

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANGELO LUIZ BIANCHIN**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SERIOUS GAME COMO FERRAMENTA DE  
AUXÍLIO NO APRENDIZADO DE GENÉTICA**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**ANGELO LUIZ BIANCHIN**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SERIOUS GAME COMO FERRAMENTA DE  
AUXÍLIO NO APRENDIZADO DE GENÉTICA**

**DEVELOPMENT OF A SERIOUS GAME AS A TOOL TO ASSIST IN  
GENETICS LEARNING**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Aikes Júnior

Coorientador: Prof. Dra. Renata Cristina Costa e Silva

**MEDIANEIRA  
2022**



[4.0 Internacional](#)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## **ANGELO LUIZ BIANCHIN**

### **DESENVOLVIMENTO DE UM SERIOUS GAME COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO APRENDIZADO DE GENÉTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 21/novembro/2022

---

Nome completo e por extenso do Membro 1  
Título (especialização, mestrado, doutorado)  
Nome completo e por extenso da instituição a qual possui vínculo

---

Nome completo e por extenso do Membro 2  
Título (especialização, mestrado, doutorado)  
Nome completo e por extenso da instituição a qual possui vínculo

---

Nome completo e por extenso do Membro 3  
Título (especialização, mestrado, doutorado)  
Nome completo e por extenso da instituição a qual possui vínculo

## RESUMO

O estudo da hereditariedade, também conhecido como Genética, é conhecimento fundamental para todo estudante de biologia do Ensino Médio. No entanto, pela falta de recursos escolares - como material atualizado e métodos inovadores- muitos alunos desanimam do tema pela sua dificuldade. Jogos são tecnologias eficientes para reter a atenção e interesse do usuário. Portanto o objetivo deste trabalho foi validar a viabilidade de um *serious game* para atuar como ferramenta auxiliar no ensino de genética. Foram realizadas dez entrevistas com profissionais da área genética e educação biológica para definir o escopo e funcionalidades do jogo. O jogo foi desenvolvido com base na teoria do Flow de Mihaly Csikszentmihalyi, usando as ferramentas: Unreal Engine 5, Blender 3D, Adobe Photoshop, Substance Painter e Substance Designer. Foi construído um jogo de ação e aventura mesclando obstáculos de deslocamento com desafios de genética. Após o desenvolvimento, foram realizadas reuniões de jogatina do *serious game* com os participantes. Em seguida o jogo foi avaliado através de um questionário no Google Forms. Mediante a avaliação dos participantes constou-se que o jogo funcionou perfeitamente e as mecânicas, apresentadas de forma clara. De mesmo modo, os conteúdos abordados de genética foram apresentados adequadamente. A proposta do jogo foi compreendida e a direção de arte foi bem aceita. Conclui-se que o jogo desenvolvido tem potencial para reter a atenção dos alunos e apresenta-se como uma possível ferramenta para auxiliar no ensino de genética.

**Palavras-chave:** jogo; biologia; hereditariedade; educação; unreal engine.

## ABSTRACT

The heredity study, also known as Genetics, is fundamental knowledge for every high school biology student. However, due to the lack of school resources - such as up-to-date material and innovative methods - many students are discouraged by the topic because of its difficulty. Games are efficient technologies to retain the user's attention and interest. Therefore the objective of this work was to validate the feasibility of a serious game to act as an auxiliary tool in the teaching of genetics. Ten interviews were conducted with professionals in the area genetics and biological education to define the scope and functionality of the game. The game was developed based on Mihaly Csikszentmihalyi's Flow theory, using the tools: Unreal Engine 5, Blender 3D, Adobe Photoshop, Substance Painter and Substance Designer. He was built an action-adventure game by merging displacement obstacles with challenges about genetics. After the development, meetings were held with the participants on which they played the serious game. Then the game was evaluated through a questionnaire on Google Forms. Through the evaluation of the participants, it was found that the game worked perfectly and mechanics, presented clearly. Likewise, the contents covered by genetics were presented properly. The game's proposal was understood and the direction of art was well accepted. It is concluded that the developed game has the potential to retain attention of students and presents itself as a possible resource to assist in genetics teaching.

**Keywords:** game; biology; heredity; education; unreal engine.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Fatores de Herança descrita no experimento de Mendel.</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2 – Representação dos genótipos e fenótipos</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3 – Localização dos genes em relação á célula.</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4 – Local definido e ocupado pelo gene no cromossomo juntamente com a organização dos alelos</b>	<b>18</b>
<b>Figura 5 – Exemplo da condição de dominância incompleta</b>	<b>19</b>
<b>Figura 6 – Exemplo da condição de Codominância</b>	<b>20</b>
<b>Figura 7 – Letalidade em alelos presentes nos camundongos</b>	<b>20</b>
<b>Figura 8 – Quadrado de Punnet</b>	<b>21</b>
<b>Figura 9 – Estado de Flow</b>	<b>24</b>
<b>Figura 10 – Bioquiz</b>	<b>30</b>
<b>Figura 11 – HerediRabbit</b>	<b>31</b>
<b>Figura 12 – Mutantetris</b>	<b>31</b>
<b>Figura 13 – Principais elementos de uma game engine</b>	<b>34</b>
<b>Figura 14 – Diagrama de trabalho</b>	<b>36</b>
<b>Figura 15 – Tela de menu inicial do <i>serious game</i></b>	<b>40</b>
<b>Figura 16 – Menu de opções gráficas</b>	<b>41</b>
<b>Figura 17 – Comparação da técnica de Anti-Alising</b>	<b>42</b>
<b>Figura 18 – Menu de créditos</b>	<b>43</b>
<b>Figura 19 – Menu de pausa invocado durante a execução do jogo</b>	<b>44</b>
<b>Figura 20 – Menu de conclusão</b>	<b>45</b>
<b>Figura 21 – Menu de falha</b>	<b>45</b>
<b>Figura 22 – Perspectiva do serious game em terceira pessoa</b>	<b>46</b>
<b>Figura 23 – Diagrama de movimentação</b>	<b>46</b>
<b>Figura 24 – Elementos do avatar, visão de cima</b>	<b>47</b>
<b>Figura 25 – Elementos do personagem, visão com perspectiva</b>	<b>48</b>
<b>Figura 26 – Pontos de saúde e número de vidas</b>	<b>49</b>
<b>Figura 27 – Tela de retorno</b>	<b>50</b>
<b>Figura 28 – Elementos da ponte de raízes</b>	<b>51</b>

<b>Figura 29 – Efeito especial de invocação de todos os assets que possuem a malha 3D de raízes</b>	51
<b>Figura 30 – Parede de raízes</b>	52
<b>Figura 31 – Exemplo de plataforma móvel posicionada no cenário 3D</b>	53
<b>Figura 32 – Representação do conjunto de assets que compõem a mecânica da plataforma de checkpoint</b>	54
<b>Figura 33 – Interface gráfica que representa quando um novo local seguro foi desbloqueado</b>	54
<b>Figura 34 – Conjunto de elementos em cena que compõem a mecânica de portal</b>	55
<b>Figura 35 – Exemplo da mecânica de Mega-árvore em cena</b>	56
<b>Figura 36 – NPC</b>	57
<b>Figura 37 – Componentes do NPC</b>	58
<b>Figura 38 – Exemplo de diálogo com um dos NPCs em cena</b>	59
<b>Figura 39 – Alterações em certos elementos do NPC</b>	60
<b>Figura 40 – Exemplo de MOP e de plataforma</b>	61
<b>Figura 41 – Primeira instrução do tutorial</b>	62
<b>Figura 42 – Segunda instrução do tutorial</b>	62
<b>Figura 43 – Mapa do primeiro cenário</b>	63
<b>Figura 44 – Primeiro desafio de deslocamento</b>	64
<b>Figura 45 – Diálogo inicial</b>	64
<b>Figura 46 – Elementos do primeiro desafio em cena</b>	65
<b>Figura 47 – Primeiro desafio em progresso</b>	65
<b>Figura 48 – Primeira ponte de raízes</b>	66
<b>Figura 49 – Primeira parede de raízes</b>	66
<b>Figura 50 – Percurso de escalada após o primeiro desafio</b>	67
<b>Figura 51 – Diálogo a respeito de genótipos</b>	67
<b>Figura 52 – Primeiro portal ativo</b>	68
<b>Figura 53 – MOPs - Desafio de genótipo</b>	68
<b>Figura 54 – Desafio de genótipos em andamento</b>	69
<b>Figura 55 – Desafio de genótipos concluído</b>	69
<b>Figura 56 – Desafio de genótipos em andamento</b>	69
<b>Figura 57 – Diálogo a respeito de fenótipos</b>	70

