo a aprendizagem [16, 17].

Sendo assim, este tipo de avaliação é responsável por constatar se os objetivos estão sendo atingidos, assim como levantar dados para que o professor possa realizar um trabalho de aperfeiçoamento de seus procedimentos, bem como possibilitar identificar as dificuldades do aluno, encontradas durante o processo de aprendizagem.

2.1.3 Avaliação Somativa

A Avaliação Somativa é o procedimento utilizado para realizar a avaliação do aprendizado, a aquisição de habilidades e o desempenho acadêmico dos alunos ao final de um período de instrução definido. Ou seja, visa classificar os resultados do aprendizado alcançados pelos alunos ao final do processo, desempenhando a função de classificar o aluno e quantificar o processo avaliativo [16, 17].

Sendo assim, é responsável por informar, situar e classificar o avaliado, tendo a perspectiva de conclusão em evidência.

2.2 Emoções Humanas

No cotidiano, as emoções são resultados de experiências vivenciadas enquanto indivíduos, e de acordo com Ekman [20] “*As emoções nos preparam para lidar com eventos importantes sem que tenhamos que pensar no que fazer*”. Dessa forma, as diversas e inúmeras emoções desempenham um papel fundamental em nossas vidas durante a execução de diferentes atividades. Quando transportadas para o âmbito dos jogos digitais é possível perceber que essa relação se mantém. As mesmas emoções são experienciadas pelo jogador quando ele interage com as mecânicas e elementos presentes no jogo. Essa interação, de cunho positivo, beneficiando o jogador, ou negativa, punindo-o, influencia a experiência do jogo como um todo, bem como o desempenho e a satisfação do consumidor [21].

Sendo assim, as emoções desempenham um papel importante no processo de aprendizagem [8], podendo afetar os resultados tanto indireta quanto diretamente, alterando a forma como os alunos se envolvem nesse procedimento pedagógico. Consequentemente, o uso das emoções aplicado à ferramenta de jogos educacionais pode se aproveitar da

ludicidade inerente da mesma para incorporar emoções a fim de aprimorar a experiência do usuário e, conseqüentemente, influenciar positivamente no processo de aprendizagem.

Assim, existem diversos trabalhos que buscam relacionar quais emoções são mais recorrentes enquanto experienciamos um jogo digital. O trabalho de Bateman [22] propôs inicialmente dez emoções que são sentidas por jogadores. Posteriormente, Lazzaro [21] em seus estudos identificou oito emoções experienciadas por jogadores, das quais, quatro também estavam presentes no trabalho de Bateman [22]. Depois, o estudo realizado por Paulin [23] sugeriu a inclusão de duas novas emoções ao trabalho dos demais autores, totalizando assim quatorze emoções: curiosidade, medo, frustração, alívio, contentamento, triunfo, surpresa, admiração, entusiasmo, divertimento, *naches*¹, espanto, *schadenfreude*² e raiva. A descrição de cada uma das emoções pode ser vista abaixo:

2.2.1 Curiosidade

A curiosidade é um elemento básico da cognição humana e é, de certa forma, o que estimula a performance intelectual de um indivíduo em compreender coisas até então não entendidas. Porém, esse sentimento em excesso pode levar quem sente a situações perigosas (para quem as sente ou para terceiros) ou agressivas (para terceiros), dependendo da natureza do conhecimento [22, 24].

2.2.2 Medo

O medo é uma emoção básica e essencial e não somente indica, mas surge como um indicador de perigo iminente, seja esse perigo, físico, mental, ou de qualquer outra natureza. Essa emoção é responsável também por preparar nosso corpo para lidar com tais situações, acelerando até mesmo o pensamento. Essa emoção é comumente utilizada em diversos gêneros de jogos. O gênero terror, por exemplo, utiliza essa emoção como veículo principal da experiência, focando em perseguições, sustos, o medo do desconhecido, etc. Outros gêneros como ação, aventura, estratégia, ou até mesmo jogos com enfoques narrativos utilizam o medo para auxiliar na entrega da experiência, porém não de maneira constante e nem transformando a emoção na base da história [22, 23].

2.2.3 Frustração

Para muitos estudiosos do comportamento humano, a principal razão pela qual as pessoas se tornam agressivas é a frustração. Um dos primeiros teóricos da psicologia a ser explicitamente rotulado de psicólogo social, defendeu essa ideia. Ele afirmou que o instinto de entrar em combate é ativado por qualquer obstrução ao bom progresso da

¹ De origem judaica, reflete a emoção positiva da felicidade, orgulho e satisfação que ocorre quando um mestre vê um aluno sendo bem-sucedido em uma tarefa.

² De origem alemã, representa o sentimento de prazer pelo infortúnio dos outros.

pessoa em direção ao seu objetivo. Sigmund Freud tinha uma visão semelhante em seus primeiros escritos. Antes de desenvolver a noção de um instinto de morte, ele propôs que a agressão era a reação primordial quando a tentativa do indivíduo de obter prazer ou evitar a dor era bloqueada. Essa concepção geral ficou amplamente conhecida como hipótese da frustração-agressão [25]. Dessa forma, pode-se dizer que a frustração é uma emoção dada como negativa em diversos âmbitos. Porém, ela possui um papel importante na teoria da aprendizagem. É através desse sentimento, que muitas vezes está atrelado ao erro, que o indivíduo consegue - por meio da persistência - aprender e associar novas informações [26, 27].

2.2.4 Alívio

É uma emoção expressa por meio da felicidade, que está atrelada a diminuição de tensão sobre uma pessoa causada por um evento. O alívio possui uma base temporal, uma vez que é comum a emoção após o término de algum prazo, ou de algum evento pontual, ou até mesmo após o fim de outra emoção, como medo ou preocupação [28].

2.2.5 Contentamento

O contentamento é uma emoção neutra que deriva da alegria, da satisfação, do entusiasmo, e até mesmo do espanto. Porém, diferente delas, é uma emoção de baixa excitação e pouco energética. O contentamento, por estar atrelado às demais emoções, leva o indivíduo à aceitação da situação física, mental ou social na qual está inserido, sejam essas situações positivas ou negativas [23, 29].

2.2.6 Triunfo

O triunfo, semelhante à euforia, descreve um humor elevado e sentimentos intensos de felicidade e bem-estar, porém, diferente da euforia, é causado por influências situacionais. É caracterizada por sentimentos exagerados de alegria e exaltação. O triunfo pode ocorrer em situações onde há a conquista de um desafio, ou a superação de uma dificuldade, como uma competição, ou uma guerra [21, 30].

2.2.7 Surpresa

Surpresa é a sensação de espanto ou admiração causada por algo repentino, ou inesperado. A experiência da surpresa varia com a importância do resultado, bem como com as crenças sobre o resultado. Alguns pesquisadores tratam a surpresa como uma avaliação cognitiva baseada na probabilidade de um evento, enquanto outros a tratam como uma emoção, em paridade com felicidade, tristeza, raiva, nojo e medo. É uma emoção incomum; pode ser positiva ou negativa e molda dramaticamente a experiência de outras emoções. O conceito de surpresa é relevante para muitos aspectos do comportamento

humano e facilita a curiosidade e a aprendizagem e também afeta as crenças sobre outros eventos [31].

2.2.8 Admiração

A admiração é uma emoção positiva relacionada com a surpresa que surge, ou partir do respeito e aprovação das atitudes e méritos de outras pessoas, como o caso de algum amigo, ou professor, ou a partir da contemplação pelo natural e pelo belo, como em uma vasta paisagem. Ambas definições partem da surpresa para causar uma reação no indivíduo. Dessa forma, é importante saber que jogos utilizam a admiração em ambos os contextos: quando jogadores interagem entre si, compartilhando informações e experiências, e quando o jogador interage com o mundo ao seu redor desfrutando dele [21].

2.2.9 Entusiasmo

É um estado de espírito apaixonado por uma atividade, feliz e alegre. É uma condição de bom humor extravagante, agitada e barulhenta uma forma especial de exaltação e interesse. O entusiasmo tem um pouco da alegria da euforia e de atividade, é uma exaltação ativa. É o sentimento de ser cativado subitamente pelo desconhecido, ao mesmo tempo que é frágil e pode ser quebrada rapidamente [32].

2.2.10 Divertimento

Tudo aquilo que diverte e imerge; brincadeira, diversão, distração, entretenimento, recreação, recreio. Está relacionado com o aproveitamento que os jogadores possuem de um certo jogo ou sistema em um jogo. Está atrelado também com outras emoções, como admiração, entusiasmo, curiosidade, ou até mesmo interações sociais realizadas dentro de um jogo [21, 22].

2.2.11 Naches

A palavra naches tem origem judaica, sendo utilizada constantemente em contextos religiosos [64]. A palavra reflete a emoção positiva da felicidade, orgulho e satisfação que ocorre quando um mestre, professor, ou figura paternal/ maternal vê um aluno, ou filho sendo bem-sucedido em uma tarefa, ou atividade que foi ensinada [22].

2.2.12 Espanto

O espanto está relacionado com outras emoções, como a surpresa, a admiração e a aversão. Porém, ela se diferencia dessas ao representar sentimentos comumente negativos, como alvoroço, susto, medo excessivo, terror e até mesmo a frustração. A indução da

emoção está relacionada ao surgimento de perspectivas e consequências desfavoráveis, da subversão de expectativas de uma maneira inusitada, ou até mesmo a quebra de conceitos estabelecidos por algo, ou alguém [21, 20, 31].

2.2.13 Schadenfreude

É uma palavra da língua alemã, a qual representa o sentimento de prazer pelo infortúnio dos outros; é quando nos sentimos contentes ou felizes pelo azar ou desgraça de alguma pessoa que não gostamos ou sentimos rivalidade [21].

2.2.14 Raiva

As pessoas se referem à raiva como uma experiência ou sentimento, um conjunto de reações físicas, uma atitude para com os outros, um impulso que leva à agressão ou um ataque aberto a algum alvo. Na psicologia social, a raiva se refere a um determinado conjunto de sentimentos. Os sentimentos geralmente rotulados como raiva variam em intensidade de irritação ou aborrecimento. É importante dizer também que a raiva está conectada com a emoção de frustração, procedendo-a, como descrito pela teoria de frustração-agressão [33].

2.3 O modelo MDA

Existem diversas abordagens formais propostas para a compreensão e estruturação de um jogo e suas diferentes partes. O modelo MDA [14], proposto em 2005, é uma dessas abordagens. Ele tem como base a abstração de um jogo em três diferentes camadas: mecânicas, dinâmicas e estéticas (*Mechanics-Dynamics-Aesthetics*, respectivamente). Ao realizar essa separação o designer possui um maior controle sobre os elementos do jogo e sobre seu processo de desenvolvimento, permitindo enxergar melhor os resultados das decisões tomadas durante a produção. A utilização do modelo MDA possibilita que seja alcançado o resultado esperado através de ciclos de iterações e *play-testing*³. Nesse modelo, a abordagem do game designer e do jogador partem de polos opostos. Enquanto o jogador entra em contato primeiramente através das estéticas e emoções que o jogo proporciona, para posteriormente compreender as dinâmicas e por fim as mecânicas e regras do jogo, o *game designer* tem que pensar em como construir tais mecânicas e dinâmicas para provocar as emoções desejadas, como pode ser visto na Figura 1.

³ É o processo pelo qual um designer de jogos testa um novo jogo em busca de bugs e falhas de design antes de lançá-lo ao mercado.

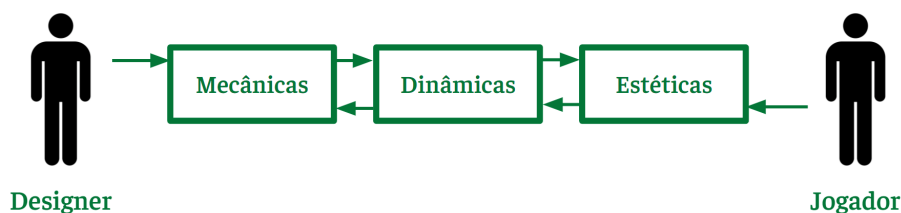


Figura 1 – Fluxo de experiências no modelo MDA entre o game designer e o jogador.
Fonte: O autor.

Dito isso, é importante compreender os pormenores de cada uma das camadas para conseguir identificá-las dentro de um jogo, e também para compreender como designers e jogadores abordam a experiência de ambos os polos [14]:

- **Mecânicas:** São os componentes básicos de um jogo que fundamentam a experiência. Ações como andar, pular, interagir, coletar e vender itens. Essas ações podem ser diretamente expostas ao jogador, como as pontuadas anteriormente, ou estarem presentes de maneira indireta, como, por exemplo, o cálculo de uma pontuação com base na atividade do jogador, ou até mesmo o ricochetear de uma bala em uma parede.

Comumente, as mecânicas são transformadas em códigos, estruturas de dados e algoritmos nos softwares, bibliotecas e *game engines*, representando a conexão do planejamento teórico do jogo com a implementação dos elementos necessários para fazer com que ele ocorra.

- **Dinâmicas:** De acordo com Hunicke [14], “*Uma dinâmica é o comportamento emergente que surge da gameplay, quando as mecânicas são colocadas em prática*”, ou seja, é a combinação de mecânicas, que quando conectadas e compartilhadas entre si, formam um novo sistema ou maneira de interagir com o mundo e suas regras.
- **Estéticas:** São elementos, conceitos e emoções originados das dinâmicas. Quando há clareza sobre as estéticas que se deseja alcançar, é possível utilizar mecânicas específicas e pontuais que criam dinâmicas que alcancem o resultado desejado.

Com o conhecimento maior do produto, porém com maior grau de dificuldade, também é possível realizar o procedimento contrário: pensando inicialmente nas emoções que se deseja induzir no jogador, partindo delas para desenvolver dinâmicas e mecânicas condizentes com a estética definida.

Conforme o trabalho realizado por Lazzaro [21] existem oito diferentes categorias de estéticas:

- **Sensação:** Jogo como o prazer dos sentidos, fazendo com que o jogador desfrute dos efeitos audiovisuais;

- **Fantasia:** Jogo como faz-de-conta, fazendo com que o jogador acredite num mundo imaginário;
- **Narrativa:** Jogo como um drama, fazendo com que o jogador se sinta imerso e querendo mais da história;
- **Desafio:** Jogo como um percurso de obstáculos, fazendo com que o jogador sinta a necessidade de se especializar em uma mecânica para ultrapassar os desafios. Aumenta o fator de rejogabilidade do jogo;
- **Companheirismo:** Jogo como um *hub* social⁴, fazendo com o que o jogador tenha a sua disponibilidade uma comunidade para interagir e ser parte. Normalmente encontrado em jogos *multiplayers*;
- **Descobrimento:** Jogo como um território desconhecido, faz com que o jogador explore um mundo novo e cheio de mistérios;
- **Expressão:** Jogo com uma ferramenta de liberdade criativa, faz com que o jogador encontre soluções próprias para diversos problemas;
- **Submissão:** Jogo como um passatempo, faz com o que o jogador se conecte com o jogo como um todo, independente de outros fatores.

2.4 O gênero de jogos de Quebra-Cabeça e Sobrevivência

Vários jogos, como Portal [34], Fez [35] e Baba is You [36], podem ser classificados como quebra-cabeças com elementos de jogos de sobrevivência. Este estudo realiza a análise dos gêneros para compreender quais são os seus principais elementos. Posteriormente, é realizado um estudo de caso em torno desses gêneros.