<b>Figura 58 – Parede de raízes, desafio dos fenótipos</b>	70
<b>Figura 59 – Primeiro quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D</b>	71
<b>Figura 60 – Posição das MOPs em cena</b>	71
<b>Figura 61 – Resolução do primeiro quadro de Punnet</b>	72
<b>Figura 62 – Diálogo do desafio de dominância e recessividade</b>	72
<b>Figura 63 – Parte do diálogo para a resolução do segundo quadro de Punnet</b>	73
<b>Figura 64 – Primeiro desafio de deslocamento em plataformas móveis</b>	74
<b>Figura 65 – Portal para o segundo cenário</b>	74
<b>Figura 66 – Mapa do segundo cenário</b>	75
<b>Figura 67 – Diálogo do desafio da Primeira Lei de Mendel</b>	76
<b>Figura 68 – Terceiro quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D</b>	76
<b>Figura 69 – Visão do primeiro desafio do segundo cenário</b>	77
<b>Figura 70 – MOPS do desafio da Primeira Lei de Mendel</b>	77
<b>Figura 71 – Segundo desafio de deslocamento em plataformas móveis</b>	78
<b>Figura 72 – Diálogo do desafio de dominância incompleta</b>	79
<b>Figura 73 – Quarto quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D</b>	79
<b>Figura 74 – MOPs do desafio de dominância incompleta</b>	80
<b>Figura 75 – Desafio de deslocamento na etapa de codominância</b>	80
<b>Figura 76 – Mega-árvore na etapa de codominância</b>	81
<b>Figura 77 – Diálogo da etapa de alelos letais</b>	81
<b>Figura 78 – Quinto quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D</b>	82
<b>Figura 79 – Visão geral da etapa de alelos letais</b>	82
<b>Figura 80 – MOPs da etapa de alelos letais</b>	83
<b>Figura 81 – MOPs da etapa de alelos letais</b>	84

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 – Questão 1 - O sistema funcionou corretamente durante a utilização?</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico 2 – Questão 2 - Você jogou todas as fases?</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico 3 – Questão 4 - Você achou o jogo divertido?</b>	<b>86</b>
<b>Gráfico 4 – Questão 5 - A direção de arte do jogo foi agradável?</b>	<b>86</b>
<b>Gráfico 5 – Questão 6 - Você sentiu que os conceitos propostos de genética foram bem apresentados?</b>	<b>87</b>
<b>Gráfico 6 – Questão 7 - A visualização das situações contextuais apresentadas é facilmente compreendida?</b>	<b>87</b>
<b>Gráfico 7 – Questão 8 - Qual foi a sua compreensão em relação aos acontecimentos da narrativa do jogo?</b>	<b>88</b>
<b>Gráfico 8 – Questão 9 - Qual foi a sua compreensão em relação aos objetivos desse jogo?</b>	<b>88</b>
<b>Gráfico 9 – Questão 10 - Você acredita que este jogo será capaz de instigar a atenção do usuário em relação aos conteúdos de genética?</b>	<b>89</b>
<b>Gráfico 10 – Questão 11 - Por meio do jogo, você acredita que será possível a utilização dessa tecnologia como ferramenta para auxiliar no ensino de genética?</b>	<b>89</b>
<b>Gráfico 11 – Questão 12 - Você utilizaria o jogo em suas aulas?</b>	<b>90</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

### **Siglas**

DNA	Ácido desoxirribonucleico
MOP	Malha de Objeto Pegável
NPC	<i>Non Playable Character</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>12</b>
1.1	<b>Objetivo geral e específicos . . . . .</b>	<b>13</b>
1.2	<b>Justificativa . . . . .</b>	<b>13</b>
1.3	<b>Organização do documento . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Genética . . . . .</b>	<b>15</b>
2.1.1	Hereditário . . . . .	15
2.1.2	Primeira Lei de Mendel . . . . .	15
2.1.3	Genótipos e Fenótipos . . . . .	16
2.1.4	Dominância e recessividade . . . . .	17
2.1.5	Dominância completa, incompleta e codominância . . . . .	17
2.1.6	Quadrado de Punnet . . . . .	20
<b>2.2</b>	<b>Teoria dos Jogos . . . . .</b>	<b>21</b>
2.2.1	Jogos como entretenimento . . . . .	21
2.2.2	Mecânicas . . . . .	21
2.2.3	Física . . . . .	22
2.2.4	Progressão . . . . .	23
2.2.4.1	<b>Teoria do Flow . . . . .</b>	<b>23</b>
2.2.5	Padrões de desenvolvimento de level design . . . . .	23
2.2.6	Perfis de jogadores . . . . .	25
2.2.7	Economia . . . . .	26
2.2.8	Estética . . . . .	27
2.2.9	Sonoridade . . . . .	28
2.2.10	Serious Games . . . . .	29
<b>2.3</b>	<b>Trabalhos correlatos . . . . .</b>	<b>29</b>
2.3.1	Bioquiz . . . . .	29
2.3.2	Serious games relacionados a genética . . . . .	30
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais . . . . .</b>	<b>33</b>
3.1.1	Motor gráfico . . . . .	33

3.1.2	Unreal Engine . . . . .	33
3.1.3	Softwares gráficos . . . . .	35
3.1.4	Google Forms . . . . .	35
<b>3.2</b>	<b>Métodos . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Escopo do jogo . . . . .</b>	<b>38</b>
4.1.1	Otimização . . . . .	39
<b>4.2</b>	<b>Funcionalidades . . . . .</b>	<b>39</b>
4.2.1	Menus . . . . .	40
4.2.1.1	<u>Menu inicial</u> . . . . .	40
4.2.1.2	<u>Menu de opções gráficas</u> . . . . .	40
4.2.1.3	<u>Menu de Créditos</u> . . . . .	43
4.2.1.4	<u>Menu de Pausa</u> . . . . .	43
4.2.1.5	<u>Menu de fim de jogo</u> . . . . .	44
4.2.2	Interação . . . . .	45
4.2.3	Ambiente . . . . .	50
4.2.4	NPC . . . . .	56
4.2.5	Mecânicas de objetivos . . . . .	60
<b>4.3</b>	<b>Cenários . . . . .</b>	<b>61</b>
4.3.1	Tutorial . . . . .	62
4.3.2	Primeiro cenário . . . . .	63
4.3.3	Segundo cenário . . . . .	74
<b>4.4</b>	<b>Avaliações . . . . .</b>	<b>84</b>
<b>4.5</b>	<b>Discussões . . . . .</b>	<b>90</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>92</b>
<b>5.1</b>	<b>Limitações . . . . .</b>	<b>92</b>
<b>5.2</b>	<b>Trabalhos futuros . . . . .</b>	<b>92</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>94</b>
	<b>APÊNDICE A TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO(TCLE) . . . . .</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE B CONVITE PARA PARTICIPAR DO PROJETO DE PESQUISA . . . . .</b>	<b>104</b>

<b>APÊNDICE C</b>	<b>QUESTIONÁRIO DE PESQUISA . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE D</b>	<b>QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO . . . . .</b>	<b>110</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estudada em função do aprimoramento das espécies, a biologia é um dos ramos de conhecimentos mais significativos para a formação do indivíduo. Para Krasilchik (2000), o entendimento das ciências da natureza, em específico a biologia contribui para a construção da percepção do desenvolvimento das ciências em função das tecnologias desenvolvidas em benefício da sociedade. Segundo Casagrande (2006), conforme citado por e Alexandre *et al.* (2014) negar a relação existente entre a ciência, a tecnologia e a sociedade é negar, por conseguinte, a nossa própria forma de viver e pensar o mundo.

Embora a genética seja de grande importância dentro dos campos da biologia, como disciplina, ela não é bem-aceita pela maioria dos discentes do ensino público devido a sua complexidade Moura *et al.* (2013). Para Radford e Bird-Stewart (1982), a dificuldade no aprendizado da genética se deve a necessidade de uma abordagem mais analítica por parte dos estudantes, considerando que parte do entendimento requer abstração e compreensão de conhecimentos microscópios.

Presente nos obstáculos do ensino, apontado por Moreno (2007), estão livros didáticos com abordagens desatualizadas e com frentes insatisfatórias no conteúdo de genética. Entre as dificuldades de aprendizado a respeito do tema, de acordo com Souza (2015), o vasto vocabulário científico necessário para uma adequada compreensão dentro da área agrava a deficiência de lecionar dos docentes, visto que isso requer elevado nível de abstração durante o ensino e apresentação da disciplina para os alunos (MORENO, 2007).

De mesmo modo, dentro do contexto da abstração necessária por parte dos alunos, os educadores apontam que a falta de infraestrutura e condições dos laboratórios agravam a qualidade da apresentação da disciplina para os estudantes (BONZANINI; BASTOS, 2011). Assim, como apontado por Souza (2015) os docentes apontam genética como o conteúdo mais difícil de ser apresentado dentro da disciplina de Biologia nas escolas.