O jogo Portal [34] tem como mecânica principal a habilidade de criar simultaneamente dois portais que transportam qualquer objeto que os atravessar, mantendo as forças físicas presentes nos corpos. Essa característica possibilita a criação de desafios cujo objetivo é fazer com que o jogador se desloque de um ponto inicial a um ponto final, utilizando as ferramentas disponíveis, ao mesmo tempo em que evita obstáculos e inimigos.

Em Fez [35] o jogador controla Gomez, um personagem que vive em um mundo bidimensional, mas descobre um chapéu mágico que lhe permite perceber a terceira dimensão. A principal mecânica do jogo é rotacionar o ambiente em 3D para uma perspectiva 2D para revelar novos caminhos e resolver quebra-cabeças.

Já no jogo Baba is You [36] o jogador controla um personagem chamado Baba em um mundo composto por palavras e regras interativas. O principal conceito do jogo é que as regras do ambiente podem ser manipuladas ao reorganizar as palavras que as compõem.

⁴ Um hub social é um centro de atividades na qual grande parte de uma comunidade interage e compartilha seus interesses.

Por exemplo, se houver uma regra que diz “*Baba is You*” e “*Flag is Win*”, o jogador pode trocar as palavras de lugar para criar novas dinâmicas, como “*Baba is Win*”, tornando o nível completo e alcançando o objetivo da fase. À medida que o jogo avança, novas palavras e regras são introduzidas, aumentando a complexidade dos quebra-cabeças. O jogador precisa pensar de forma criativa e lógica para encontrar soluções para os desafios, alterando as regras conforme necessário para alcançar os objetivos.

Após a análise dos jogos descritos, é possível perceber que, em seu núcleo, o objetivo do jogador em jogos de quebra-cabeça é resolver um problema apresentado pelo jogo utilizando-se de habilidades e raciocínio lógico, para entender o comportamento e o funcionamento das mecânicas apresentadas, visando atingir um objetivo [37].

Nesse sentido, o elemento de sobrevivência é aplicado ao conceito de quebra-cabeça com a introdução de recursos que podem ser coletados, ferramentas que podem ser criadas e utilizadas, personagens que necessitam de cuidados e confrontos que podem causar ferimentos ou até mesmo a morte dos mesmos [38].

2.5 O processo de documentação de jogos

Durante o processo de desenvolvimento de jogos, é imperativa a elaboração de documentos que irão apresentar, estruturar e guiar o desenvolvedor quanto aos passos necessários para a realização do projeto. Estes documentos incluem: o *Game Concept*, que tem como objetivo apresentar o conceito e a ideia principal do jogo, e o *Game Design Document* (GDD), que visa orientar e guiar o desenvolvedor durante a implementação do mesmo.

2.5.1 *Game Concept*

Um *Game Concept* é um documento mais simples, fácil de construir, que vai definir o rumo em que o jogo irá seguir [3, 4]. É um documento sem elementos técnicos, apresentável para pessoas sem conhecimento sobre a área. A Tabela 1 descreve as características de um *Game Concept*:

Item	Descrição
Descrição do jogo	Uma descrição do jogo, qual é o objetivo, como o jogador joga e vence, a divisão da progressão do jogo, etc.
Premissa	Uma frase de impacto simples que resume a ideia do jogo.
Motivação do jogador	O que move o jogador em frente, o motivo pelo qual ele joga o jogo.
Diferencial	O que diferencia o jogo de outros ou de ferramentas auxiliares do conteúdo que será abordado.
Público alvo	O público ao qual o jogo é direcionado.
Gênero	Em qual gênero o jogo é baseado, onde ele se encaixa nas categorias de jogos.
Classificação etária	Faixa etária adequada para o jogo.
Plataforma e requisitos de hardware	Ferramenta de desenvolvimento, linguagem adotada, características do computador em que o jogo será desenvolvido e plataforma de veiculação do jogo.
Licença	Os elementos presentes no jogo, sejam eles gratuitos ou pagos, alguma ferramenta que foi adquirida para o desenvolvimento, onde os elementos gráficos e sonoros foram adquiridos.
Análise competitiva	A força que o produto terá no mercado ao qual ele é destinado.
Storyboard	Imagens, protótipos de tela, ilustrações que mostram a estrutura e o funcionamento do jogo.

Tabela 1 – DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM *GAME CONCEPT*. FONTE: [3, 4].

2.5.2 *Game Design Document (GDD)*

Um GDD é um documento interno, voltado aos desenvolvedores, normalmente construído quando há mais de um desenvolvedor envolvido e o tempo não é um recurso escasso. Ele é importante para estabelecer um padrão claro que todos consigam adotar e seguir, facilitar a comunicação e permitir que o trabalho seja dividido e fundido da forma mais simples e eficaz possível, fazendo com que todos trabalhem em sintonia [3, 5].

Para decidir qual formato de GDD adotar, é necessário considerar três fatores:

- Tempo de desenvolvimento: Quanto menor, mais simples será o documento;
- Tamanho da equipe: Quanto menor, mais simples será o documento;
- Complexidade do projeto: Quanto menos complexo, mais simples será o documento;

A partir desses três fatores, são estabelecidos três tipos de GDDs, que devem ser selecionados considerando cada um desses fatores [3, 5]. São esses:

- GDDs de página única: são documentos simples, cujo objetivo é de fornecer uma visão geral do jogo e suas principais características;

- GDDs de dez páginas: Delineia melhor os principais pontos do projeto com mais profundidade. Acrescenta espaços para a inclusão de elementos visuais que auxiliam na visualização do projeto;
- GDDs do tipo bíblia: Conhecidos como “*to rule them all*”, ou, para governar a todos, é um documento extremamente detalhado sobre cada aspecto, cada item, cada mecânica, cada personagem, cada escolha de design. Sendo assim, este documento é um conjunto de diretrizes no qual os desenvolvedores devem seguir à risca. Muito comum em jogos das décadas passadas, como Doom [39], Diablo [40] e Grand Theft Auto [41], vem caindo em desuso nos tempos atuais, mesmo em grandes empresas.

A Tabela 2 descreve as características elementares de um GDD:

Item	Descrição
Identidade	Um resumo do jogo, identificando sobre o que é o jogo.
Descrição da mecânica principal	Descreve a principal característica estrutural do jogo
Características	Descreve elementos presentes no jogo, como ambientação, movimentação, etc.
Arte	De que maneira que o jogo será apresentado, o <i>design</i> adotado.
Trilha sonora	Exemplos de que estilo de música será adotado no jogo.
Interface/Controles	Listagem dos controles e como será a interface de usuário dos jogadores.
Dificuldades	Os desafios que serão propostos ao jogador.
Personagem	Uma descrição de como será o personagem do jogo.
Cronograma	Definição de metas e dias necessários para cumpri-las.
Definições gerais	Gênero, plataforma, quantidade de níveis, quantidades de inimigos, público-alvo, puzzles, dentre outras.

Tabela 2 – DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM GDD. FONTE: [5].

2.6 Trabalhos relacionados

Em seu trabalho “*Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais*”, Savi [11] propõe um modelo de avaliação de jogos educacionais ARCS (Atenção, Relevância, Confiança, Satisfação), para motivar os alunos na aprendizagem. Esse modelo se divide em quatro categorias:

- Atenção: É um pré-requisito para a aprendizagem e precisa se manter em um nível satisfatório para possibilitar o aprendizado;
- Relevância: A importância do conteúdo apresentado tem que ser clara e o aluno deve ser capaz de conectar o conteúdo acadêmico ao futuro profissional;

- **Confiança:** Os alunos devem sentir que os resultados positivos foram frutos de esforço e dedicação;
- **Satisfação:** Os alunos devem obter sentimentos positivos em relação à sua experiência de aprendizagem, sentir que o esforço foi apropriado e o aprendizado consistente.

Savi também propõe em seu outro trabalho “*Um modelo de avaliação de jogos educacionais na engenharia de software*” [10], um modelo teórico de avaliação de jogos educacionais baseado nos três primeiros níveis da Taxonomia de Bloom (lembrar, entender e aplicar) [42], bem como outras duas dimensões derivadas do modelo de avaliação de Sinde e Moody [1], como mostra a Figura 2:

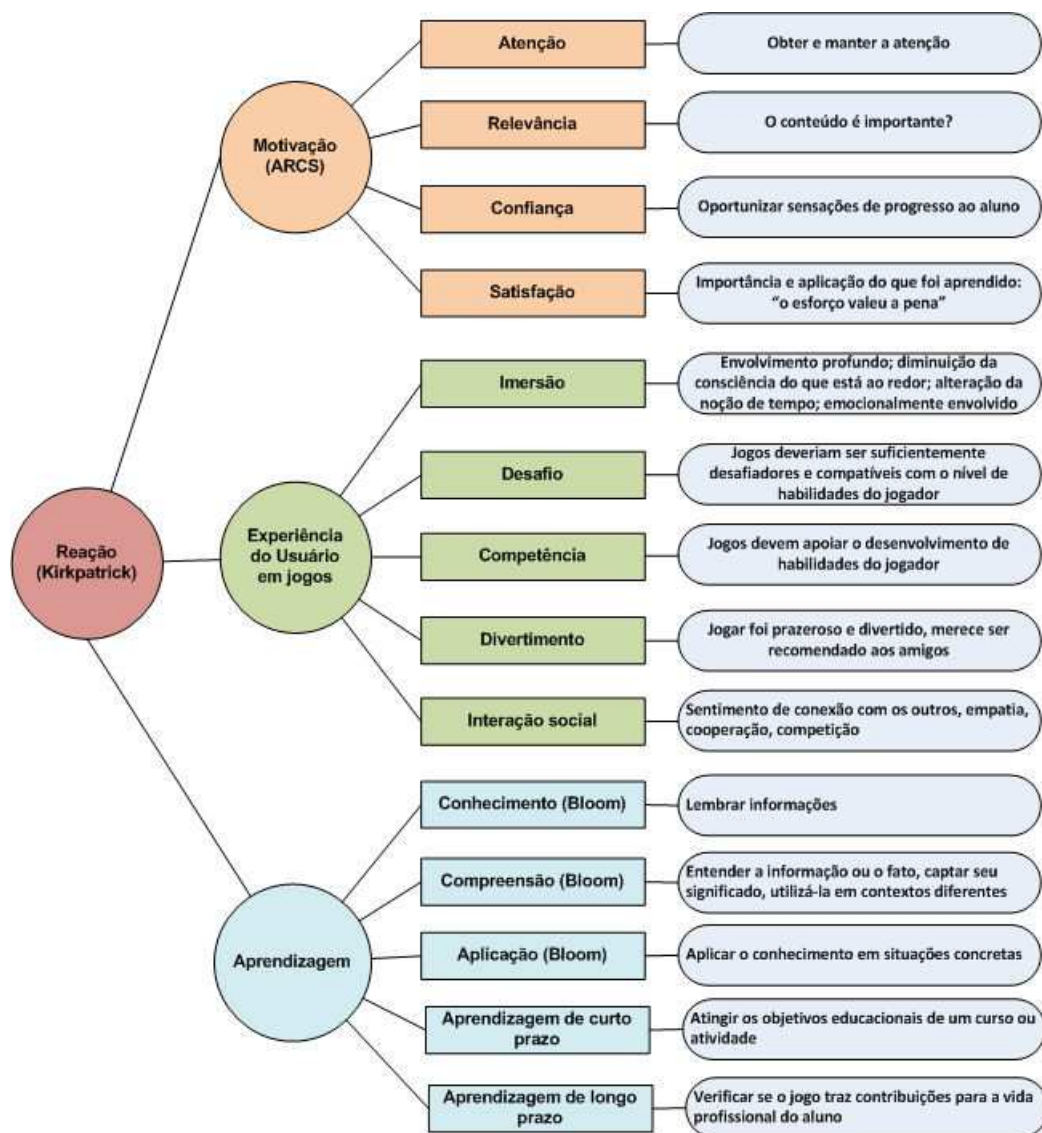


Figura 2 – Estrutura do modelo de avaliação de jogos educacionais. Fonte: Bernaert [1].

Em seu trabalho “*Avaliações em Jogos Educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos*”, Oliveira [9] define um protocolo de

estabilidade para a avaliação de jogos educacionais, que contém:

- Um roteiro do avaliador para duas versões do jogo;
- Um questionário de perfil do aluno;
- Questionários de pré-teste e pós-teste;
- Um questionário de reação (aprendizagem, interface, jogabilidade, imersão, diversão e facilidade de uso);
- Um questionário de comparação de versões.

Em seu trabalho “*Evolução de um Modelo de Avaliação de Jogos para o Ensino de Computação*”, Petri [2] apresenta uma evolução do modelo existente para a avaliação de jogos educacionais, o modelo MEEGA, um dos mais abordados de acordo com o autor. Esta evolução recebe o nome de MEEGA+, e se divide em experiência do jogador e percepção da aprendizagem, sendo que cada categoria se divide em subitens para avaliações específicas do conteúdo do jogo, como mostra a Figura 3:

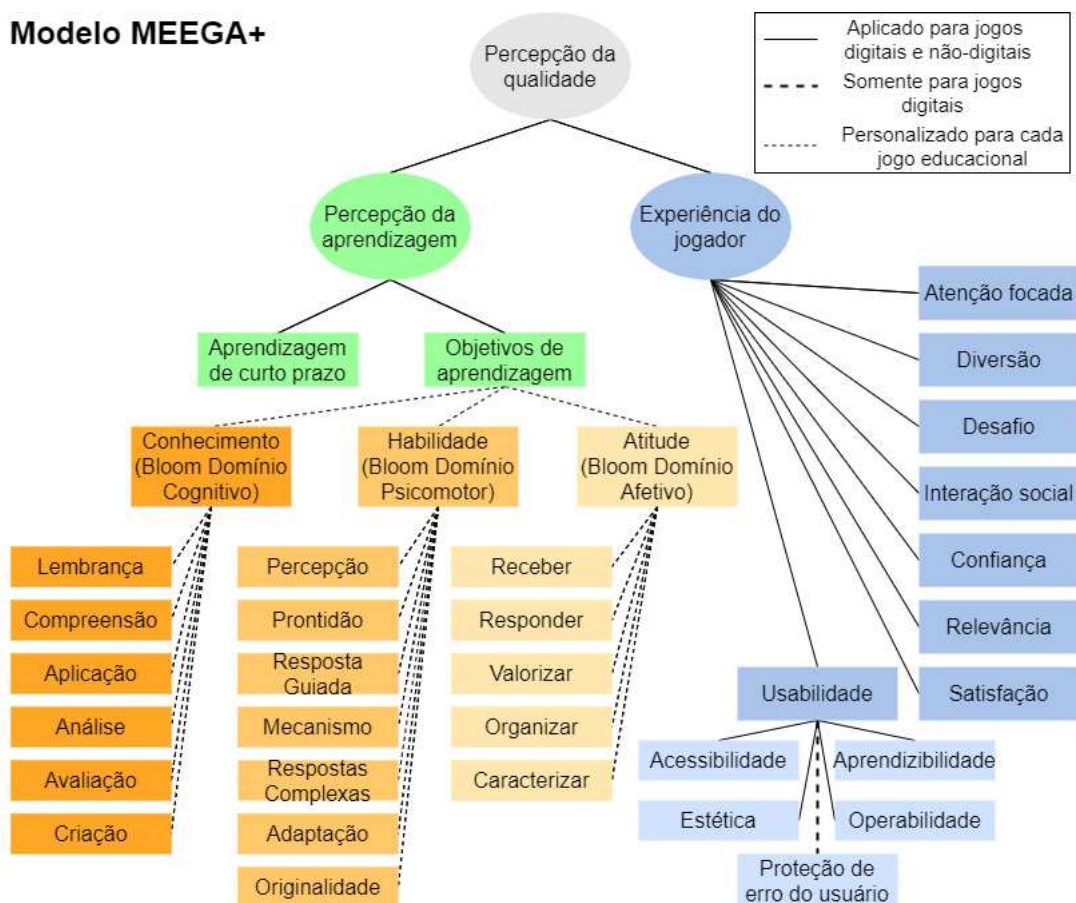


Figura 3 – Fatores de qualidade do modelo MEEGA+. Fonte: Petri [2].