Além das dificuldades inerentes das disciplinas, outra barreira para o ensino é o desinteresse causado nos alunos pelos materiais didáticos ultrapassados. Segundo o estudo apresentado por Quadros *et al.* (2011), os professores entendem que é necessário diversificar as aulas, porém, não possuem os instrumentos adequados para tal ou não dominam outras metodologias de ensino que possam ser aplicadas.

O desenvolvimento de ferramentas lúdicas para auxiliar na aprendizagem vem ganhando notoriedade, e dentre essas ferramentas, pode-se destacar os serious games, ou “jogos sérios”.

O constante crescimento do mercado de jogos amplia também o desenvolvimento de ferramentas que se apoiam nas características dos jogos para a transmissão de conhecimentos e valores. (ZENDRON; MELLO, 2015). Os serious games utilizam os princípios que tornam os jogos atrativos para o público, criando ambientes imersivos com desafios e bonificações, transmitindo o conhecimento desejado de maneira lúdica.

Assim os serious games se mostram úteis em diferentes áreas. Para a biologia, segundo Janarthanan (2012), os serious games facilitam a produção de ambientes capazes de simular diferentes situações de aprendizagem em diferentes sub-áreas das ciências biológicas, muitas vezes informando de forma segura a respeito de riscos e doenças associadas a determinados experimentos. Desta maneira, o desenvolvimento de um serious game aplicado ao ensino da genética pode contribuir como uma ferramenta de ensino, tornando mais atrativo para os alunos e facilitando a visualização de conteúdos abstratos pela viabilização da observação de experimentos demorados.

## 1.1 Objetivo geral e específicos

O objetivo deste trabalho é desenvolver um serious game para ser aplicado como ferramenta auxiliar no ensino de genética para alunos do ensino médio. O projeto é composto pelos seguintes objetivos específicos:

- Desenvolvimento de um game design focado no ensino de genética, apresentando conteúdos específicos com dificuldade sequencial;
- Implementação do serious game em plataforma de fácil distribuição e baixo custo;
- Validação do protótipo desenvolvido com profissionais da área de maneira a verificar sua aplicabilidade.

## 1.2 Justificativa

A compreensão da genética por parte dos alunos é imprescindível tanto para o desenvolvimento acadêmico quanto para a formação social do indivíduo crítico. Embora seja muito importante, a genética é um dos conteúdos com maior carência de aprendizado durante o período do ensino médio nas escolas públicas.

Presente nos obstáculos do ensino, apontado por Moreno (2007), estão livros didáticos com abordagens desatualizadas e com frentes insatisfatórias a respeito da genética. Entre as dificuldades de aprendizado a respeito do tema, de acordo com Souza (2015), o vasto vocabulário científico necessário dentro da área prejudica a apresentação da disciplina.

De acordo com a Secretaria de Educação Média e Tecnológica Brasil (2004) é necessário tomar medidas de modo que o conhecimento de biologia transcendia a memorização de nomes técnicos e passe a ser abordada de forma mais compreensiva e interativa para os alunos. Segundo o estudo de Pereira-Ferreira (2017), recursos lúdicos atuando como simplificadores dos conteúdos de genética são ferramentas que possuem grande potencial para o auxílio no ensino. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo sintetizar os conteúdos mais defici-

entes dentro da área proposta e apresentá-los de forma gamificada de modo a auxiliar o ensino médio nas escolas públicas.

### **1.3 Organização do documento**

Este documento seguirá a seguinte ordem: o Capítulo dois apresenta uma contextualização a respeito da ementa de genética que foi elaborada pela coorientadora da área Renata Cristina Costa e Silva e reforçada pelas entrevistas abertas com outros profissionais. Em sequência, são apresentados os conceitos que compõem a construção de um serious game e por fim são demonstrados alguns trabalhos correlatos.

No Capítulo três são descritas os métodos utilizados para o desenvolvimento do serious game. Já no Capítulo quatro, está descrito o escopo do jogo e as etapas de desenvolvimento de todos os elementos presentes no mesmo. Posteriormente no mesmo capítulo, o processo de avaliação do serious game pelos profissionais de genética.

Em seguida, no Capítulo cinco está a descrita a conclusão do projeto juntamente com as limitações evidenciadas no desenvolvimento. Por fim, sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é descrito o referencial teórico genético no qual o trabalho é embasado, em que compreende um apanhado geral dos conteúdos mais relevantes visto nos três anos da disciplina durante o ensino médio brasileiro.

### 2.1 Genética

“Biologia” significa “estudo da vida” do grego (*bios* = vida; *logia* = estudo) denomina uma ciência que busca compreender os mecanismos que regem a vida (CASAGRANDE, 2006). Na biologia estuda-se a origem e a evolução dos seres vivos, suas relações entre si e o meio ambiente. Outrossim, o modo como os organismos se mantêm vivos e como se reproduzem (LOPES; ROSSO, 2016).

Dentro da biologia, a genética é um tipo de ciência da informação. É a área que estuda a herança biológica ou hereditariedade, que consiste na transmissão de características de pais para filhos, ao longo das gerações (GRIFFITHS *et al.*, 2005).

Nas seções seguinte serão apresentados os conteúdos de genética que compõem o referencial teórico abordado no serious game.

#### 2.1.1 Hereditário

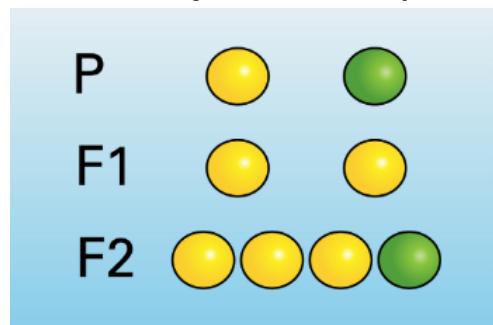
O entendimento sobre hereditariedade pelos humanos é algo intrínseco nas civilizações. A manipulação da agricultura e pecuária trouxe às populações antigas o entendimento acerca das similaridades herdadas dos filhos, visto que cópias semelhantes dos pais nunca eram produzidas. Registros antigos mostram que os povos a cerca de 1.500 A. C. já estavam cientes de que poderiam manipular as reproduções em busca de peculiaridades específicas dos pais para serem transmitidas aos filhos (IDT, 2011). Embora exista um interesse histórico sobre a área, os conhecimentos começaram a se desenvolver cientificamente no século XX. Desde aquela época, a genética alterou profundamente a compreensão sobre a vida, do nível celular ao desenvolvimento de uma população no decorrer de milhões de anos (AMABIS; MARTHO, 2016).

#### 2.1.2 Primeira Lei de Mendel

Considerado o pai da genética, Mendel (1901) em sua pesquisa estudou a herança de diferentes características das plantas, sendo a ervilha a mais famosa dentre seus estudos. Seu experimento compreendia o intercruzamento de plantas com características distintas de forma a observar a herança da prole. Em seu experimento, onde cruzou ervilhas de sementes amarelas com ervilhas de sementes verdes (Figura 1) (p), observou a presença de apenas sementes

amarelas na primeira geração (Figura 1) (F1). Porém, ao repetir o experimento cruzando a primeira geração novamente, notou o aparecimento de ervilhas verdes em 25% da prole da geração seguinte (Figura 1) (F2) (FRIDMAN, 2012).

**Figura 1 – Fatores de Herança descrita no experimento de Mendel.**



**Fonte:** Adaptado de Fridman (2012).

Sendo assim, Mendel notou a criação de padrões em seus experimentos, levando a conclusão da existência de fatores determinísticos responsáveis pelas características resultantes do cruzamento. Tais fatores foram denominados genes (SNUSTAD; SIMMONS, 2017).

### 2.1.3 Genótipos e Fenótipos

A partir dos resultados dos experimentos de Mendel, Wilhelm Ludwig Johannsen em 1909 definiu os fatores que determinam as características herdadas como genes (MEGLHIO-RATTI; APARECIDA; JUSTINA, 2017). Em seu trabalho Johannsen (2014) propôs:

“Por isso eu propus os termos “gene” e “genótipo” e mais alguns termos, como “fenótipo” e “biótipo”, a serem utilizados na ciência da genética. O “gene” é nada mais do que uma palavra muito aplicável, facilmente combinável com outras, e, portanto, pode ser útil como uma expressão para “fatores unitários”, “elementos” ou “alelomorfos” dos gametas, utilizadas por modernos pesquisadores mendelianos. O “genótipo” é a soma de todos os “genes”, em um gameta ou em um zigoto [...]. Todas as características de organismos, distinguíveis por inspeção direta da aparência ou por descrição dos métodos de medição, poderão ser caracterizadas como “fenótipo”.”