Em seu trabalho “*Avaliação formativa da aprendizagem com instrumentação em Jogos digitais: Proposta de um framework conceitual*”, Araujo [18] propõe o desenvolvimento de um *framework* conceitual para a instrumentação da avaliação formativa da aprendizagem em jogos digitais. Este tem como objetivo unir a instrumentalização da avaliação formativa com os elementos lúdicos de jogos digitais, a fim de tornar a aquisição de conhecimentos mais estimulante para o aprendiz e factível ao professor.

O *framework* foi estruturado com quatro componentes que se inter-relacionam de modo cíclico e contínuo:

- Instrumentar: Consiste na forma de questionamento e registro das respostas. Pode ser *explícita*, de forma a estimular respostas diretas, ou *tácita*, capturando “respostas” sem que o aluno seja questionado em relação ao conteúdo;
- Coletar: Consiste na captura das respostas registradas pelo instrumento. A coleta é realizada mediante o atendimento a critérios que expressam os objetivos almejados pelo professor (chamados de *critérios formativos*) e as respostas coletadas precisam ser valoradas segundo indicadores quantificadores que expressam os critérios (chamado de *indicadores formativos*);
- Analisar: Verifica os *indicadores formativos*, por meio da aplicação de métricas próprias, a fim de identificar se eles expressam e como expressam a aquisição de conhecimentos dos alunos nas atividades desempenhadas;
- Regular: A regulação da aprendizagem é desenvolvida pelo professor a partir dos resultados emitidos pelas análises de dados realizadas, com a finalidade de sanar possíveis deficiências detectadas em tempo de processo ensino-aprendizagem.

Em seu trabalho “*Aprendizagem de Matemática Utilizando jogos Digitais e Avaliação Formativa*”, Cintra [19] apresenta um estudo de caso de avaliação formativa no ensino da matemática, um jogo que tem a premissa de ensinar regra de três, especificando os dados coletados e analisados para a realização desse tipo de avaliação em jogos educacionais, como por exemplo:

- Nome do aluno que está jogando;
- Fase;
- Erro na disposição das frações;
- Erro na resolução da fração;
- Erro no valor da variável X;
- Pontuação da fase;

- Pontuação do jogo.

O trabalho “*Modelo para um Framework Computacional para Avaliação Formativa da aprendizagem em jogos digitais*”, realizado por Pereira Junior e Menezes [6], também propõe um modelo para um *framework* para avaliação formativa em jogos educacionais. As funcionalidades deste *framework* são apresentadas na Tabela 3.

Para o professor	Para o aluno-jogador	Interno de preparação do jogo para um jogador	Interno de monitoramento do jogo	Interno de fechamento do jogo
<ul style="list-style-type: none"> - Configuração do jogo de acordo com os objetivos de aprendizagem; - Entrega de regras e elementos para a avaliação; - Entrega de padrões de desempenho; - Simulação do impacto dos elementos de avaliação no fluxo do jogo; - Emissão de análises de aprendizagem dos alunos e turmas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entrada de dados pessoais do aluno-jogador; - Apresentação de <i>feedback</i> em tempo real para o aluno-jogador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obtenção de dados históricos do aluno para configuração do jogo de acordo com performances anteriores e perfil formado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento e gravação de dados; - Tratamento dos dados e geração de <i>feedbacks</i> para aluno-jogador e reconfiguração do jogo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Geração de dados analíticos sobre as aprendizagens dos jogadores.

Tabela 3 – FUNCIONALIDADES DO FRAMEWORK PROPOSTO POR JUNIOR. FONTE: JUNIOR [6].

Por fim, Victal também apresenta em seu trabalho “*Avaliação para aprendizagem baseada em jogos: Proposta de um framework*” [43], um *framework* para avaliação formativa baseada em jogos, dividindo o processo em três fases:

- Fase de Coleta: os agentes coletores são responsáveis por absorver os rastros deixados pelos jogadores durante uma sessão de jogo, observando todos os movimentos e abstraindo tudo aquilo que parecer útil. O agente coletor funciona como se fosse um professor que observa o aluno e anota cada movimento realizado;
- Fase de Transformação: os agentes transformadores utilizam os dados coletados pelos agentes coletores, aplicam uma segunda filtragem de dados que pode ser útil para descartar dados desnecessários, juntando e estruturando os dados para que tornem informações possíveis de serem visualizadas.
- Fase de Visualização: este agente, por sua vez, utiliza os dados transformados e elaboram uma representação para o professor. Essa visualização é flexível e adapta-

se para o objetivo de quem está analisando os dados. Isso serviria, por exemplo, para quando o professor desejar detectar alunos em dificuldade e realizar a inferência necessária.

A tabela 4 apresenta um quadro comparativo dos pontos considerados em cada um dos trabalhos relacionados para melhor visualização, afim de comparação dos tópicos abordados.

Autor	Trabalho	Pontos Considerados
[11]	Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de avaliação ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação); • Motivação de alunos no processo de aprendizagem;
[10]	Um modelo de avaliação de jogos educacionais na engenharia de software	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo teórico de avaliação de jogos baseados na Taxonomia de Bloom (Lembrar, Entender e Aplicar); • Modelo de avaliação ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação); • Experiência do Usuário em Jogos; • Processo de Aprendizagem;
[9]	Avaliações em Jogos Educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de estabilidade para a avaliação de jogos digitais; • Roteiro avaliador para o jogo e questionário para os alunos e jogadores;

[2]	Evolução de um Modelo de Avaliação de Jogos para o Ensino de Computação	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de avaliação MEEGA e MEEGA+; • Experiência do jogador; • Percepção de aprendizagem; • Domínio Cognitivo, Psicomotor e Afetivo;
[18]	Avaliação formativa da aprendizagem com instrumentação em Jogos digitais: Proposta de um framework conceitual	<ul style="list-style-type: none"> • Framework conceitual para a instrumentalização da avaliação formativa da aprendizagem em jogos digitais; • Elementos lúdicos;
[19]	Aprendizagem de Matemática Utilizando jogos Digitais e Avaliação Formativa	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo de caso de avaliação formativa no ensino de matemática; • Apresentação de um jogo educacional; • Análise de dados coletados e instrução da aplicação para replicação futura;
[6]	Modelo para um Framework Computacional para a Avaliação Formativa da aprendizagem em jogos digitais	<ul style="list-style-type: none"> • Framework de avaliação formativa para jogos educacionais; • Geração de resultados analíticos para comparação de desempenho;
[43]	Avaliação para aprendizagem baseada em jogos: Proposta de um framework	<ul style="list-style-type: none"> • Framework de avaliação somativa e formativa de alunos; • Geração de resultados analíticos;

Tabela 4 – COMPARAÇÃO DOS TRABALHOS RELACIONADOS. FONTE: O AUTOR.

Os trabalhos apresentados abordam diversos modelos para o desenvolvimento de jogos educacionais, incluindo até mesmo o conteúdo de Linguagens Formais e Autômatos. No entanto, de acordo com o levantamento dos principais pontos dos trabalhos apresentados na tabela 4, é observado que o escopo dos trabalhos analisados não considera a fusão dos elementos educacionais com os demais componentes dos jogos, como mecânicas e dinâmicas. Diante dessa lacuna, o presente trabalho propõe a integração de jogos educacionais com modelos variados utilizados para criar jogos envolventes, como a incorporação das emoções humanas e a aplicação do modelo MDA. Essas adições são concebidas mantendo, ao mesmo tempo, as avaliações educacionais propostas pelos estudos previamente analisados.

3 CONCEITOS BÁSICOS DE LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS

A disciplina de Linguagens Formais e Autômatos combina conhecimentos em matemática discreta, lógica de programação, algoritmos e estruturas de dados, apresentando uma considerável multidisciplinaridade. Dito isso, é possível observar que diversas pesquisas, como [44, 45, 46, 47], abordam a eficiência e a qualidade do ensino dos conteúdos fundamentais, comumente ministrados no primeiro ano da graduação.

Dessa forma, a escolha de analisar detalhadamente o conteúdo e o gênero escolhido e construir um estudo de caso utilizando Linguagens Formais e Autômatos surge da escassez de pesquisas na área para determinados conteúdos dentro da disciplina, como apontado por [48, 49, 50, 51], e também da continuidade do projeto de estágio anteriormente iniciado.

Sendo assim, um projeto de um jogo educacional voltado para o ensino de Linguagens Formais e Autômatos foi elaborado, conforme descreve o Capítulo 5, a fim de ser disponibilizado à alunos de graduação do curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina. Esse projeto tem foco no processo pedagógico aplicado a jogos educativos e abordava os temas relacionados a Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos, visto que esses foram considerados essenciais para a compreensão do restante da disciplina.

A seguir, estarão descritos conceitos básicos de Linguagens Formais e Autômatos, os quais serão necessários para a compreensão do restante do trabalho e do estudo de caso desenvolvido.

3.1 Alfabeto/Linguagem

Um alfabeto (Σ) é um conjunto finito e não vazio de símbolos, por exemplo $\{0,1\}$. Com esse alfabeto, podem-se formar Palavras, que são concatenações dos símbolos do alfabeto [52, 53]. A partir dessas palavras, é possível construir linguagens que são construídas a partir desse alfabeto. Um exemplo de linguagem sob o alfabeto $\{0,1\}$ pode ser $L = \{00,01,10,11\}$, ou seja, os números binários de tamanho 2, uma linguagem com quatro palavras, ou seja, com quantidade finita de palavras.

Uma linguagem também pode ser infinita, por exemplo, a linguagem de todos os números binários de qualquer tamanho $L = \{0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, \dots\}$ e assim por diante.

As linguagens são representadas na forma de uma expressão que define as palavras

que a compõem, por exemplo, para o alfabeto $\Sigma = \{a\}$, a linguagem $L = \{a^n \mid n > 0\}$ é a linguagem formada por n concatenações do símbolo $\{a\}$, resultando em $L = \{a, aa, aaa, aaaa, \dots\}$ e assim por diante [52, 54].

Uma linguagem também pode ser representada da seguinte forma: para um alfabeto $\Sigma = \{a,b\}$ tem-se $L = \{w \in \Sigma^*\}$, isto quer dizer que a Linguagem L é formada pela palavra genérica w , esta palavra w pertence a Σ^* que representa todas as palavras possíveis de se formar com $\{a,b\}$, em qualquer ordem e qualquer tamanho, incluindo uma palavra especial, de tamanho zero, a palavra vazia (λ), ou seja, as palavras de L são $\{\lambda, a, b, aa, ab, ba, bb, aaa, \dots\}$ e assim por diante.

Um Autômato (AFD - Autômato Finito Determinístico, AFND - Autômato Finito Não Determinístico, AP - Autômato de Pilha e uma MT - Máquina de Turing Reconhecadora), servem para dizer se uma palavra pertence ou não à uma Linguagem. Com o Autômato pronto, e testando-o com uma palavra, ele irá responder sim ou não, dizendo se a palavra testada pertence à Linguagem a qual o Autômato reconhece.

Para os vários tipos de Linguagens existentes, é possível classificá-las de acordo com a Hierarquia de Chomsky [52, 55, 56], conforme consta na Figura 4:

Linguagem	Gramática	Reconhecedor
Tipo 0: Linguagem Enumerável Recursivamente	Irrestrita	Máquina de Turing
Tipo 1: Sensíveis ao Contexto	Sensíveis ao Contexto	Autômato Limitado Linearmente
Tipo 2: Livre de Contexto	Livre de Contexto	Autômato com Pilha
Tipo 3: Regulares	Regular	Autômato Finito

Figura 4 – Tabela da Hierarquia de Chomsky. Fonte: O autor.

Linguagens do tipo 3 são as mais simples que existem, são reconhecidas por um Autômato Finito (AFD ou AFND) e geradas por uma Gramática Regular [52].

Linguagens do tipo 2 são mais complexas que as do tipo 3, são reconhecidas por um Autômato de Pilha e geradas por uma Gramática Livre de Contexto [52].

Linguagens do tipo 1, são mais complexas que as do tipo 2, são reconhecidas por um Autômato Limitado Linearmente e geradas por uma Gramática Sensível ao Contexto

[52].

Linguagens do tipo 0, são as mais complexas que existem, são reconhecidas por uma Máquina de Turing e geradas por uma Gramática Irrestrita [52].

3.2 Representação de Máquina de Estados Finitos

Autômatos Finitos Determinísticos apresentam a classe de autômatos que primeiro é introduzida para alunos de graduação, como descrito e indicado por Menezes [15]. Dessa forma, a compreensão dos elementos principais de um Autômato Finito Determinístico pode auxiliar a compreensão dos demais.

Por exemplo, Autômatos Finitos Determinísticos são mais rígidos e simples quando comparados com Autômatos Finitos Não Determinísticos. Isso acontece pois cada transição a partir de um estado é determinística, o que significa que, dado um estado atual e um símbolo de entrada, há apenas uma transição possível para um próximo estado. Isso implica que o autômato sempre sabe exatamente em qual estado ele estará após ler um símbolo [15].

Os Autômatos são representados na forma de uma Máquina de Estados Finitos, na qual cada círculo representa o estado em que um objeto se encontra. O estado inicial de um objeto é representado com uma seta apontando para o estado, estados finais são círculos duplos e transições entre estados acontecem mediante o evento representado na transição, tal como pode ser visto na Figura 5, representando os estados possíveis de um boleto:

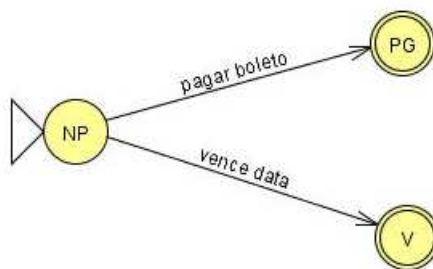


Figura 5 – Representação do autômato de estados possíveis de um boleto. Fonte: O autor.

O estado inicial (NP) representa o estado no momento que o boleto é criado e ainda está como Não Pago. A partir do estado inicial podem acontecer dois eventos distintos, o primeiro evento (pagar boleto) gera uma mudança no estado do boleto que passa a estar no estado de Pago (PG) representado como um estado final pois para este boleto não há mais nenhum estado possível em que ele possa estar.

O segundo evento (vence data) gera uma mudança no estado do boleto que passa a estar no estado de Vencido (V) representado neste caso como um estado final pois, para

o mesmo boleto, se este venceu a data de pagamento e não foi pago, deve-se gerar outro boleto que é um novo objeto.