Assim, genótipo é definido como a constituição genética do ser, já o fenótipo é a forma apresentada e observável de um genótipo como um caráter morfológico, bioquímico ou molecular (SILVA; LUCIO, 1988), conforme ilustra a Figura 2.

Seres com o mesmo genótipo podem apresentar diferenças morfológicas e fisiológicas devido ao ambiente em que vivem. Desta forma, o fenótipo não apenas é resultado dos genes como também do ambiente em que o indivíduo se desenvolve (AMABIS; MARTHO, 2016).

**Figura 2 – Representação dos genótipos e fenótipos**

Célula	Genótipo	Fenótipo
	VV	
	Vv	
	vv	
	RR	
	Rr	
	rr	

**Fonte:** Adaptado de Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016).

#### 2.1.4 Dominância e recessividade

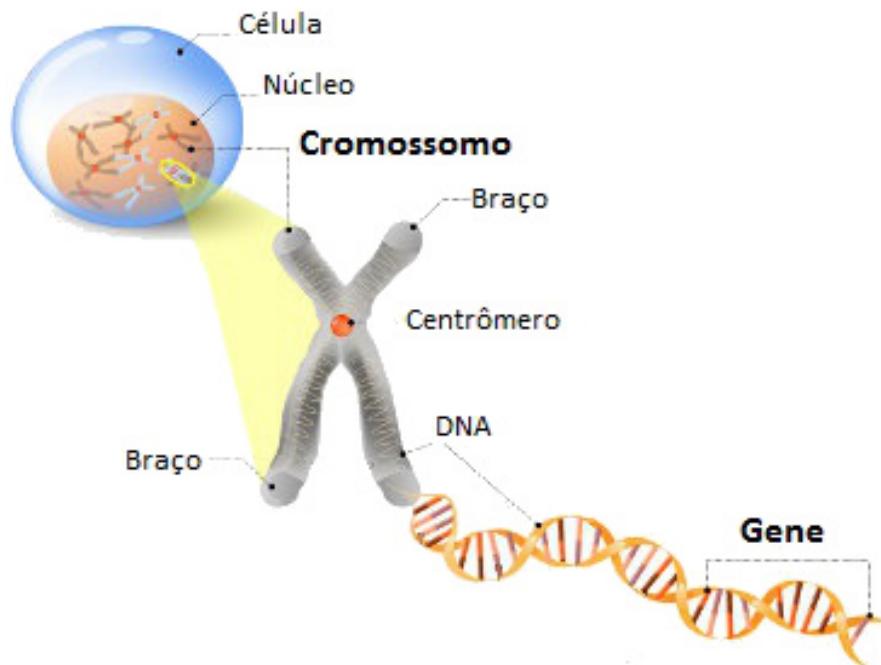
Os genes são localizados no locus gênico do cromossomo, esses que por sua vez são sequências da molécula de Ácido desoxirribonucleico (DNA), representado na Figura 3. Além disso, os genes podem possuir diferentes versões da mesma característica que carregam, denominados alelos. Genes alelos ocupam o mesmo lócus no cromossomo (Figura 4), sendo assim unem-se em pares provindos dos progenitores em função de determinar a característica da prole (MAGALHÃES, 2019).

Alelos tendem a se expressarem de modo a manifestar sua condição, sobrepondo assim as características do outro. Alelos expressivos são chamados de dominantes, já os menos expressivos ou que não se expressam são chamados de recessivos (BLOTA, 2017). Genes dominantes são representados por letra maiúscula, recessivos por minúsculas. Indivíduos que possuem alelos recessivos e dominantes são denominados heterozigotos e seres que possuem apenas um, sendo dominante ou recessivo são chamados de homozigotos (RYE *et al.*, 2012), como ilustra a Figura 4.

#### 2.1.5 Dominância completa, incompleta e codominância

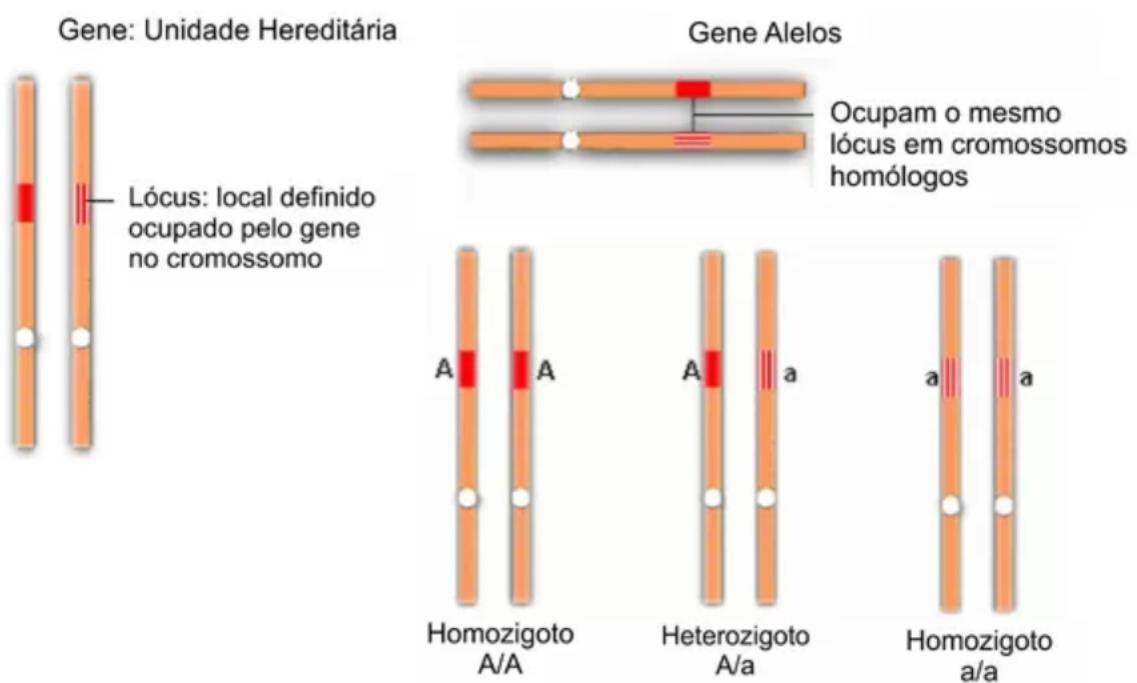
Dentro das possíveis combinações de alelos que resultam em diferentes heranças, segundo Amabis e Martho (2016) tais heranças são categorizadas da seguinte forma:

**Figura 3 – Localização dos genes em relação à célula.**



Fonte: Adaptado de Santos (2022a).

**Figura 4 – Local definido e ocupado pelo gene no cromossomo juntamente com a organização dos alelos**

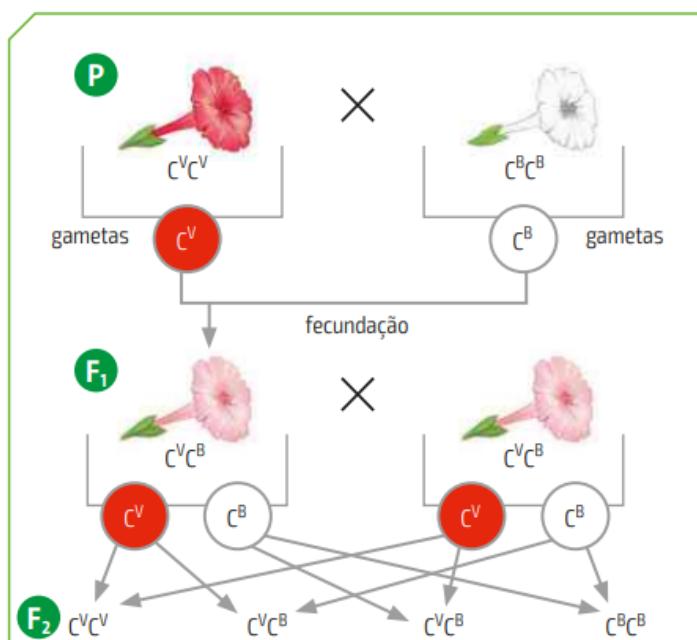


Fonte: Adaptado de Neves (2022).

**Dominância completa:** ocorre quando um alelo suprime a manifestação do outro em heterozigose. Amabis e Martho (2016) ilustra a coreia de Huntington como exemplo de dominância completa, a doença produz uma proteína alterada de forma a causar danos e eventualmente a morte dos neurônios. Isso acontece devido o alelo mutante ser dominante em relação ao alelo normal. Desta forma, apenas indivíduos homozigóticos recessivos não apresentam a doença;

**Dominância incompleta:** acontece quando os fenótipos dos indivíduos heterozigóticos apresentam uma intermediação quantitativa entre os genótipos homozigóticos. Amabis e Martho (2016) cita como exemplo a flor boca-de-leão, onde certas plantas homozigóticas apresentam flores vermelhas para um determinado gene, enquanto outras versões do mesmo gene possuem flores brancas. Desta forma, indivíduos heterozigóticos apresentam flores cor-de-rosa (Figura 5);

**Figura 5 – Exemplo da condição de dominância incompleta**

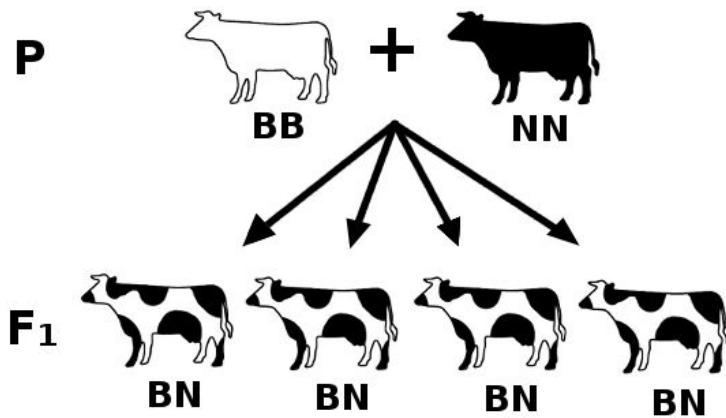


Fonte: Adaptado de Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016).

**Codominância:** ocorre quando dois alelos diferentes de um gene se expressam fenotipicamente no indivíduo heterozigótico (Figura 7).

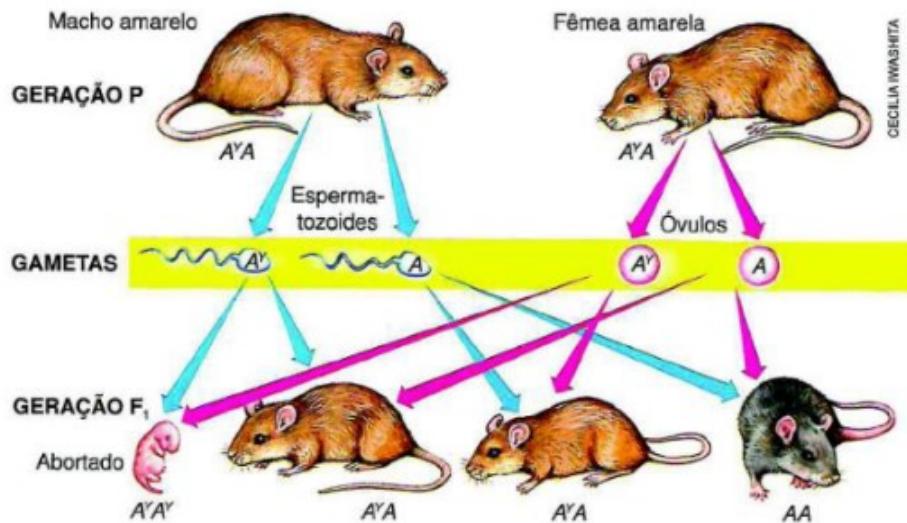
Além disso, existem os alelos letais que ao se expressarem duplamente, causam a morte dos indivíduos (BLOTA, 2017). Descoberto por Lucien Cuénot em 1905 enquanto estudava a pelagem de camundongos, Cuénot notou que os resultados não obedeciam os padrões mendelianos. Sendo assim definiu que animais com pelagem amarela morriam na fase embrionária (Figura 7) (FERRAZ; GRIGOETTO, 2015).

**Figura 6 – Exemplo da condição de Codominância**



Fonte: Adaptado de Freire (2015).

**Figura 7 – Letalidade em alelos presentes nos camundongos**

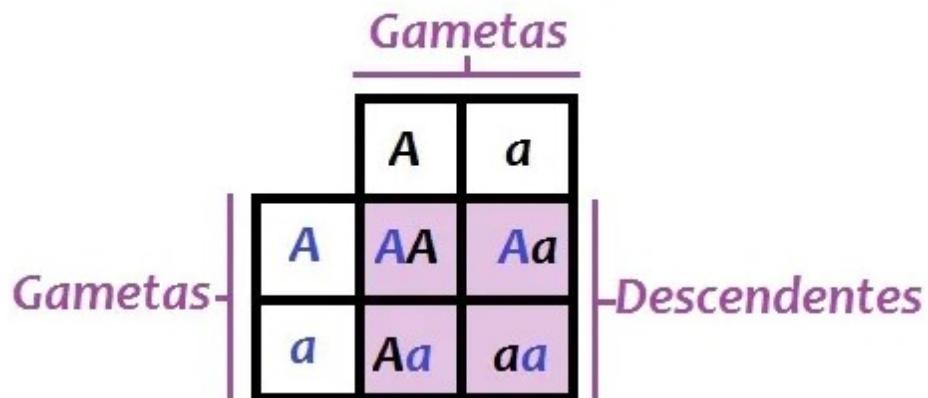


Fonte: Adaptado de Amabis e Martho (2016).

### 2.1.6 Quadrado de Punnet

O método do Quadrado de Punnet foi desenvolvido como um recurso para prever de maneira simples e rápida os resultados dos cruzamentos. Recebe esse nome em homenagem ao geneticista britânico Reginald Crundall Punnett (SNUSTAD, 2016). Para realizar esse procedimento é necessário construir um quadro e atribuir às extremidades os gametas dos genitores, representados pelos quadrados brancos na Figura 8. Já para o cruzamento, basta intercalar os gametas localizados no espaço dos quadrados roxos, na área de "Descendentes" na Figura 8 (SANTOS, 2022b).

**Figura 8 – Quadrado de Punnet**



Fonte: Adaptado de Santos (2022b).

## 2.2 Teoria dos Jogos

Nesta seção serão apresentados aspectos relevantes para o desenvolvimento de um jogo de acordo com a visão de vários autores da área.

### 2.2.1 Jogos como entretenimento

Jogos são consolidados como uma das formas favoritas de entretenimento mundial, gerando cerca de 137,9 bilhões de dólares anuais e um crescimento de 16,8 % na Ásia e 10 % por ano na América do Norte (NEWZOO, 2018). Em sua natureza os jogos criam ambientes virtuais capazes de cativar e atender a todos os tipos de público. Esses ambientes proporcionam desafios e recompensas por meio de novas experiências apresentadas ao jogador. Tais sistemas são capazes de gerar cenários lúdicos fantásticos únicos, embora sejam apenas simulações. Diferentemente de outras formas de entretenimento como filmes, concedem total controle ao usuário, tornando a experiência mais satisfatória e divertida (AKCHELOV; GALANINA, 2016).

### 2.2.2 Mecânicas

Jogos podem ser definidos de várias formas. Para Salen e Zimmerman (2004) em *Rules of play*, por exemplo, são sistemas que engajam os jogadores em situações artificiais e manipuladas por regras, gerando resultados quantificados. Ja Juul (2010) descreve em *The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness* como:

"Um jogo é um sistema baseado em regras com um resultado variável e quantificável, em que diferentes resultados recebem valores diferentes. O jogador faz um esforço para influenciar o resultado, ele

sente-se emocionalmente ligado ao resultado e as consequências da atividade são negociáveis."

Jogos são modelos dirigidos por regras, comumente chamadas na área pelo termo mecânicas. Regras são tradicionalmente orientações escritas e explícitas que alertam e guiam a conduta do jogador a respeito do ambiente em que ele está inserido. Já as mecânicas funcionam da mesma forma que as regras, porém, são implementadas no código e não possuem representação na interface do usuário (ADAMS; DORMANS, 2012).

Dentro dos sistemas dos jogos existem os denominados *core mechanics*. Tais mecânicas são responsáveis por coordenar o funcionamento da aplicação, como por exemplo a função que emprega a gravidade no jogo. Ela terá que afetar todos os outros movimentos que se baseiam em física. Assim, ela é imprescindível para o funcionamento, porém está escondida na engine<sup>1</sup> sem a necessidade de apresentá-la para o jogador. Desta forma as mecânicas são aprendidas e entendidas pelos jogadores em tempo execução, e ainda para Adams e Dormans (2012) jogadores proficientes tendem a deduzir as *core mechanics* presentes no jogo.

### 2.2.3 Física

A física é definida como a ciência que estuda a matéria, energia, movimento e força (RASPARANTI, 1972). Todos os jogos possuem física, seja ela baseada na física clássica ou com abordagens fantásticas.