A modelagem de problemas utilizando Máquinas de Estados Finitos serve para representar os estados possíveis de um objeto, bem como o caminho que leva um objeto até chegar no estado final, podendo também representar o estado inicial como sendo um problema a ser resolvido, que passa por vários estados intermediários, chegando ao final quando o problema é resolvido.

3.3 Descrição formal de um Autômato Finito Determinístico

Um AFD para uma linguagem L_1 deve aceitar todas as palavras desta linguagem, e rejeitar todas as palavras que não pertencem à linguagem, ou seja, um autômato para L_1 testa uma palavra e responde SIM ou NÃO indicando se a palavra testada faz parte, ou não, da linguagem. Para aceitar a palavra, deve-se processar toda ela e parar em um estado final. Caso contrário, a palavra testada é rejeitada. A descrição formal, ou seja, a representação matemática de um AFD é $\{E, \Sigma, \delta, i, F\}$ [54], na qual:

E é o conjunto finito de estados;

Σ é o alfabeto da linguagem;

δ é a função de transição $\delta: E \times \Sigma \rightarrow E$;

i é o estado inicial;

F é um subconjunto de E de estados finais.

Exemplo: $L = \{a^n b^{2m} \mid n > 0, m > 0\}$

Neste exemplo, tem-se uma quantidade n qualquer de a , desde que n seja maior que 0, e uma quantidade par de b , desde que maior ou igual a 2. Assim, faz-se necessária uma transição de q_0 com a para q_1 , representando que deve haver pelo menos um a , e um *loop* em q_1 com a , representando a possibilidade de infinitos a .

Além disso, tem-se uma transição de q_1 com b para q_2 , representando o primeiro b necessário, seguido de uma transição de q_2 com b para q_3 , que é o estado final. Neste estado, é possível finalizar a execução e aceitar uma palavra. Entretanto, caso existam mais bs na palavra, a quantidade deve ser par, assim, realiza-se uma transição para q_2 com b e usamos a mesma transição de q_2 para q_3 com b para finalizar novamente com uma quantidade par de bs , como mostra a Figura 6:

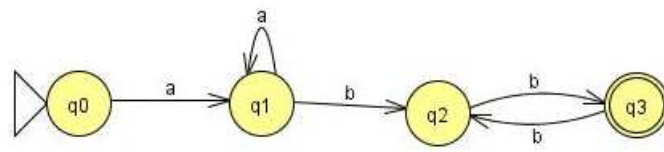


Figura 6 – Representação do autômato do exemplo. Fonte: O autor.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de atingir o objetivo de realizar a união do modelo MDA, das emoções humanas e dos tipos de avaliação pedagógica, em um guia de desenvolvimento de jogos educacionais, foi realizado uma seleção de trabalhos e artigos, com o intuito de coletar dados sobre métodos de avaliação de desempenho e aprendizagem relacionados à utilização de jogos educacionais, antes, durante e depois de sua aplicação.

Em seguida, como parte desse trabalho, foi desenvolvido um conceito de um jogo educacional pautado na disciplina de Linguagens Formais e Autômatos, definindo o gênero, características, transmissão do conteúdo proposto e da abordagem de avaliação pedagógica aplicada ao mesmo.

Foi elaborado um manual para integrar métodos de avaliação diagnóstica, formativa e somativa, o qual foi integrado ao projeto conceitual do jogo *Castaways*, juntamente com seu documento de design. Este jogo aborda aspectos do conteúdo pedagógico da disciplina de Linguagens Formais e Autômatos. Assim, o projeto teórico do jogo serviu como base essencial para futuras aplicações.

Posteriormente, foram conduzidas investigações acerca das emoções, a sua influência no processo de aprendizagem, a utilização do modelo MDA, e as abordagens correlacionadas com as emoções no âmbito do desenvolvimento de jogos educacionais.

Em sequência, foi realizado um trabalho de elencagem dos elementos motivacionais mais presentes nos gêneros de Quebra-Cabeça e Sobrevivência, que constituem o jogo educacional *Castaways*, e realizada uma relação entre essas emoções ao modelo MDA, a fim de estabelecer as dinâmicas que provocam as emoções e, conseqüentemente, as mecânicas que constituem essas dinâmicas.

Por fim, foi feita uma união do guia de inclusão de técnicas de avaliação com as emoções aliadas ao modelo MDA, no processo de desenvolvimento de jogos educacionais.

As palavras-chave utilizadas como guia para a pesquisa foram:

- Em português: Avaliação, jogos, educação, ensino, pedagogia, diagnóstica, formativa, somativa, modelo, aprendizagem, digital, inclusão, modelo MDA, emoções, mecânicas, dinâmicas, estética;
- Em inglês: Evaluation, games, education, teaching, pedagogical, diagnostics, formative, summative, model, learning, digital, inclusion, MDA model, emotions, mechanics, dynamics, aesthetics.

5 CASTAWAYS: UM ESTUDO DE CASO EM LINGUAGENS FORMAIS E AUTÔMATOS

Castaways é um projeto de um jogo educacional com foco em alunos de graduação em cursos voltados à área de Informática, englobando os conteúdos de Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos, fazendo assim com que o jogador aprenda essa teoria, ao mesmo tempo em que se diverte e explora o conteúdo do jogo.

5.1 O conceito do jogo

O jogo se passa em um arquipélago de ilhas no meio do oceano. Após um trágico naufrágio, diversos sobreviventes se encontram presos nessas ilhas, sem expectativas de resgate. Entretanto, um dos sobreviventes possui os conhecimentos necessários para a construção de uma jangada.

Sendo assim, cabe ao jogador explorar as ilhas, como exemplificadas na Figura 7, e os recursos presentes nessa ilha, a fim de levar todos os náufragos à segurança. Para isso, haverá várias ilhas, cada uma dessas com um náufrago, sendo que essas ilhas possuem recursos específicos necessários para a construção de uma jangada, sejam eles cordas, madeira, ferramentas, etc. A partir do momento em que todos os requerimentos para a criação da embarcação sejam cumpridos, a mesma será utilizada para que todos escapem com vida.



Figura 7 – Exemplo de um design de nível do jogo educacional *Castaways*. Fonte: O autor.

O jogador pode controlar qualquer náufrago, um de cada vez. No entanto, um náufrago não pode se mover para outra ilha, devido à presença de tubarões nas águas. Então, ele coleta os recursos presentes em sua ilha, os coloca em um caixote e o arremessa para alguma ilha vizinha.

O objetivo é coletar todos os recursos necessários para a construção da jangada, para que assim, todos possam ser salvos e fugir dessas ilhas com vida. As mecânicas presentes no jogo podem ser exemplificadas na Figura 8.

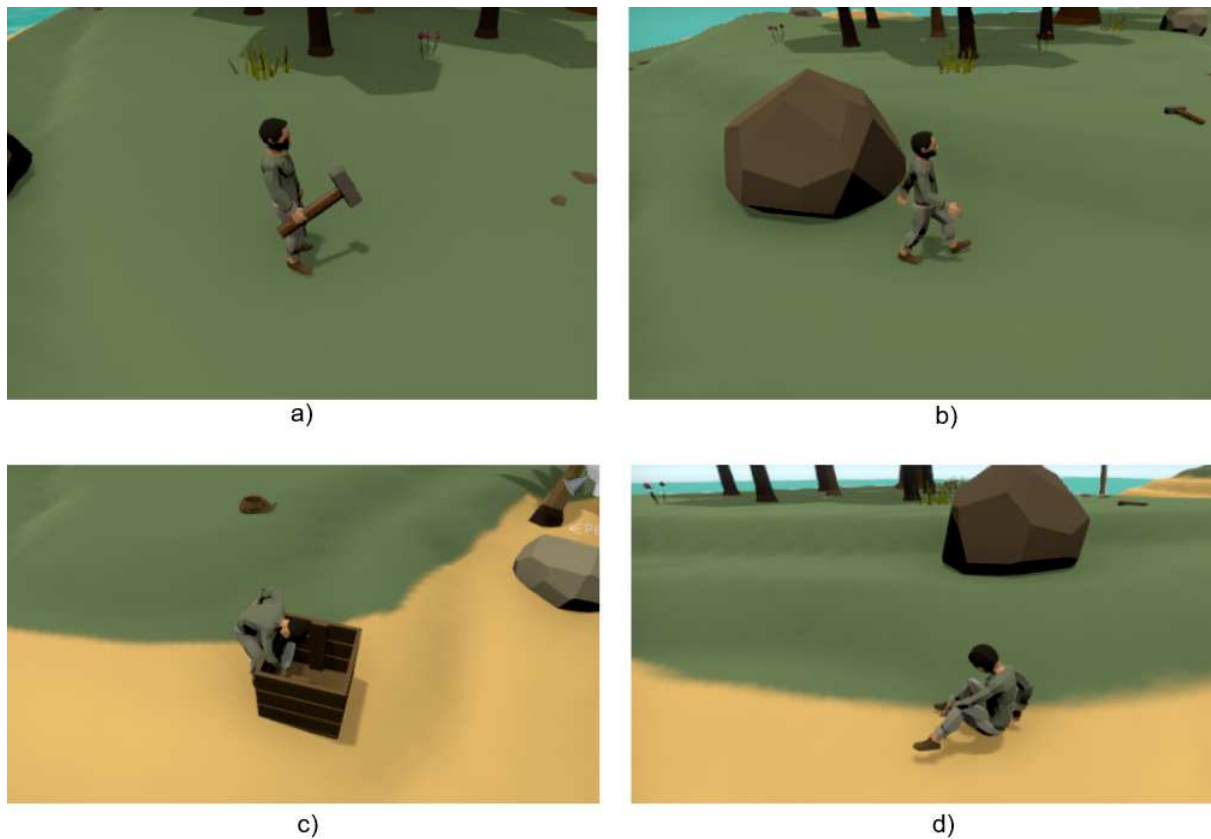


Figura 8 – a) Jogador utilizando ferramenta. b) Jogador andando ao redor do ambiente. c) Jogador inserindo itens em uma caixa para enviar aos demais náufragos. d) Jogador levantando-se após o início do jogo. Fonte: O autor.

5.2 A aplicação do conteúdo proposto no conceito do jogo

Seguindo esse conceito, os estados dos autômatos finitos são representados pelas ilhas espalhadas pelo mar. As transições entre estados são representados pelos caixotes sendo jogados de uma ilha para outra, assim fazendo com que um autômato seja formado ao final de cada fase. Se o autômato formar uma linguagem correspondente à pretendida no design do nível, ele será marcado como concluído e o jogador poderá prosseguir. Caso o jogador realize um movimento que impossibilita a formação do autômato correto, o nível será marcado como fracassado e será reiniciado.

5.3 A estrutura do jogo

No jogo existem 5 fases, cada uma com 3 níveis. Na primeira fase, os níveis serão responsáveis por ensinar o jogador as mecânicas do jogo e serão responsáveis por represen-

tar linguagens finitas. As fases 2 e 3 representam linguagens com repetição e linguagens de qualquer ordem e qualquer tamanho, respectivamente.

As fases 4 e 5 representam um desafio mais complexo ao jogador, com uma aprendizagem mais focada na disciplina teórica, sendo, respectivamente, construções de autômatos baseados em uma linguagem e a identificação da linguagem reconhecida pelo autômato.

6 ANÁLISE E RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos a partir da pesquisa conduzida, bem como a realização de uma análise detalhada dos mesmos, a fim de entender as relações e as implicações decorrentes da realização do trabalho.

6.1 Inclusão dos tipos de avaliação em jogos educacionais

Para a avaliação diagnóstica, há duas situações:

1) No caso do jogo educacional ser único para a transmissão de todo o conteúdo proposto, a avaliação diagnóstica é subjetiva, ou seja, depende do professor e do que ele julgar necessário possuir como pré-conhecimento para o entendimento da disciplina, ou para o uso da ferramenta escolhida para a transmissão da mesma.

2) No caso do jogo educacional ser uma sequência pedagógica de um jogo educacional anterior, com o objetivo de complementar o conteúdo, ou dar sequência à aprendizagem, a avaliação diagnóstica será obtida através do desempenho do aluno no jogo anterior. Esse desempenho indica se o discente atingiu o grau de conhecimento necessário para o entendimento do jogo atual.

Para a avaliação formativa, é necessária uma coleta contínua de dados, os quais o professor tem acesso, a fim de avaliar se o jogador está prosseguindo de maneira adequada, aprendendo o conteúdo proposto de maneira ideal. Dados como, por exemplo, o tempo decorrido para a solução de um problema, porcentagem de acertos e erros, ou reinícios necessários para a solução, se a solução atingida era a solução ótima, etc.

Em seu trabalho “*Montanha de Chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de Teoria da Computação*”, Leite [57] estabelece uma coleta de dados durante a experiência necessária para avaliar o desempenho individual de cada aluno e promover um *feedback* ao professor sobre a efetividade da ferramenta no processo de aprendizagem. Além disso, Fernandez [58] também estabelece um conjunto de dados que devem ser capturados durante o contato com o jogo, como por exemplo, as escolhas feitas pelo jogador durante a experiência com o jogo “Conectado”.

Por fim, para a avaliação somativa, um questionário de aprendizado pode ser aplicado ao final da experiência, a fim de avaliar se o jogo foi efetivo em transmitir o conhecimento proposto. Isso pode ser feito de maneira interna ou externa à ferramenta, sendo um critério do jogo educacional.

Para a realização da avaliação somativa de maneira interna, podem ser elaborados níveis bônus, desafios com recompensas, que tenham um conteúdo pedagógico mais evi-

denciado, eliminando alguns elementos lúdicos para evidenciar o conteúdo de uma forma mais clara e objetiva. Os dados coletados nesses níveis extras serviriam como quantificadores da aprendizagem do aluno, sendo determinantes para medir o conhecimento adquirido pelo mesmo.

Para o caso da avaliação ser externa, um questionário deve ser elaborado pelo professor, responsável por definir quais elementos ele quer avaliar, e como os quantificadores desses elementos devem ser apresentados.

6.2 Categorização de emoções

Durante o processo de análise do gênero de quebra-cabeça e sobrevivência e de cada uma das quatorze emoções estudadas é possível observar que nem todas as emoções possuem o mesmo papel dentro de um jogo do gênero. Assim sendo, fez-se necessária a categorização dessas emoções em diferentes grupos a partir de como elas foram descritas por Lazzaro [21], Bateman [22], e Paulin [23]. Cada grupo possui suas maneiras de indução e utilização. As categorias e as emoções correspondentes, bem como as motivações para a categorização podem ser observadas na lista abaixo:

- **Primárias:** essenciais para um bom jogo do gênero. As emoções classificadas como principais foram: curiosidade e medo, pois são constantemente citadas na definição do gênero e são duradouras durante a *gameplay*;
- **Pontuais:** resultados das ações e interações do jogador com o mundo. Porém, são emoções que duram poucos momentos, ou de transição. As emoções classificadas como pontuais foram: frustração, alívio, contentamento e triunfo, pois são resultantes dos sucessos ou falhas dos jogadores, sendo logo seguidas das emoções primárias, consequentes ou complementares;
- **Consequentes:** resultados das interações e da imersão do jogador no mundo apresentado. Porém, diferente das emoções pontuais, elas são duradouras e constantes durante a *gameplay*. As emoções classificadas como consequentes foram: surpresa, admiração, entusiasmo e divertimento, pois são comumente sentidas através da exploração do cenário, da descoberta narrativa e também de um fluxo de *gameplay* contínuo;
- **Complementares:** não são consistentes em diferentes jogos do gênero, porém ainda possuem um papel importante na complementação das demais emoções. Elas não são duradouras, pois existem como auxiliares momentâneas para as demais. As emoções classificadas como complementares foram: *naches*, espanto, *schadenfreude* e raiva, pois estão presentes em modos alternativos de jogos, estruturas narrativas, tutoriais e ranqueamentos online;

Sendo assim, faz-se necessário uma categorização das respectivas emoções em suas respectivas categorias, bem como sua utilização nas mecânicas e dinâmicas de jogos do gênero de quebra-cabeças e sobrevivência, descritas na Tabela 5.