A física, assim como no mundo real, nos jogos é a base para que o universo propriamente dito funcione. Para Walker, Halliday e Resnick (2011) a física se estrutura como um sistema para medir grandezas, tendo como padrão as medidas de massa, tempo e comprimento.

Essas medidas são tratadas e calculadas em grande parte pela engine de forma automática e prática. Todavia é importante por parte do desenvolvedor implementá-las de forma adequada (com base científica caso busque o realismo ou pelo menos de forma coerente de modo que os movimentos dos corpos não tomem comportamentos anormais, isto é, se apresentem com comportamentos constantes, não causando desconforto na experiência do usuário).

Segundo Gary Powell (2013), conforme citado no livro *Physics for game developers*, descreve a importância da física como:

"A ilusão e a experiência imersiva do mundo virtual, tão cuidadosamente construídas com modelos poligonais altos, texturas detalhadas e iluminação avançada, são tão destruídas quanto os objetos começam a se mover e interagir."

---

<sup>1</sup> Software básico de um jogo de computador ou videogame.

## 2.2.4 Progressão

A progressão do jogador é dada pelo *level design* (Seção 2.2.5). Ele é responsável por guiar o caminho que o jogador deverá seguir. Sendo assim, a progressão é definida como um roteiro de eventos que o game seguirá até chegar a sua conclusão. Segundo Juul (2002) existem duas frentes para desenvolvimento, sendo elas:

**Emersão:** considerada a estrutura primordial, os jogos categorizados por esse sistema buscam utilizar poucas mecânicas deixando uma grande gama de possibilidades abertas para o jogador, tornando assim uma experiência mais livre e variada, induzindo o usuário a buscar estratégias para lidar com os obstáculos. Jogos desse estilo são ricos em re-jogabilidade, onde cada jogatina possui diferenças alternativas, tendo como exemplos jogos de cartas e tabuleiro;

**Progressão:** o gênero de progressão utiliza um roteiro mais restrito de mecânicas, onde o jogador deve executar determinadas ações em uma série pré definida pelo jogo. Tal estilo torna a jogabilidade linear, entretanto dá grande controle para os desenvolvedores, podendo assim construir uma experiência específica para o público. Jogos de aventura são exemplos de aplicações progressistas.

Embora as duas definições de desenvolvimento sejam bem específicas, é interessante que o jogo possua um equilíbrio entre emersão e progressão.

### 2.2.4.1 Teoria do Flow

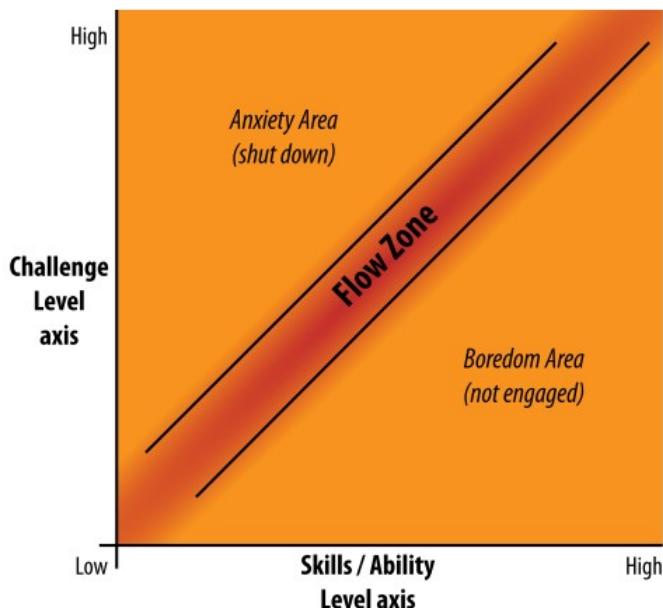
Para que a progressão seja satisfatória, o jogo deve ser desenvolvido de forma a reter a atenção e interesse dos jogadores. Csikszentmihalyi (2008) em seu estudo: *Flow, the psychology of optimal experience* trata o que é a felicidade e como atingi-la, determina um estado emocional alvo desejado chamado flow. Este estado representa o momento em que uma pessoa está feliz por executar uma tarefa e não pela recompensa referente a completude da mesma.

Sendo assim, nos jogos, esse conceito é amplamente abordado no desenvolvimento do level design. Zichermann e Cunningham (2011) descrevem que o fluxo da aplicação deve sempre motivar o jogador a continuar a sua jornada. Portanto o jogo deve sempre buscar mecânicas que mantenham a *Flow Zone* (Figura 9) entre ansiedade e monotonia.

## 2.2.5 Padrões de desenvolvimento de level design

Adams e Dormans (2012) compararam as mecânicas a brinquedos. Segundo ele, brinquedos são objetos que dão a liberdade para os indivíduos de criar seus próprios objetivos ou apenas brincar sem nenhum propósito, apenas pela diversão. Já os jogos possuem objetivos predefinidos que resultam no que é denominado de condição de vitória. Em seu estudo, Adams e Dormans (2012) apresentam diferentes formas de level design e como atingir as respectivas condições de vitória, são exemplos de padrões:

**Figura 9 – Estado de Flow**



Fonte: Adaptado de Zichermann e Cunningham (2011).

**Progress through completing tasks:** define o progresso do jogo por meio de contagem de tarefas concluídas. Geralmente possuem o progresso representado de forma percentual, embora sejam compostos por uma lista de objetivos, é comum que jogos deste estilo possuam atividades secundárias. Dessa forma, o jogo dá a liberdade para o jogador de continuar a executar objetivos complementares mesmo após chegar na condição de vitória. Jogos como *Grand Theft Auto* possuem como condição de vitória completar uma lista determinada e sequencial de missões. Porém, após o término da mesma, o jogo permite que o jogador execute as atividades secundárias sem restringir ou recomeçar o jogo;

**Progress as distance to target:** em jogos desenvolvidos em emersão calcular o progresso por meio de listas de objetivos concluídos não é um método válido. Adams e Dormans (2012) descrevem que em jogos deste gênero os objetivos são caminhos discretos para uma condição de vitória quantitativa. O autor cita como exemplo o jogo César III onde a condição de vitória pode ser aumentar a população de uma cidade até determinado tamanho, todavia nenhuma ação do jogo leva diretamente a essa condição. Porém, ainda é possível analisar quão perto o jogador está de completar a condição de vitória. Ainda assim, uma representação do percentual de conclusão nem sempre garante a condição de vitória do jogador, visto que o mesmo pode estar perto de concluir e vem a tomar ações que compliquem ou falhem seu progresso;

**Progress as character growth:** Adams e Dormans (2012) definem esse progresso por meio do crescimento do personagem em força e habilidades. *Role-playing Games*<sup>2</sup> (RPGs) e

<sup>2</sup> Jogos nos quais os jogadores assumem os papéis de personagens em um cenário fictício.

*Massively multiplayer online role-playing games*<sup>3</sup> (MMORPGS) são os mais famosos por usarem esse método de progressão por não possuírem uma condição de vitória. Adams e Dormans (2012) descrevem que o progresso é medido numericamente através de níveis do personagem que são conquistados pelo pontos de experiência. A estrutura do *level design* tende a ser desenvolvida com base nesses níveis, ou seja, o jogador precisa de um determinado número para acessar determinadas áreas. De mesma, o jogo deve oferecer liberdade de como obter os níveis requeridos;

**Progress as Player Growth:** semelhante a progressão de personagem, porém ao invés de medir numericamente o progresso do jogador, esse método evolui a dificuldade dos cenários, medindo assim o crescimento da habilidade do jogador em si. Adams e Dormans (2012) citam como exemplo o evento onde o jogador observa um item colecionável posicionado de forma estranha e assume que o desenvolvedor o implementou de forma alcançável. Sendo assim o jogador tentará descobrir como alcança-la com as habilidades que possui disponíveis.