Categoria	Emoção	Mecânicas	Dinâmicas
Primárias	Curiosidade	Pegar, derrubar, inspecionar, andar, agachar, interagir, criar itens, atacar, defender, uso de recursos.	Exploração do cenário, menu de criação, interação de itens com os cenários, inventário, sistema de combate, transporte de itens.
	Medo	Contador de tempo, fome e sede, perigos de ambiente, animais perigosos, indicadores de dano, armadilhas.	Morte dos personagens, fim de jogo, pressão temporal, indicadores de fracasso, falha em resolver desafios e perda de progresso.
Pontuais	Frustração	Relógios e contadores, tela de fim de jogo, reinício de fases, respostas incorretas, dano e morte do personagem.	Fim de jogo, pressão temporal, reinício de progresso, soluções incorretas, interrupção de progresso.
	Alívio	Relógios e contadores, tela de nível concluído, indicadores de sucesso, soluções corretas, sons de sucesso, escapar.	Resolver quebra-cabeças, derrotar inimigos, solucionar desafios, escapar da situação de perigo, encontrar e gerenciar recursos.
	Contentamento	Conquistas, telas de nível completo, indicadores de sucesso, pontuação, cronômetro, obtenção de recursos, fuga.	Desbloquear conquistas, resolver quebra-cabeças, liberar novos recursos, derrotar inimigos, salvar os personagens.
	Triunfo	Recursos raros, pontuação, indicadores de sucesso, indicador de desempenho, pontuações de outros jogadores.	Recompensar por solucionar quebra-cabeças, resolver desafios, derrotar inimigos poderosos, tabelas de ranqueamento.
Consequentes	Surpresa	Pegar, interagir, rotacionar, inspecionar, criar itens, recursos, inimigos, cenários, pistas, armadilhas.	Fim de jogo, pressão temporal, reinício de progresso, soluções incorretas, interrupção de progresso.
	Admiração	Pegar, interagir, rotacionar, inspecionar, criar itens e interação com o cenário.	Ambientação imersiva, cenários detalhados, itens e recursos destacados, possibilidade de ações.
	Entusiasmo	Novas criações, itens, recursos, inimigos, desafios, áreas e quebra-cabeças.	Diversidade de desafios, quebra-cabeças, dificuldades, desafios opcionais, exploração dos cenários.
	Divertimento	Desbloqueio de itens, recursos, cenários, quebra-cabeças, áreas do mapa, pontuação, combate, ambientação.	Sistema de progressão, sistemas de recompensa, sistemas de competição, sistemas de exploração do cenário, sistemas de combate.
Complementares	Naches	Modo multiplayer, dicas, soluções de quebra-cabeça, auxílios.	Sistemas cooperativos, dicas e auxílios, tutoriais.
	Espanto	Reviravoltas, quebras de expectativa, inimigos inesperados, armadilhas, quebra-cabeças sem soluções no momento.	Construção narrativa, exploração de cenários, inimigos em zonas seguras, perigos inesperados.
	Schadenfreude	Pistas falsas, fogo-amigo, pontos de vida, ataques, itens ofensivos, armadilhas.	Diversidade de desafios, quebra-cabeças, dificuldades, desafios opcionais, exploração dos cenários.
	Raiva	Adversários, vilões, sabotagens, armadilhas, pistas falsas, inimigos fortes	Modo online, modo <i>versus</i> , progressão da história.

Tabela 5 – CATEGORIZAÇÃO DAS EMOÇÕES NO MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES. FONTE: O AUTOR.

6.3 Planejamento de um jogo educacional

Antes de iniciar o desenvolvimento, é necessário estabelecer o conceito do jogo. A ideia, o gênero, o game design, a estrutura de desenvolvimento, como incorporar o conteúdo que se deseja transmitir nas mecânicas do jogo [3]. Portanto, com base nas pesquisas conduzidas, é necessário estabelecer os seguintes conceitos:

- O conteúdo;
- Como transmitir o conteúdo através de mecânicas;
- A documentação do jogo.

6.3.1 O conteúdo

Ao desenvolver um jogo educacional, primeiramente, deve-se estabelecer qual conteúdo ele deseja transmitir. Isso é subjetivo e vai da escolha do desenvolvedor, do cliente ou de um orientador/supervisor. Após isso, é necessário que se entenda claramente o que se quer transmitir. É primordial que se saiba exatamente sobre o que está ensinando.

Por exemplo, foi desenvolvido, em parceria com um mestrando da área, um jogo educacional que tem como objetivo transmitir o conteúdo de Linguagens Formais e Autômatos para alunos de cursos de graduação, mais especificamente, em Ciência da Computação. Foi decidido que seria ensinado sobre Autômatos Finitos Determinísticos e Linguagens Regulares.

A seguir, é necessário compreender o que são as mecânicas em jogos e como incorporar o conteúdo proposto a elas.

6.3.2 A transmissão do conteúdo através de mecânicas

Com base nas pesquisas conduzidas, é possível introduzir conteúdos educacionais em um jogo de maneira objetiva ou subjetiva, ou seja, através de uma relação direta entre as mecânicas e o conteúdo, ou através de elementos lúdicos que disfarçam o caráter educacional do jogo.

Utilizando o jogo *Castaways* como exemplo, serão apresentados Autômatos Finitos Determinísticos, ou seja, dada uma linguagem, é necessário realizar a montagem de um autômato que a construa.

Na primeira abordagem, a qual foi adotada, o jogo foi construído de uma forma em que, explorando as mecânicas básicas de utilização de itens e transporte de itens entre ilhas, o resultado final (todos os itens necessários para a construção da jangada na ilha final) representaria o autômato que constrói a linguagem pelo *layout* do nível, como ele foi construído, de forma a induzir o jogador para a resposta correta. Ao final do nível,

uma representação formal do autômato aparece, mostrando ao jogador o passo-a-passo, o autômato formado e a linguagem que ele representa.

Dessa forma, o jogador não percebe que o conteúdo está sendo apresentado e a imersão não é quebrada durante a experiência. Isso é importante para manter o foco em alta e impedir que o usuário sinta que está estudando o conteúdo. Ele está apenas explorando um jogo, e a aprendizagem é experimental, contínua e natural.

Para o entendimento da segunda abordagem, faz-se necessário uma alteração no *Game Concept* do jogo. Nessa suposição, o jogador encontra-se preso em uma sala, e deve resolver desafios para abrir portas e conseguir escapar. Para isso, são apresentados problemas de autômatos, os quais o jogador deve resolver, para progredir.

Nesse caso, o conteúdo é apresentado de maneira clara e o jogador relaciona diretamente o conteúdo com sua experiência. No entanto, esse tipo de abordagem deve ensinar ao usuário previamente tudo que é necessário para que ele consiga resolver o problema. Assim, corre-se o risco de prejudicar a experiência do usuário, introduzindo conceitos de maneira direta e objetiva. Dessa forma, o jogador não estaria aprendendo com o jogo, necessariamente, mas sim, aplicando seus conhecimentos em um jogo.

Seguindo a primeira abordagem, deve-se definir quais mecânicas possibilitam a transmissão do seu conteúdo e em qual estilo de jogo as mesmas se categorizam. Para isso, faz-se necessário um estudo aprofundado sobre jogos e seus gêneros, a fim de adequar a experiência ao conteúdo proposto da melhor maneira possível.

Para isso, é recomendado a procura de formações em desenvolvimento de jogos, bem como as teorias acerca dos gêneros e estilos nos quais as mecânicas propostas para a transmissão do conteúdo abordado melhor se encaixam, e quais emoções tais tipos de jogos costumam invocar em seus jogadores. Outra alternativa é explorar gêneros de jogos, e quais mecânicas são essenciais para a construção do mesmo, possibilitando o estabelecimento de uma relação entre o conteúdo proposto e o gênero no qual se encaixa. Isso será importante para o *Game Concept* mais à frente.

6.3.3 A definição das propriedades do jogo

Apesar de possuírem finalidades diferentes, o *Game Design Document* e o *Game Concept* não são mutuamente exclusivos, ou seja, a criação de um não dispensa a elaboração do outro. Após a construção do seu *Game Concept*, outros fatores, presentes no GDD, ainda deverão ser definidos.

Tendo isso em mente, a seguir serão percorridos as propriedades do GDD e do *Game concept*, a fim de auxiliar na construção dos mesmos. Primeiramente, serão abordados os elementos presentes no *Game Concept*.

6.3.4 Propriedades do *Game Concept*

A seguir, estão descritas em detalhes, as etapas de construção de um *Game Concept*:

6.3.4.1 Descrição do jogo

Nessa etapa, será definida a história do jogo. Ela deve ser condizente com as mecânicas principais e com o conteúdo educacional que será implementado.

Aqui, é necessário exercer a criatividade e o conhecimento sobre jogos, bem como sobre literatura, para decidir como as mecânicas contribuem para o *storytelling*. Recomenda-se que sejam explorados jogos com mecânicas similares e que as histórias sejam estudadas, assim como temáticas, para determinar como a mecânica adotada se aplicaria nesses casos, qual a influência da mecânica sobre essas histórias, etc.

Além disso, é recomendado que sejam realizadas pesquisas sobre diversão e imersão em jogos e que a presença desses princípios no jogo educacional seja tomada como essencial, pois, além de uma ferramenta educativa, o jogo educacional deve ser divertido para que o conhecimento seja transmitido de uma maneira natural.

Por exemplo, para transmitir o conteúdo de Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos, foi decidido que uma estória sobre naufragos que devem transportar recursos entre ilhas seria um elemento lúdico adequado à proposta. Assim, a constante sensação de perigo e fracasso iminente seria um dos maiores elementos motivadores durante a experiência do jogador. Essa premissa mantém o jogador focado o tempo todo, pois um erro pode ter consequências catastróficas para os personagens do jogo.

Além disso, toda a divisão de níveis, sistema de progressão, condição de vitória, devem estar definidos nessa descrição também.

Aqui, uma autoavaliação dos conhecimentos e da capacidade de programação deve ser realizada, levando em conta a sua familiaridade com as ferramentas utilizadas e o estilo adotado. Com isso em mente, e sabendo quanto tempo lhe é disponibilizado para o projeto, deve-se definir como o seu jogo irá progredir e como o conhecimento será dividido ao longo da experiência. Em cada nível, etapa, ou fase, as condições de vitória ou derrota devem ser estabelecidas.

Por exemplo, o jogo *Castaways* foi dividido em 5 fases, com três níveis cada. A primeira fase aborda linguagens finitas, com seus três respectivos níveis tendo uma dificuldade crescente. Além disso, é nesse nível que o tutorial do jogo estaria situado, ensinando o jogador sobre como vencer, como perder e como utilizar as mecânicas implementadas ao seu favor. A segunda fase aborda Linguagens com repetição e a terceira, linguagens de qualquer ordem e/ou qualquer tamanho.

As quartas e quintas fases seguem uma abordagem diferente, possuindo um caráter avaliativo. Na fase quatro, o jogador é confrontado com uma linguagem, e deve construir o autômato que a representa. Já no caso da fase cinco, é apresentado um autômato, e ele deve identificar a linguagem a qual o mesmo constrói.

6.3.4.2 Premissa

Exclusiva ao *Game Concept*, é uma frase de impacto, que resume a descrição do jogo e tem como objetivo chamar a atenção para a sua ideia. Aqui, resume-se a ideia do jogo em uma frase.

Por exemplo, para o jogo *Castaways*, foi definida a seguinte premissa: “Ajude um grupo de náufragos a construir uma jangada e escapar da ilha antes que seja tarde demais!”.

6.3.4.3 Motivação do jogador

Aqui, são definidos quais elementos presentes no jogo são responsáveis por mover o jogador durante a sua experiência, o que motiva o jogador a atingir o objetivo proposto.

Por exemplo, foi decidido para o jogo *Castaways* que a principal motivação do jogador seria conseguir salvar todos os náufragos das ilhas, sem que nenhum fique para trás. Isso gera um desafio que promove a exploração dos níveis, o raciocínio lógico, e a resolução de quebra-cabeças.

6.3.4.4 Diferencial

Nessa seção, deverá ser feita uma pesquisa sobre a área, os jogos educacionais relacionados, qualquer ferramenta de ensino que se relacione com o conteúdo que será transmitido. A partir dessas informações, é possível estabelecer qual é a característica do jogo que o diferencia das outras ferramentas presentes na área.

Por exemplo, o jogo *Castaways* se diferencia das outras ferramentas pelo seu elemento lúdico, já que existe na área um foco muito grande em simuladores de autômatos, ferramentas de auxílio visual, enquanto o jogo explora a diversão e a imersão como característica diferenciadora.

6.3.4.5 Público-alvo

Relativamente simples, o público alvo deve estar diretamente relacionado com o conteúdo apresentado. Se o conteúdo é de nível fundamental, seu público alvo são os alunos do ensino fundamental.

O jogo *Castaways* tem como público alvo alunos de graduação, mais especificamente, do curso de Ciência da Computação.

6.3.4.6 Gênero

Com base na sua mecânica principal, deve-se definir em qual gênero essa mecânica se encaixa. Para isso, é recomendável uma pesquisa de jogos que tenham mecânicas parecidas e em qual gênero eles se encaixam. Assim, é possível definir a qual gênero o jogo educacional pertence.

Por exemplo, devido às suas mecânicas de logística, gerenciamento de recursos, *problem solving*, foi identificado que o jogo *Castaways* se encaixa, principalmente, no gênero de estratégia.

6.3.4.7 Classificação etária

Essa seção é definida pelos elementos visuais e sonoros presentes no jogo. Violência gráfica, sangue, nudez, linguagem imprópria contribuem para a restrição de idade. Para um jogo educacional, é recomendado que nenhum desses elementos estejam presentes, devido à incompatibilidade desse tipo de conteúdo com a educação. Portanto, a classificação etária deve ser a menor possível, no caso, livre para todos os públicos.

6.3.4.8 Plataforma e requisitos de hardware

Novamente, essa etapa requer pesquisas e autoavaliações. Existem diversas ferramentas de desenvolvimento gratuitas, portanto, recomenda-se a escolha da ferramenta mais adequada ao estilo de trabalho, condição e conhecimento do desenvolvedor, bem como a adequação ao estilo adotado para o jogo.

Quanto aos requisitos de hardware, recomenda-se os melhores possíveis que estejam dentro do alcance do desenvolvedor. Elementos como placas gráficas, memórias RAM, memórias SSD, processadores devem ser priorizados, porém, qualquer ferramenta disponível atualmente é capaz de suprir as necessidades básicas.

Para o jogo *Castaways*, decidiu-se pela utilização da ferramenta de desenvolvimento Unity, por ser gratuita e pela familiaridade do desenvolvedor com a mesma.

6.3.4.9 Licença

Aqui, deve ser referenciado qualquer elemento que será utilizado no desenvolvimento que requer uma licença para uso. No entanto, recomenda-se a exploração de conteúdo de uso livre e gratuito, contanto que se adequem à necessidade do projeto.

6.3.4.10 Análise competitiva

Nessa etapa, deve ser analisado o impacto que o jogo educacional deve causar no mercado em que ele estará presente, levando em consideração o seu diferencial. Além da pesquisa, é necessário realizar uma análise de potencial da sua ferramenta.

6.3.4.11 Storyboard

Por fim, serão colocadas ilustrações, protótipos de tela, imagens, enfim, artefatos para auxiliar na visualização do seu projeto. Nessa etapa, devido à ausência de uma visualização concreta, recomenda-se o uso de ilustrações para fornecer uma aproximação concreta do que é esperado.

6.3.5 Propriedades do GDD

A seguir, estão descritas em detalhes, as etapas de construção de um GDD:

6.3.5.1 Identidade

Similar à descrição do jogo no *Game Concept*, deve ser feito um breve resumo do que se trata o seu jogo, qual é a sua história.

6.3.5.2 Descrição da mecânica principal

Aqui, será descrita a mecânica na qual o seu jogo irá se basear, como o jogo irá funcionar.

Por exemplo, no caso do jogo *Castaways*, sua mecânica principal é o transporte de recursos entre ilhas. Ou seja, haverão várias ilhas, com naufragos presos nelas, os quais devem coletar recursos e jogá-los para outras ilhas, a fim de levar todos os recursos para uma ilha final, construir uma jangada e escapar.

6.3.5.3 Características

Uma propriedade não presente no *Game Concept*, aqui são definidos e explicados os elementos que estarão presentes no jogo, sua ambientação, a movimentação do personagem, etc.

Para isso, deve-se definir mais especificamente a maneira na qual o jogo irá funcionar, como a mecânica principal será implementada nos níveis, como a progressão irá funcionar, o que isso irá requerer do jogador, mecânicas secundárias, etc. Novamente, é necessário um estudo aprofundado do funcionamento de um jogo, como as mecânicas interagem com o jogo e o jogador e como as mecânicas influenciam na progressão e no ensino.

Por exemplo, o jogo *Castaways* é ambientado em um arquipélago com várias ilhas, cada naufrago é controlado separadamente, um por vez, cada ilha possui um determinado recurso, exige um raciocínio lógico do jogador, etc.

6.3.5.4 Arte

A escolha da direção artística influencia não somente como o jogo é apresentado, mas também como ele é experienciado, sendo um dos pontos essenciais no processo de desenvolvimento. Nesse aspecto, existem infinitas possibilidades e direções. Diferentes estilos representam diferentes emoções e facilitam que a experiência seja apresentada ao jogador da maneira desejada. Entretanto, muitas vezes, devido a limitações de escopo e tempo de produção, recursos gratuitos possuem um maior peso na seleção de qual estilo usar, resultando em uma economia de tempo e esforço.

Além disso, um fator essencial durante a etapa de planejamento é a decisão da produção de um jogo 2D ou 3D. Tal escolha impacta diretamente futuras decisões. Dito isso, apesar de parecer mais simples, o estilo 2D requer muito mais trabalho. A maioria dos recursos gráficos disponíveis são no estilo 3D. Supondo que seja desejada a criação de apenas um personagem, que consegue andar, pular, atacar, agachar e olhar para os oito pontos, cardiais e colaterais. faz-se necessário um *sprite* (desenho) olhando para as oito direções, em cada uma das ações possíveis, ou seja, 32 (4x8) estados diferentes para apenas um objeto. A maioria dos recursos gratuitos disponíveis não possuem essa variedade, o que dificulta o processo de desenvolvimento.

No caso de jogos 3D, devido à manipulação de um modelo, ao invés de um *sprite*, faz-se disponível a colocação do mesmo em qualquer posição que seja necessária. Apesar da implementação das mecânicas ser complicada, a disponibilidade de recursos é muito maior, facilitando o trabalho inicial, de maneira considerável.

Para o caso do jogo *Castaways*, foi adotado um estilo 3D *Low Poly*, o qual tem uma enorme disponibilidade de recursos gratuitos, facilitando muito o processo de desenvolvimento.

6.3.5.5 Trilha sonora

Define-se aqui o estilo musical adotado para o jogo. Músicas possuem um enorme poder de manipulação emocional, o que contribui para o envolvimento do jogador na experiência proposta. Dito isso, existem diversos sites voltados para a distribuição gratuita de músicas e efeitos sonoros, como *Freesound* [59] e *Pixabay* [60], livres de direitos autorais.

6.3.5.6 Interface/Controles

Essa propriedade tem como objetivo estabelecer como o jogador irá controlar o personagem e os elementos presentes no jogo, bem como a interface na qual o jogador irá interagir com a ferramenta. Essa decisão é subjetiva, portanto, recomenda-se um estudo sobre a implementação de UIs (*User Interfaces*, ou interfaces de usuário) em jogos, quais controles são mais utilizados, dependendo de suas ferramentas de veiculação (computa-

dores, videogames, celulares), como são controladas as mecânicas disponíveis no jogo, etc.

Para o jogo *Castaways*, foi decidido que o jogador controlaria tudo com o mouse, exceto pelo *pause*, que se situa no botão “esc” do teclado. Além disso, as transições de um estado para outro ficariam marcadas em uma UI no canto da tela.

6.3.5.7 Dificuldades

Aqui, são definidos quais serão os desafios que o jogador deverá enfrentar e superar durante sua experiência. Esses desafios estão diretamente relacionados com as mecânicas, o esquema de progressão e o *design* de níveis adotados.

No jogo *Castaways*, a maior dificuldade do jogador é resolver os níveis de maneira correta, os quais possuem um aumento gradual de complexidade.

6.3.5.8 Personagem

Nessa etapa, uma breve descrição do(s) personagem(ns) deve ser feita. Como ele é, como ele age, como se comporta, etc.

Como o jogo *Castaways* não possui foco em um personagem em si, mas sim no conjunto como um todo, essa descrição se resume em naufragos presos em ilhas.

6.3.5.9 Cronograma

Nessa seção será definido o cronograma para o desenvolvimento do jogo. Recomenda-se que o processo de desenvolvimento seja dividido em metas e que o cumprimento dessas metas possuam uma data de entrega específica. Recomenda-se que sejam procurados métodos de divisão de trabalhos, como por exemplo, a metodologia Scrum [61], para facilitar no desenvolvimento do cronograma.

Para o jogo educacional *Castaways*, foi estabelecido um cronograma baseado na metodologia Scrum.

6.3.5.10 Definições gerais

Nessa propriedade são definidas as características que não foram abordadas anteriormente, a maioria delas estando presentes na seção de descrição do jogo do *Game Concept*.

6.4 O processo de desenvolvimento

Com o documento construído, inicia-se a etapa de desenvolvimento. Aqui, serão implementadas as mecânicas, as dinâmicas, a estética, enfim, todas as características que

foram decididas para o seu jogo.

Primeiramente, é necessário realizar a coleta de *assets* para o jogo, ou seja, os elementos que serão utilizados para a construção de cenários, personagens, itens, ferramentas, etc. Levando em consideração o estilo adotado para a construção do seu jogo, a maioria desses recursos pode ser encontrada gratuitamente em diversos sites voltados ao desenvolvimento de jogos, como itch.io [62], Unity Asset Store [63] e Kenney [64]. Quanto maior for o número de recursos à disposição, mais fácil será o processo de desenvolvimento.

Após isso, é recomendado que todos os recursos sejam manipulados a fim de facilitar o seu uso. Manipular os recursos que estão disponíveis, deixando-os de uma forma que seja a mais próxima do que pretende-se utilizar, para que a utilização seja mais simplificada. Devem ser construídos modelos pré-fabricados de cenários, itens, personagens, para que eles estejam prontos para uso sem a necessidade de grandes ajustes.

Por exemplo, para o jogo educacional *Castaways*, foram criadas diversas ilhas, que servem como terreno base para a construção de um cenário. Ou seja, ao invés de todos os terrenos terem que ser fabricados conforme o uso, esses modelos servem para acelerar o processo. Além disso, todos os itens já possuem os seus componentes implementados e configurados, podendo assim distribuí-los ao redor do nível sem a necessidade de construir cada objeto, cada vez que ele for utilizado.

A seguir, é importante que todas as mecânicas sejam implementadas e testadas, para que a construção dos níveis, cenários, fases, etc, sejam mais simples. Um cenário de teste deve ser criado, no qual todas as mecânicas que estarão presentes no jogo possam ser testadas de uma só vez, procurando corrigir problemas e facilitando a criação de níveis mais à frente. Além disso, todas as mecânicas devem ser implementadas, antes que se possa implementar os métodos de avaliação do jogo educacional, afinal, é necessário saber exatamente como o jogo funciona, como o jogador deve progredir, para poder avaliar seus conhecimentos e suas capacidades com maior precisão.

A partir disso, inicia-se a etapa de construção dos níveis. Aqui são definidos: a curva de aprendizagem, a progressão da dificuldade, a esquematização do progresso, os passos necessários para que o jogador conclua o nível, enfim, a transformação de suas mecânicas e seus elementos em um jogo em si. Deve-se definir um sistema de progressão em que a dificuldade aumente, respectivamente ao conteúdo proposto, mas que essa dificuldade não chegue em um grau em que se torne frustrante demais, ao ponto de dissuadir o jogador da experiência que será apresentada.

Por exemplo, para o jogo *Castaways*, cada nível foi pensado e construído de uma forma em que a dificuldade de sua resolução seja condizente com o conteúdo apresentado, ou seja, os níveis ficam mais difíceis conforme o conteúdo fica mais complexo.

Na primeira fase, responsável por introduzir o jogador à proposta e ensinar a ele

como as mecânicas funcionam, isto é, o tutorial, os níveis abordam linguagens finitas, que têm autômatos muito simples, fáceis de entender. No primeiro nível, a linguagem é composta pela palavra $\{aa\}$, no segundo, composta pela palavra $\{aba\}$, e no terceiro, $\{abc\}$, definidos sob o alfabeto $\Sigma = \{a, b, c\}$.

Na segunda fase, não há auxílio na conclusão dos níveis. O jogo assume que o jogador é capaz de resolver os níveis por conta própria, então, os níveis começam a ter indução ao erro, vários caminhos que não levam ao final desejado, mais ilhas para se explorar recursos, etc. Nessa fase, começam a ser exploradas linguagens com repetição, com o primeiro nível sendo a linguagem $\{ab^n/n > 0\}$, o segundo sendo $\{abcd^n/n > 0\}$ e o terceiro, $\{a^nb^m d/n, m > 0\}$.

Na terceira fase, são abordadas linguagens de qualquer ordem e/ou qualquer tamanho. No primeiro nível, a linguagem $\{w \in \{0, 1\}^*\}$, no segundo, $\{w \in \{a, b, c, d, \}^*\}$ e, na terceira, $\{w \in \{0, 1\}^* / \text{com } 0 \text{ e } 1 \text{ ímpares}\}$.

As fases quatro e cinco serão discutidas durante a seção de implementação das técnicas de avaliação pedagógica, mais à frente.

Por fim, após a estrutura base do seu jogo educacional estar implementada, os níveis montados e a progressão definida, obtém-se um jogo funcional. Na sequência serão implementados os métodos de avaliação no jogo.

6.5 A implementação dos métodos de avaliação em um jogo educacional

6.5.1 Avaliação Diagnóstica

Com base no fato de que o estudo de caso é um jogo único, não há uma relação direta do tipo de avaliação diagnóstica com um jogo educacional exclusivo, apenas com sequências diretas que exploram conteúdos dependentes.

6.5.2 Avaliação Formativa

A avaliação formativa é a parte mais relacionável com jogos educacionais. É intrínseca ao processo de desenvolvimento de jogos a inclusão de ferramentas que quantificam e avaliam o desempenho, sejam pontuações, tempo decorrido, classificações, etc. Devido a isso, a avaliação formativa é a mais aplicável ao desenvolvimento de jogos educacionais e seus dados são os mais importantes no processo de avaliação de aprendizagem através de um jogo educacional.

Na avaliação formativa, torna-se possível obter um *feedback* detalhado do desempenho do jogador conforme o decorrer de sua experiência, ou seja, quanto mais bem relacionada for a coleta de dados do jogador durante a experiência com as medidas de

progresso e aprendizagem adotadas para algum respectivo conteúdo, mais efetivo será o aprendizado. O professor ganha a capacidade de analisar os dados obtidos conforme eles são apresentados, podendo visualizar onde os alunos estão tendo dificuldades ou facilidades e permitindo-o ser mais efetivo na abordagem da solução dessas dificuldades.

Portanto, é importante saber como quantificar o aprendizado do conteúdo abordado e como esses dados podem ser coletados através de um jogo educacional. Esse é um processo que requer estudo e um conhecimento aprofundado do conteúdo que está sendo implementado. Aqui, recomenda-se o acompanhamento de um professor da área, para que sejam dadas instruções de que dados são mais importantes de serem coletados para quantificar o aprendizado de tal conteúdo. Além disso, também é necessário saber como implementar essa coleta de dados no jogo educacional através de mecânicas.

Para isso, podem ser analisados exemplos em jogos já existentes, com fins educacionais ou não, e como eles quantificam o desempenho em seus níveis. Mecânicas como: pontuações, quadro de líderes (pessoas que tiveram a melhor pontuação em um determinado nível), melhores tempos, soluções mais criativas, quantidade de erros, quantidade de acertos, reinícios, porcentagem de erros, porcentagem de acertos, média de erros em todos os níveis, média de acertos em todos os níveis, menor tempo, maior precisão, média de tempo, tempo total para a conclusão, vezes jogadas, quantidade de repetições de um mesmo nível, médias globais (de todos os que jogaram) de níveis concluídos, níveis com maior porcentagem de erros, etc. Esses tipos de dados variam de acordo com a necessidade de cada jogo, a competitividade, o fato de um jogo ser *online* ou não e podem ser pontuações pessoais ou globais.

Para o jogo *Castaways*, foi elaborado um sistema de coleta de dados, a fim de determinar o nível de entendimento dos alunos com o conteúdo, onde estão os maiores problemas, e permitir ao avaliador abordar cada ponto de maneira mais atenciosa.

Como a primeira fase tem como objetivo introduzir o jogador em sua experiência, e ensiná-lo sobre o funcionamento do jogo, bem como a relação de suas mecânicas com o conteúdo de Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos, nenhum dado foi coletado durante os níveis dessa respectiva fase.

A partir da segunda fase, o jogador não é mais guiado por um caminho específico e a indução ao erro é introduzida à experiência. Nessa fase, o jogador é livre para abordar os problemas apresentados da maneira que quiser e deve encontrar as soluções para os mesmos seguindo a sua própria lógica, explorando as possibilidades por conta própria. O mesmo vale para a terceira fase e seus respectivos níveis.