#### 2.2.6 Perfis de jogadores

Para criar uma experiência agradável e manter o flow é necessário que as mecânicas sejam desenvolvidas em conjunto com interesse do público alvo. Existem diversos tipos de jogadores com suas diversas características. Bartle (2014) originalmente em seu trabalho *Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs* e Wei (2011) os descreve em *Gamers and the Games They Play* sendo eles:

**Exploradores:** são os jogadores que buscam conseguir e conhecer tudo o que o jogo oferece. Dessa forma exploram locais secretos e aprendem profundamente a respeito das mecânicas, sempre focando em dicas e truques para facilitar sua progressão. Exploradores tendem a se beneficiar em ambientes com conquistadores, devido ao aproveitamento mútuo dos conhecimentos compartilhados. Já o relacionamento com os matadores é cético, visto que os mesmos podem interferir na exploração. Bartle (2014) ainda enfatiza que os exploradores comprehendem por natureza a menor população entre os estilos;

**Conquistadores:** são os jogadores competitivos e elitistas. Conquistadores tem como objetivo pleno a vitória e a ostentação. Segundo Wei (2011) priorizam a conquista sobre a economia de forma a facilitar a vitória ou apenas conquistar itens de maior valor em função do prestígio agregado a eles. Tendem a valorizar ou desprezar a competição entre os jogadores do mesmo nicho e buscam a atenção dos socializadores como forma de admiração;

**Matadores:** são os jogadores PVP<sup>4</sup>. Buscam o combate e a competitividade com outros jogadores, tendem a não se interessar em conteúdos PVE<sup>5</sup>. Para Zichermann e Cunningham (2011) os matadores não apenas desejam a vitória, mas semelhantes aos conquistadores, bus-

<sup>3</sup> Gênero de jogos de interpretação de papéis com um grande número de jogadores online

<sup>4</sup> Player Vs. Player

<sup>5</sup> Player Vs. Environment

cam o prestígio dos outros jogadores, de mesma forma esperam respeito e admiração de suas vítimas. Para Wei (2011) os matadores gostam de causar o caos nas comunidades, atacando jogadores que nem sempre estão no mesmo nível, desta forma provocando lutas injustas apenas pelo prazer de vencer. Quanto ao relacionamento, desprezam todos os outros perfis porém abusam mais dos jogadores socializadores;

**Socializadores:** os jogadores dessa categoria valorizam a interação social acima de tudo. Segundo Zichermann e Cunningham (2011), os jogos voltados para o público socializador tendem a ser os mais duráveis, sendo exemplos como: poker, dominó etc. Bartle (2014) define que os socializadores são amigáveis com os outros perfis, todavia tendem a gerar desprezo recíproco pelos matadores.

#### 2.2.7 Economia

A economia examina como as pessoas usam seus recursos para satisfazer seus desejos (MCEACHERN, 2006). A economia pode ser usada para moldar diferentes tipos de design. No jogos, elementos distintos como vida, experiência e habilidades também estão inseridos no conceito de economia (ADAMS; DORMANS, 2012). A forma como esses recursos são inseridos na aplicação transforma completamente a experiência do usuário.

Jogos como *Dark Souls* são caracterizados pela sua dificuldade, desta forma o recurso mais importante durante uma jogatina são seus pontos de vida, valorizando assim a habilidade de reflexo e combate do jogador de forma a superar os obstáculos do jogo sempre evitando ser atingido, buscando assim a sobrevivência no ambiente hostil do jogo. Já jogos como *Age of Empires* utilizam recursos financeiros como ouro, madeira e pedras para executar as ações do jogo, assim propondo e requerendo uma experiência mais gerenciadora por parte do jogador. Adams e Dormans (2012) apresentam quatro fundamentos para um sistema de economia dentro dos jogos, sendo eles:

**Sources:** fontes são mecânicas que geram currency<sup>6</sup> sem precisar de recursos. Podem ser aplicadas em eventos ou apenas posta de forma passiva dentro da econômica. Por exemplo no jogo League of Legends o ouro é gerado passivamente em uma determinada taxa por segundo;

**Drains:** são sistemas que retiram currency do jogo sem serem trocadas por algo. Em jogos de sobrevivência e gestão de populações, a comida é tratada como drain, ou seja, é um recurso que é gasto apenas para manter a situação estável, não resultando ou gerando outro recurso;

**Converters:** conversores, como o nome sugere, transformam determinada currency em outra. Geralmente são aplicados de forma a converter algo tangível para intangível. Por exemplo, pontos de experiência podem ser convertidos em habilidades;

---

<sup>6</sup> Termo dado para um sistema de monetização em teoria dos jogos.

**Traders:** são mecânicas que movem recursos de uma entidade para outra baseado em uma determinada regra de valor, por exemplo, caso o jogador compre uma espada de um NPC<sup>7</sup>, a espada será transferida para o inventário do usuário e a currency utilizada para a ação irá para o vendedor.

Em paralelo a definição de Design sobre economia nos jogos, Zichermann e Cunningham (2011) em *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps* citam um sistema de pontos que pode ser identificado como exemplo complementar de economia, sendo eles:

**Pontos de experiência:** são pontos adquiridos através do progresso do jogador. Geralmente são utilizados para representar ou contabilizar o nível ou rank do personagem e são consumidos com sistemas que melhoram os atributos do mesmo;

**Ponto de habilidade:** semelhantes ao pontos de experiência, os pontos de habilidades são recebidos por ação efetuadas com êxito durante o progresso do jogador. São consumidos para melhorar as habilidades do personagem;

**Pontos resgatáveis:** representam a moeda da economia virtual do game, podem ser adquiridos e perdidos através de diferenças mecânicas, porém é tradicionalmente empregado como dinheiro, servindo para troca e venda de itens;

**Pontos de karma:** são pontos que indicam a conduta do jogador, são recompensas geradas por sistemas que bonificam o altruísmo dos jogadores. Podem ser trocados por recompensas que instigam a continuar com o ambiente coletivo;

**Pontos de reputação:** caracterizam uma forma de respeito entre duas partes, sendo assim sustentam uma sistema de relacionamento que não é regulado por outra mecânica, portanto gera pontos de confiança entre os jogadores de cada parte.

## 2.2.8 Estética

Roungas e Dalpiaz (2016) descrevem em seu estudo *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research* a estética como a resposta emocional evocada no jogador ao interagir com o jogo. O desenvolvimento estético do jogo é tão importante quanto suas mecânicas. Para isso é necessário a idealização de um padrão estético visual com um conjunto de regras a serem seguidas para definir uma atmosfera desejada em função do sentimento que o desenvolvedor deseja transmitir (ROCHA et al., 2006). Apesar de existir várias diferenças no design e aparência entre os jogos no mercado, os mais bem sucedidos possuem um elemento em comum, a capacidade de atrair jogadores (FU; ZHANG, 2015).

Semelhantes ao estudo apresentando anterior do Flow, Jennett et al. (2008) em seu trabalho *Measuring and Defining the Experience of Immersion in Games* descreve que jogos não tem a obrigatoriedade de possuir imersão como parte do desenvolvimento, mas defende que é algo que acontece naturalmente e é essencial para uma boa experiência. Tanskanen (2018)

---

<sup>7</sup> nonplayer character.

ilustra em *Player immersion in video games Designing an immersive game project* diferentes abordagens de vários autores a respeito da definição de imersão em jogos, sendo elas:

- Amolecimento da divisão mental entre jogador e avatar (SYLVESTER, 2013);
- Sentimento de participação (BRYANT; GIGLIO, 2015);
- Presença espacial (MADIGAN, 2015);
- Engajamento profundo (QIN; RAU; SALVENDY, 2009);
- Uma metáfora pelo jogador estar em ação (ATKINS, 2003).

Desta forma, Tanskanen (2018) define a imersão como uma experiência proporcionada por meio de diferentes elementos.

#### 2.2.9 Sonoridade

Além dos elementos visuais, as músicas e sons dos jogos são de extrema importância para criar a ambientação desejada. Fu e Zhang (2015) descrevem como:

"O áudio de videogame visa combinar usabilidade com presença e imersão no mundo dos jogos de ficção. A paisagem sonora geral contribui para uma sensação de presença ou até imersão em um jogo, criando uma ilusão do mundo do jogo como um espaço real."

Músicas são essenciais para outros estilos de entretenimento visual, nos jogos não é diferente. As músicas podem atuar como ferramentas que possibilitam controlar a emoção e estabelecer o tom da história que está sendo apresentada. Por exemplo, em jogos de terror, onde se procura estabelecer uma atmosfera sinistra, melodias com aspectos de tensão tornam-se grandes aperfeiçoadores e amplificadores dos sentimentos desejados na cena.

De mesmo modo, em certas instâncias, apenas os áudios são capazes de construir a jogatina. Por exemplo, um cenário onde é apenas apresentado uma tela escura para o jogador de modo que ele precise seguir os sons e se movimentar em direção aos mesmos para concluir a fase.

Assim, é vital o desenvolvimento de uma ambientação sonora que cative o jogador e trabalhe de forma conjunta com a estética para construir a experiência ideal. Em certos casos, grandes estúdios contratam artistas e equipes profissionais da área para executar o desenvolvimento. No jogo Call Of Duty Modern Warfare 2 toda a trilha sonora foi desenvolvida pelo músico compositor consagrado dos cinemas Hans Zimmer.

### 2.2.10 Serious Games

Jogar e aprender são conceitos que estão ligados. Para Adams e Dormans (2012), o aspecto de aprendizado se manteve durante dos anos de desenvolvimento dos jogos. A diversão está intrinsecamente ligada ao processo de aprendizagem das mecânicas, como define Koster (2004) em *Theory of Fun for game Design*.