Portanto, a partir da segunda fase, os dados estabelecidos como importantes para o conteúdo começam a ser coletados e, conforme o jogador progride em um nível, informações são adquiridas em relação à sua abordagem, como mostra a Tabela 6:

Dado coletado	Presença no jogo	Justificativa da coleta	Utilidade pedagógica
Tempo	O tempo decorrido desde que o jogador iniciou um nível, até a sua resolução.	Quantificar a velocidade em que o jogador encontrou a solução correta para o problema.	A medição da quantidade de tempo decorrida para a solução serve para mensurar o entendimento da estrutura do nível, isto é, do autômato montado para ser a solução do mesmo.
Quantidade de reinícios	Cada vez que o jogador atinge um estado em que o problema não pode ser resolvido, o nível reinicia.	Determinar em que níveis há mais dificuldade na resolução do problema apresentado.	O reinício acontece quando há algum erro que impossibilita a construção do autômato. Então, a quantidade de reinícios serve como parâmetro para medir a dificuldade de um nível e do entendimento do aluno sobre o mesmo.
Solução ótima	Se a solução encontrada pelo jogador era a melhor possível para o problema, ou seja, o autômato possui o menor número de estados possíveis para a construção da linguagem.	Determinar a eficácia do jogador em analisar o problema e entender a lógica de um determinado nível de maneira eficiente.	O aluno resolver o nível da melhor maneira possível implica em um entendimento mais aprimorado da disciplina e uma facilidade na aprendizagem e entendimento da mesma.
Quantidade de estados inúteis	Estados do autômato formado que não contribuem para a construção da linguagem.	Complementar os dados de solução ótima, a fim de quantificar ainda mais o entendimento (ou a falta de) sobre o conteúdo.	Estados inúteis implicam que o aluno conseguiu atingir o objetivo, porém ainda não entende completamente o conteúdo e não é capaz de montar o autômato de uma maneira mais eficiente.

Tabela 6 – DADOS COLETADOS PARA A AVALIAÇÃO FORMATIVA NOS NÍVEIS DA SEGUNDA E TERCEIRA FASES DO JOGO *CASTAWAYS*. FONTE: O AUTOR.

Os dados coletados foram definidos baseados em exercícios comuns do conteúdo abordado [52, 53, 54, 55, 56] e foram escolhidos de acordo com a sua justificativa pedagógica, sua relação com a resolução de exercícios e com os medidores de desempenho comuns na resolução dos mesmos. Por fim, esses foram os dados determinados como importantes para realizar a avaliação formativa do aluno ao longo de sua experiência para o jogo

Castaways.

6.5.3 Avaliação Somativa

A Avaliação Somativa é responsável por medir os conhecimentos adquiridos durante o processo de aprendizagem, quantificar a absorção de conteúdo e o entendimento do mesmo. Pode ser realizada através da ferramenta, ou de maneira externa a ela. Esse tipo de avaliação é extremamente importante para determinar a efetividade de um jogo educacional na transmissão de seu conteúdo. Os dados coletados ao final da experiência servem para credibilizar o uso desta ferramenta para o ensino pedagógico, visto que jogos educacionais são pouco abordados como uma ferramenta de ensino viável, principalmente em áreas de ensino mais avançadas, como o ensino médio e o ensino superior.

Dito isso, duas opções podem ser adotadas para aplicar esse tipo de avaliação pedagógica: dentro do jogo educacional, através de níveis extras ou desafios; através de uma avaliação externa ao jogo. Como o propósito deste trabalho é a implementação de processos de avaliação pedagógica em jogos educacionais, a primeira opção será abordada.

A partir das mecânicas que foram estabelecidas para promover a transmissão de conteúdo, é necessária uma mecânica mais simples, voltada ao uso mais funcional, visando explicitar a relação dessa dinâmica com o que ela pretende ensinar. Ou seja, desafios, fases, níveis, mais simples, que se relacionam mais diretamente com o conteúdo e se desviam da imersão e da ludicidade de um jogo. Isso é importante, pois é uma seção do jogo educacional com um fim mais acadêmico, que fornece dados para avaliação pedagógica de alunos, necessária para a progressão do aluno em seu período letivo. Assim, é importante que esses dados sejam obtidos da maneira mais direta possível, sem interferências de desafios ou distrações que desviem o foco do usuário do propósito daquele nível ou fase.

Para o jogo *Castaways*, as fases quatro e cinco são responsáveis por avaliar os conhecimentos adquiridos durante as fases anteriores. Estas, contém níveis mais simples, que pretendem avaliar se o jogador entendeu a relação que a jogabilidade faz com o conteúdo apresentado.

Na fase quatro, são apresentadas algumas linguagens e o jogador tem a responsabilidade de construir o autômato que as representam. Aqui, os desafios de lógica sobre como solucionar um problema são deixados de lado e o jogador é livre para escolher como a fase irá progredir, a fim de atingir o objetivo (montar a linguagem proposta). Nesses níveis, o jogador funcionaria como um *game designer* de uma certa forma, sendo responsável por montar um sistema de modo a atingir um objetivo proposto. Porém, nesse caso, toda parte de desafio, coleta de recursos, indução ao erro, o sentimento de *high stakes*¹ que os

¹ Uma situação de *high stakes* é uma situação em que o sucesso ou fracasso implicam em sérios riscos ou perda monetária

níveis anteriores proporcionaram, ficam de fora e dão espaço para a mecânica mais básica do jogo, que se relaciona diretamente ao processo de construção de uma linguagem.

Já na quinta fase, diversos autômatos são apresentados e o jogador tem como objetivo identificar qual linguagem aquele autômato a representa. Seus níveis possuem nenhuma ou pouca interatividade, o jogador não é capaz de alterar a progressão dos acontecimentos, mas sim, é um espectador em um sistema fechado e tem como único objetivo analisar os acontecimentos e fornecer uma resposta correta sobre o que foi visto.

Além dessas duas fases avaliativas, outros tipos de avaliação diagnósticas podem ser efetuados, sem a utilização do jogo para esse fim. Isso permite uma avaliação mais precisa e particular ao que o professor julga ser mais importante ter sido aprendido, contanto que seja condizente com o conteúdo que o jogo pretende ensinar.

6.5.4 União dos métodos de avaliação em um jogo educacional

A Tabela 7 resume os três tipos de avaliação, suas definições, suas condições de aplicação, como elas se aplicam no contexto de jogos educacionais, sua importância, e como foram aplicadas ao estudo de caso:

	Avaliação Diagnóstica	Avaliação Formativa	Avaliação Somativa
Definição	Realizada antes do contato com a ferramenta para verificar a ausência ou presença de habilidades e conhecimentos necessários para a aprendizagem.	Realizada ao longo do processo, continuamente, para verificar se os objetivos estão sendo alcançados e os obstáculos que estão sendo encontrados.	Realizada após o contato com a ferramenta, classifica os resultados alcançados pelos alunos e quantifica o processo avaliativo.
Condição de aplicação	Seqüência de um jogo educacional anterior, abordando o mesmo conteúdo ou um conteúdo subsequente do abordado no antecessor.	O aplicador deseja coletar dados durante a experiência e interferir de maneira individual nas dificuldades de aprendizagem.	O aplicador deseja quantificar o aprendizado adquirido através da ferramenta.
Implementação em jogos educacionais	Sem relação direta com jogos educacionais, subjetiva ao conteúdo apresentado e realizada fora da ferramenta, exceto em casos de jogos educacionais sequenciais.	Diretamente relacionada com o processo de desenvolvimento de jogos educacionais, depende da coleta de dados durante a experiência para ser realizada e captura dados como pontuações, melhores tempos, quantidades de erros, reinícios, porcentagem de erros, menor tempo, maior precisão, média de tempo, tempo total, dentre outras, para determinar as dificuldades durante a experiência.	Pode ser aplicada através da ferramenta, como em fases extras/bônus mais simples, que são mais diretamente relacionáveis com o conteúdo, por questões de clareza, ou de maneira externa a ela, através de avaliações, questionários, pesquisas, sendo uma escolha do professor que está aplicando a ferramenta.
Importância pedagógica	Importante para determinar se o estudante tem a base necessária para aprender o novo conteúdo e também, detectar a falta de algum conhecimento necessário para a aprendizagem.	Importância diretamente relacionada com o intuito do professor, a necessidade da coleta dos dados é diretamente proporcional com a intenção do professor em abordar as dificuldades de maneira mais pessoal e efetiva.	Determinante para quantificar o aprendizado dos alunos e a efetividade da ferramenta na transmissão do conteúdo.
Estudo de caso	Não aplicada.	Sistema de classificação, coleta e quantificação de dados, classificados como importantes, com base nos dados mais importantes para analisar a aprendizagem do conteúdo.	Aplicada de maneira interna à ferramenta, com dois níveis extras que avaliam de maneira mais direta e simplificada o aprendizado do aluno com relação ao conteúdo.

Tabela 7 – RESUMO DO GUIA PARA INCLUSÃO DE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS EDUCACIONAIS. FONTE: O AUTOR.

6.6 Adição das emoções ao modelo de avaliação de um jogo educacional

Como dito anteriormente, é possível relacionar as mecânicas presentes no jogo com os processos de aprendizagem. Sendo assim, é possível estabelecer uma relação dessas mecânicas e dinâmicas com as emoções apresentadas, com o propósito de atingir as estéticas desejadas, para assim, facilitar a aprendizagem através do engajamento do aluno com a ferramenta.

O processo de utilização do modelo MDA baseado em emoções durante o desenvolvimento de jogos educacionais pode ser aplicado aos três tipos de avaliação pedagógica, entretanto, conforme descrito anteriormente, o processo de avaliação formativa está intrinsecamente relacionado com o uso de mecânicas e dinâmicas de avaliação conforme a progressão do jogo. Sendo assim, é possível unir a Tabela 5 à Tabela 6, estabelecendo uma relação das mecânicas e dinâmicas utilizadas no processo de desenvolvimento com as emoções e estéticas desejadas para incrementar ainda mais o processo de aprendizagem, especialmente relacionado à avaliação formativa, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – UNIÃO DOS DADOS COLETADOS PARA A AVALIAÇÃO FORMATIVA COM O MODELO MDA BASEADO EM EMOÇÕES. FONTE: O AUTOR.

Dado coletado	Mecânica	Dinâmica	Emoções	Justificativa da coleta	Utilidade Pedagógica
Tempo	Cronômetro, tempo limite, fome, sede.	Pontuação, desafio de tempo, recordes, conquistas, morte dos personagens, fim de jogo, indicadores de fracasso.	Medo Frustração Alívio Contentamento Triunfo Raiva	Quantificar a velocidade em que o jogador encontrou a solução correta para o problema.	A medição da quantidade de tempo decorrida para a solução serve para mensurar o entendimento da estrutura do nível, isto é, do autômato montado para ser a solução do mesmo.
Quantidade de reinícios	Tempo limite, fome, sede, perigos de ambiente, inimigos, armadilhas, soluções erradas	Fim de jogo, pressão temporal, indicadores de fracasso, falha em resolver desafios, perda de progresso.	Frustração Alívio Contentamento Raiva	Determinar em que níveis há mais dificuldade na resolução do problema apresentado.	O reinício acontece quando há algum erro que impossibilita a construção do autômato. Então, a quantidade de reinícios serve como parâmetro para medir a dificuldade de um nível e do entendimento do aluno sobre o mesmo.
Solução ótima	Pegar, interagir, criar itens, recursos, indicadores de sucesso, quebra-cabeças	Exploração do cenário, menu de criação, interação de itens com o ambiente, transporte de itens, resolver quebra-cabeças.	Contentamento Surpresa Entusiasmo Divertimento Naches	Determinar a eficácia do jogador em analisar o problema e entender a lógica de um determinado nível de maneira eficiente.	O aluno resolver o nível da melhor maneira possível implica em um entendimento mais aprimorado da disciplina e uma facilidade na aprendizagem e entendimento da mesma.
Estados inúteis	Pegar, interagir, criar itens, recursos, quebra-cabeças, pistas falsas, sabotagens.	Exploração do cenário, menu de criação, interação de itens com o ambiente, transporte de itens, diversidade de desafios, dificuldade de desafios.	Frustração Triunfo Naches Espanto Schadenfreude Raiva.	Complementar os dados de solução ótima, a fim de quantificar ainda mais o entendimento (ou a falta de) sobre o conteúdo.	Estados inúteis implicam que o aluno conseguiu atingir o objetivo, porém ainda não entende completamente o conteúdo e não é capaz de montar o autômato de uma maneira mais eficiente.

6.7 Guia para aplicação do modelo MDA baseado em emoções

Afim de auxiliar e guiar a utilização dos dados sintetizados na Tabela 5, foi realizado a implementação dos resultados obtidos entre a relação do modelo MDA e suas mecânicas e dinâmicas com as emoções através do desenvolvimento de um GDD [5] do projeto *Castaways*.

De acordo com as diretrizes do GDD, deve ser construído um texto básico, explicando o funcionamento do jogo de maneira geral e ampla, porém ainda inserindo quais elementos artísticos, sonoros e procedimentos de programação estarão presentes. Por conta disso, os termos sublinhados seguidos dos números de 1 até 3 indicam quais elementos representam arte, som e programação respectivamente. Em adição, foi inserida a emoção experienciada pelo jogador no momento, representada pelo número 4. A tabela 9 apresenta os elementos presentes no GDD abaixo.

Em uma ilha remota₁ cercada pelo mar_{1,2} e pelos sons dos pássaros e árvores₂, um grupo de náufragos se encontra em uma situação desesperadora₄. Eles estão presos em várias ilhas_{1,3}, cada uma delas com recursos específicos necessários para a fuga: comida, corda, madeira e muito mais_{1,3}. A esperança₄ de sobrevivência reside em uma jangada que precisa ser construída na ilha final_{1,3}. O jogador assume o papel do líder, coordenando o resgate dos náufragos. A jornada começa com a tarefa de gerenciar e transportar esses recursos₃ vitais entre as ilhas. Cada movimento₃ é uma transição em um autômato finito₃, uma peça essencial da teoria das Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos. O relógio está correndo₄, e a motivação do jogador é clara: ver todos os náufragos escaparem ilesos da situação de risco em que se encontram_{3,4}. O jogo é uma combinação única de estratégia, sobrevivência, gerenciamento de recursos, lógica e quebra-cabeça. À medida que os recursos são entregues, a jangada_{1,3} toma forma. O sucesso é alcançado quando todos os recursos necessários para a construção da jangada estão no local, e todos os náufragos estão vivos.

Essa jornada não é apenas um jogo, mas uma experiência educativa. Ao explorar o conteúdo de Linguagens Regulares e Autômatos Finitos Determinísticos de maneira interativa, o aluno aprende de forma lúdica, tornando o aprendizado de um tópico tradicionalmente complicado em algo envolvente e recompensador. O jogo é projetado para todos, com uma classificação etária livre, permitindo que pessoas de todas as idades mergulhem na experiência. No entanto, seu principal público-alvo são os alunos e professores de cursos de graduação que desejam uma maneira lúdica e inovadora de aprender sobre Linguagens Formais.

A partir da descrição narrativa desenvolvida para o GDD, é possível realizar a construção da Tabela 9 contendo os elementos de arte, som, programação e emoções que foram sublinhados no texto:

Arte	Som	Programação	Emoção
<ul style="list-style-type: none"> - Ilha Remota; - Mar; - Várias Ilhas; - Comida, corda, madeira, e muito mais; - Jangada; 	<ul style="list-style-type: none"> - Mar; - Pássaros; - Árvores; 	<ul style="list-style-type: none"> - Várias Ilhas; - Comida, corda, madeira, e muito mais; - Construir na ilha final; - Gerenciar e Transportar Recursos; - Movimentar; - Transição de Estados de Autômatos Finitos; - Escapar da ilha; - Construir Jangada; 	<ul style="list-style-type: none"> - Desespero: Medo; - Esperança: Alívio e Entusiasmo; - Relógio Correndo: Medo e Frustração;

Tabela 9 – Elementos de arte, som, programação e emoção extraídos do GDD do protótipo *Castaways*. Fonte: o autor.

Pode-se perceber a partir da Tabela 9 que as emoções desejadas no jogo são: medo, alívio, entusiasmo e frustração. Dessa forma, seguindo os resultados da Tabela 5 é possível encontrar quais dinâmicas melhor propiciam as emoções desejadas. Seguindo isso, as dinâmicas indicadas para o protótipo do *Castaways* são:

- Medo (Primária): Morte dos personagens, fim de jogo, pressão temporal, indicadores de fracasso, falha em resolver desafios e perda de progresso.
- Alívio (Pontual): Resolver quebra-cabeças, derrotar inimigos, solucionar desafios, escapar da situação de perigo, encontrar e gerenciar recursos.
- Entusiasmo (Consequente): Diversidade de desafios, quebra-cabeças, dificuldades, desafios opcionais, exploração dos cenários.
- Frustração (Pontual): Fim de jogo, pressão temporal, reinício de progresso, soluções incorretas, interrupção de progresso.

Desse modo, cada uma das emoções e dinâmicas inseridas nas diretrizes presentes na Tabela 5 acompanham mecânicas. Tais mecânicas representam sugestões de implementação. No exemplo utilizado algumas das mecânicas válidas são:

- Medo (Primária): Morte dos personagens, pressão temporal, indicadores de fracasso, falha em resolver desafios e perda de progresso;
- Alívio (Pontual): Relógios e contadores, tela de nível concluído, indicadores de sucesso, soluções corretas, sons de sucesso, escapar;

- Entusiasmo (Consequente): Novas criações, itens, recursos, inimigos, desafios, áreas e quebra-cabeças;
- Frustração (Pontual): Tela de fim de jogo, reinício de fases, respostas incorretas, dano ao personagem;

Assim, a utilização de um GDD para a análise de um jogo ou conceito pode auxiliar o desenvolvedor no processo de idealização. Isso, conseqüentemente, auxilia-o durante o processo de implementação das dinâmicas e mecânicas desejadas, visto que elas já foram previamente definidas.

7 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve por objetivo principal a realização da união do modelo MDA, das emoções humanas e dos tipos de avaliação pedagógica no processo de desenvolvimento de um jogo educacional. Além disso, como consequência desse objetivo principal, é proposto a elaboração de um guia de desenvolvimento de jogos digitais.

A pesquisa realizada teve grande enfoque na qualidade da experiência do jogador, levando em consideração diversas etapas presentes durante o planejamento e produção de um jogo. De modo similar, a correlação das emoções entre si e com os elementos de *gameplay* foram levadas em consideração durante a produção da pesquisa.

Portanto, é possível perceber que esse trabalho é uma tentativa de auxiliar o desenvolvedor no processo de criação de ferramentas lúdicas para a promoção do ensino e avaliação de um conteúdo pedagógico.

Enquanto a análise realizada neste trabalho se concentra em um único jogo, os modelos e teorias empregados, como o modelo MDA e as emoções humanas, têm potencial para serem aplicados em diversos títulos, independentemente do gênero. Portanto, além de atingir os objetivos planejados, este trabalho também serve como um ponto de partida para a análise de outros gêneros e jogos, afim de aumentar ainda mais a qualidade e o potencial pedagógico das ferramentas desenvolvidas.

Espera-se que a diretriz construída seja utilizada em futuros jogos educacionais, com o intuito de construir uma ferramenta que possa auxiliar no processo de aprendizagem de um conteúdo pedagógico.

Futuramente, deseja-se realizar a conclusão e a validação pedagógica do jogo utilizado como estudo de caso, com todas as suas funcionalidades implementadas e a liberação do mesmo para uso gratuito, para que qualquer professor da área de Linguagens Formais e Autômatos tenham acesso a essa alternativa de ensino.

REFERÊNCIAS

- [1] MOODY, D. L.; SINDRE, G. Evaluating the effectiveness of learning interventions: an information systems case study. 2003.
- [2] PETRI, G.; WANGENHEIM, C. G. von; BORGATTO, A. F. Evolução de um modelo de avaliação de jogos para o ensino de computação. In: SBC. *Anais do XXV Workshop sobre Educação em Computação*. [S.l.], 2017.
- [3] NOVAK, J. Desenvolvimento de games. *São Paulo: Cengage Learning*, p. 354–355, 2010.
- [4] GAME Concept: How To Come up With a Game Idea. 2021. Acessado em Janeiro de 2021. Disponível em: <<https://www.pluralsight.com/blog/film-games/creating-game-concept-first-step-getting-game-ground>>.
- [5] GDDS, como (e quando) criar um GDD. 2021. Acessado em Janeiro de 2021. Disponível em: <<https://producaodejogos.com/gdd/>>.
- [6] JUNIOR, H. P.; MENEZES, C. Modelo para um framework computacional para avaliação formativa da aprendizagem em jogos digitais. *XIV Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital SBGames, Trilha da Cultura, Teresina*, p. 819–828, 2015.
- [7] TAROUCO, L. M. R. et al. Jogos educacionais. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS, 2004.
- [8] SANSONE, C.; THOMAN, D. B. Does what we feel affect what we learn? some answers and new questions. *Learning and Instruction*, v. 15, n. 5, p. 507–515, 2005. ISSN 0959-4752. Feelings and Emotions in the Learning Process. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475205000575>>.
- [9] OLIVEIRA, R. et al. Avaliações em jogos educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2019. v. 30, n. 1, p. 972.
- [10] SAVI, R.; WANGENHEIM, C.; BORGATTO, A. Um modelo de avaliação de jogos educacionais na engenharia de software. *Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2011)*, São Paulo, 2011.
- [11] SAVI, R. et al. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 8, n. 3, 2010.
- [12] COUTINHO, I. de J.; ALVES, L. R. Instrumento de avaliação da qualidade de jogos digitais com finalidade educativa (iaqjed).
- [13] SYSTEMS and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE). 2021. Acessado em Janeiro de 2021. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/35733.html>>.

- [14] HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. Mda: A formal approach to game design and game research. In: SAN JOSE, CA. *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*. [S.l.], 2004. v. 4, n. 1, p. 1722.
- [15] MENEZES, P. B. *Linguagens Formais e Autômatos: Volume 3*. 6th. ed. [S.l.]: Editora Bookman, 2010. ISBN 8577807657.
- [16] FREITAS, S. L.; COSTA, M. G. N. da; MIRANDA, F. A. de. Avaliação educacional: formas de uso na prática pedagógica. *Revista Meta: Avaliação*, v. 6, n. 16, p. 85–98, 2014.
- [17] COX, K.; IMRIE, B. W.; MILLER, A. *Student assessment in higher education: a handbook for assessing performance*. [S.l.]: Routledge, 2014.
- [18] ARAUJO, G. G. de; ARANHA, E. H. d. S. Avaliação formativa da aprendizagem com instrumentação em jogos digitais: Proposta de um framework conceitual. In: *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 2, n. 1.
- [19] CINTRA, M. A. d. U. Aprendizagem de matemática utilizando jogos digitais e avaliação formativa. *Caraguatatuba, SP*, 2013.
- [20] EKMAN, P. *Emotions revealed: recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life*. 1st ed. ed. New York: Times Books, 2003. ISBN 9780805072754.
- [21] LAZZARO, N. WHY WE PLAY: AFFECT AND THE FUN OF GAMES: Designing Emotions for Games, Entertainment Interfaces, and Interactive Products. *Human-Computer Interaction*, CRC Press, p. 155–177, 12 2009.
- [22] BARTLE, R. A. et al. *Beyond game design : nine steps towards creating better videogames*. Charles River Media/Cengage Technology, 2009. 275 p. ISBN 9780495926894. Disponível em: <<https://www.goodreads.com/book/show/9822389-beyond-game-design>>.
- [23] PAULIN, R. E. Mapeamento das relações entre perfis de jogadores, tipos psicológicos, emoções e componentes de jogos eletrônicos. Universidade Federal do Paraná, 2014. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35646>>.
- [24] NUNBERG, H. Curiosity. International Universities Press, Inc, 1961.
- [25] BERKOWITZ, L. Frustration-aggression hypothesis: examination and reformulation. *Psychological bulletin*, American Psychological Association, v. 106, n. 1, p. 59, 1989.
- [26] AMSEL, A. Frustration theory: Many years later. *Psychological bulletin*, American Psychological Association, v. 112, n. 3, p. 396, 1992.
- [27] CHEOK, A. D. Acm sigchi international conference on advances in computer entertainment technology. *Computers in Entertainment (CIE)*, ACM New York, NY, USA, v. 2, n. 1, p. 3–3, 2004.
- [28] HOERL, C. Tense and the psychology of relief. *Topoi*, Springer, v. 34, n. 1, p. 217–231, 2015.

- [29] CORDARO, D. T. et al. Contentment: Perceived completeness across cultures and traditions. *Review of General Psychology*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 20, n. 3, p. 221–235, 2016.
- [30] EUPHORIA. (n.d.). In Alleydog.com's online glossary. Acessado em Maio de 2023. Disponível em: <<https://www.alleydog.com/glossary/definition.php?term=Euphoria>>.
- [31] MELLERS, B. A. Choice and the relative pleasure of consequences: Correction. American Psychological Association, 2001.
- [32] GREENSON, R. R. On enthusiasm. *Journal of the American psychoanalytic association*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 10, n. 1, p. 3–21, 1962.
- [33] BERKOWITZ, L. Anger. John Wiley & Sons Ltd, 1999.
- [34] Valve Corporation. *Portal*. 2007. Jogo eletrônico.
- [35] Phil Fish. *Fez*. 2012. Jogo eletrônico.
- [36] Arvi Teikari. *Baba Is You*. 2019. Jogo eletrônico.
- [37] HUBANA, R. Influences of puzzle videogames on logical reasoning. In: SPRINGER. *Advanced Technologies, Systems, and Applications VI: Proceedings of the International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies (IAT) 2021*. [S.l.], 2021.
- [38] REID, S.; DOWNING, S. Survival themed video games and cultural constructs of power. *Loading...*, v. 11, n. 18, 2018.
- [39] HALL, T. *DOOM Bible*. Revision Number .02. Date: 11/28/92.
- [40] Condor, INC. *Diablo - Game Concept by Condor, INC*. 1996.
- [41] DMA Design Ltd. *Race'n'Chase Game Design - Grand Theft Auto*. 1995. Version 1.05. March 22, 1995.
- [42] GALHARDI, A. C.; AZEVEDO, M. M. d. Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de bloom. In: *Anais do VII Workshop Pós-graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza, São Paulo*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 1, n. 1, p. 237–247.
- [43] VICTAL, E.; MENEZES, C. Avaliação para aprendizagem baseada em jogos: Proposta de um framework. *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, p. 970–977, 2015.
- [44] FREITAS, S. L.; COSTA, M. G. N. da; MIRANDA, F. A. de. Avaliação educacional: formas de uso na prática pedagógica. *Revista Meta: Avaliação*, v. 6, n. 16, p. 85–98, May 2014.
- [45] SANTINI, L. F. S. L. et al. Jogos no ensino de linguagens formais e autômatos: Um mapeamento sistemático. *Grupo de Pesquisa Manna - Jogos*, 2023.
- [46] SUSI, T.; JOHANNESSON, M.; BACKLUND, P. *Serious Games An Overview*. [S.l.], 2007.

- [47] TERRA, R. *Dados da disciplina de Linguagens Formais e Autômatos*. [S.l.], 2016.
- [48] PESSINI, A. et al. O uso de jogos sérios na educação em informática: Um mapeamento sistemático. In: *Anais da XIX Conferência Internacional sobre Informática na Educação (TISE14)*. Fortaleza: [s.n.], 2014. p. 537–541.
- [49] KITCHENHAM, B.; BRERETON, P. A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, v. 55, n. 12, p. 2049–2075, December 2013.
- [50] BATTISTELLA, P. E.; WANGENHEIM, C. G. von. Games for teaching computing in higher education: a systematic review. *IEEE Technology and Engineering Education*, v. 1, n. 9, p. 8–30, March 2016.
- [51] PIETRUCHINSKI, M. H. et al. Os jogos educativos no contexto do sbie: uma revisão sistemática de literatura. In: *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE12)*. São Paulo: USP, 2012. v. 1.
- [52] VIEIRA, N. J. *Introdução aos Fundamentos da Computação*. [S.l.]: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- [53] MENEZES P. B. AND DIVERTIO, T. A. *Teoria da Computação: Máquinas Universais e Computabilidade*. [S.l.]: 3ª edição Bookman, 2011.
- [54] MENEZES, P. B. *Linguagens Formais e Autômatos*. [S.l.]: 6ª edição. Ed. Artmed., 2011.
- [55] SIPSER, M. *Introdução à Teoria da Computação*. [S.l.]: ed. Cengage Learning, 2007.
- [56] HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D.; MOTWANI, R. *Introdução à Teoria de Autômatos, Linguagens e Computação*. [S.l.]: Ed. Campus, 2002.
- [57] LEITE, L. et al. Montanha de chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de teoria da computação. In: SBC. *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*. [S.l.], 2014. p. 110–119.
- [58] ALONSO-FERNÁNDEZ, C. et al. Lessons learned applying learning analytics to assess serious games. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 99, p. 301–309, 2019.
- [59] FREESOUND. *Freesound*. 2023. Accessed: November 23, 2023. Disponível em: <<https://freesound.org/>>.
- [60] PIXABAY. *Pixabay Sound Effects*. 2023. Accessed: November 23, 2023. Disponível em: <<https://pixabay.com/sound-effects/>>.
- [61] SACHDEVA, S. Scrum methodology. *Int. J. Eng. Comput. Sci*, v. 5, n. 16792, p. 16792–16800, 2016.
- [62] itch.io. *itch.io*. 2023. Accessed: November 23, 2023. Disponível em: <<https://itch.io/>>.
- [63] Unity Technologies. *Unity Asset Store*. 2023. Accessed: November 23, 2023. Disponível em: <<https://assetstore.unity.com/top-assets/top-free>>.

- [64] VLEUGELS, K. *Kenney*. 2023. Accessed: November 23, 2023. Disponível em: <<https://www.kenney.nl/>>.

Apêndices

TRABALHOS PUBLICADOS PELO AUTOR

1. Maurilio Martins Campano Junior, Henrique Cristovão de Souza, Alan Salvany Felinto, **Avaliação Pedagógica com Base na União dos Componentes dos Jogos Educacionais e das Teorias de Aprendizagem**, XIX SBGames, Novembro/2020
2. Henrique Cristovão de Souza, Maurílio Martins Campano Junior, Alan Salvany Felinto **Inclusão das Avaliações Formativa e Somativa no Processo de Desenvolvimento de um Jogo Educacional: Um Estudo de Caso no Projeto do Jogo Castaways**, XX SBGames, Outubro/2021
3. Rafael S. Casamaximo, Henrique C. de Souza, Lucas D. Veríssimo, Luis F. L. Migliorini, Elieser B. Manhas Júnior, Alan S. Felinto, **Diretrizes para o desenvolvimento de jogos do gênero Escape Room utilizando o modelo MDA baseado em emoções**, XXI SBGames, Outubro/2022