O termo serious games define jogos que possuem propósito que vão além do entretenimento. São jogos cujo design é voltado para gerar efeitos no mundo real, utilizando a receptividade dos jogadores de aprender enquanto jogam para ensinar algo. De mesma forma, os jogos oferecem a oportunidade de experimentar determinadas abordagens com segurança, sem custo e sem consequências (ADAMS; DORMANS, 2012).

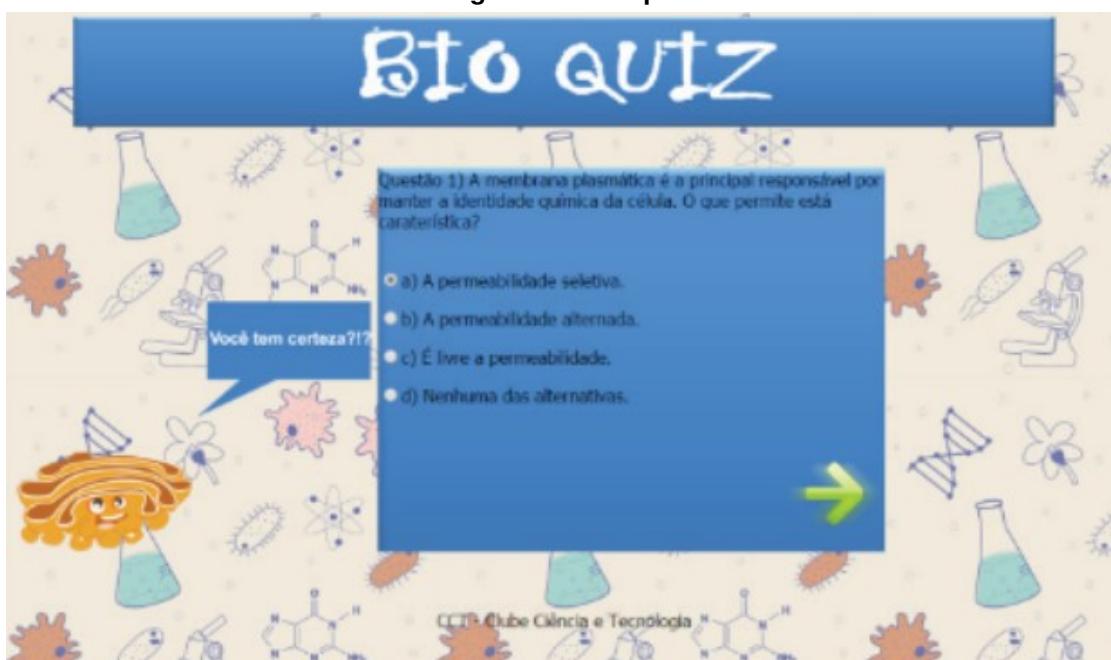
## 2.3 Trabalhos correlatos

Neste capítulo serão apresentados trabalhos que possuem uma abordagem semelhantes com a proposta do projeto.

### 2.3.1 Bioquiz

Desenvolvido por Rodrigues *et al.* (2015) Bioquiz é um jogo eletrônico que tem como objetivo introduzir os estudantes do ensino médio aos aprendizados de biologia. Sua estrutura é composta por três fases que contemplam mecânicas de perguntas e respostas. Foi desenvolvido em HTML5 e CSS visando rodar em navegador de forma a facilitar a implantação da aplicação em escolas públicas (Figura 10).

**Figura 10 – Bioquiz**



Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.* (2015).

A validação da ferramenta foi feita através de questionários, sendo o primeiro com perguntas referentes a aprovação geral dos usuários, obtendo um índice de 86% de aprovação, sendo assim apenas 14% dos entrevistados não demonstraram interesse. Já o segundo questionário visou as questões de usabilidade da ferramenta, com quesitos de visualização, identidade visual e navegação. Obtendo então um índice de 77% de aprovação nos quesitos citados. Por último, foi avaliado a distribuição do jogo, onde 82% dos usuários gostariam de ter acesso a aplicação (RODRIGUES *et al.*, 2015).

### 2.3.2 Serious games relacionados a genética.

Mainetti *et al.* (2018) em *Design, development and usability test of serious games related to genetics* descreve o desenvolvimento de alguns jogos relacionados a genética, sendo dois deles:

**HerediRabbit:** é uma aplicação 2D do estilo jump-and-run que aborda os conceitos de herança recessiva e dominante (Figura 11). O Jogo apresenta conceitos iniciais da genética de Mendel e tem como mecânica apanhar as cenouras dispostas no cenário de forma a aumentar sua energia. De mesma forma, a condição de vitória é igualar a genética específica apresentada ao jogador. Sendo assim o genótipo do coelho controlado é mostrado no corpo do jogador, enquanto o genótipo dos outros coelhos recebidos está oculto. Portanto o jogador deve tomar a decisão de acoplar os outros coelhos com base em seu fenótipo (MAINETTI *et al.*, 2018).

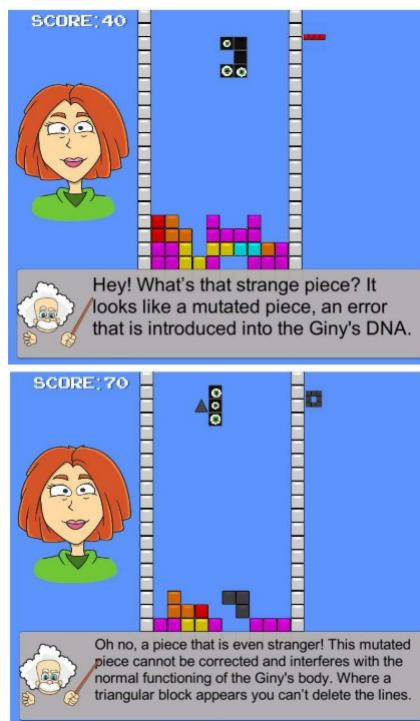
**Figura 11 – HerediRabbit**



Fonte: Adaptado de Mainetti *et al.* (2018).

**Mutantetris:** Possui como mecânica o clássico jogo tetris, porém abordando conceito de mutações genéticas (Figura 12). Assim como o HerediRabbit este jogo também introduz para o jogador os conteúdos abordados nas mecânicas. O bloco do tetris representa o material genético e a condição de vitória é acertar o código correto de DNA (MAINETTI *et al.*, 2018).

**Figura 12 – Mutantetris**



Fonte: Adaptado de Mainetti *et al.* (2018).

A verificação das aplicações foi realizada através de sessões de validação com voluntários de público geral, ou seja, podendo possuir ou não conhecimento a respeito da área de genética. No geral, os jogadores ficaram entusiasmados com as propostas dos jogos, todavia grande parte dos resultados apontaram as falhas de implementação como principal causa de desinteresse pela ferramenta.

No próximo capítulo serão descritos os materiais e métodos que irão compor o desenvolvimento do jogo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentadas as ferramentas escolhidas para o desenvolvimento da aplicação.

#### 3.1 Materiais

Nas subseções seguintes as ferramentas serão descritas justificando sua escolha de acordo com sua funcionalidade e objetivo para o desenvolvimento da aplicação.

##### 3.1.1 Motor gráfico

Motores gráficos (*game engines*) têm como finalidade abstrair e facilitar a criação de jogos por meio de uma plataforma de desenvolvimento que engloba diferentes APIs<sup>1</sup> e frameworks<sup>2</sup>. Sendo assim, a game engine é responsável por gerenciar e aplicar diversos aspectos complexos dentro do jogo, como gráficos, físicas, configurações de arquivos, entrada de dados, mapas e sons. Segundo Zarrad (2018) existem três elementos essenciais presentes em uma game engine, sendo eles:

**Ferramentas de jogos:** Compreende todas as ferramentas de desenvolvimento, como criação e configuração de personagens e habilidades, configuração geral da aplicação com seus respectivos arquivos e cenários;

**Conteúdos:** Contém todos os aspectos audiovisuais do jogo;

**Utilidades:** Define todos os tipos de dados, mensagens e requerimentos necessários para os aspectos do jogo.

A Figura 13 ilustra os elementos citados por Zarrad (2018).

##### 3.1.2 Unreal Engine

Unreal Engine<sup>3</sup> é um motor gráfico desenvolvido pela Epic Games. Apresentado inicialmente em 1998, hoje em sua quinta versão, a Unreal Engine 5 é a ferramenta de criação em 3D em tempo real mais aberta e avançada do mundo (EPIC, 2022). O motor gráfico é empregado em vários ramos da indústria 3D, como filmes, jogos, visualização de arquitetura e automobilismo. Utilizada por grandes nomes como *The Mandalorian*<sup>4</sup> da Disney e o aclamado jogo de luta *Street Fighter 5* da Capcom.

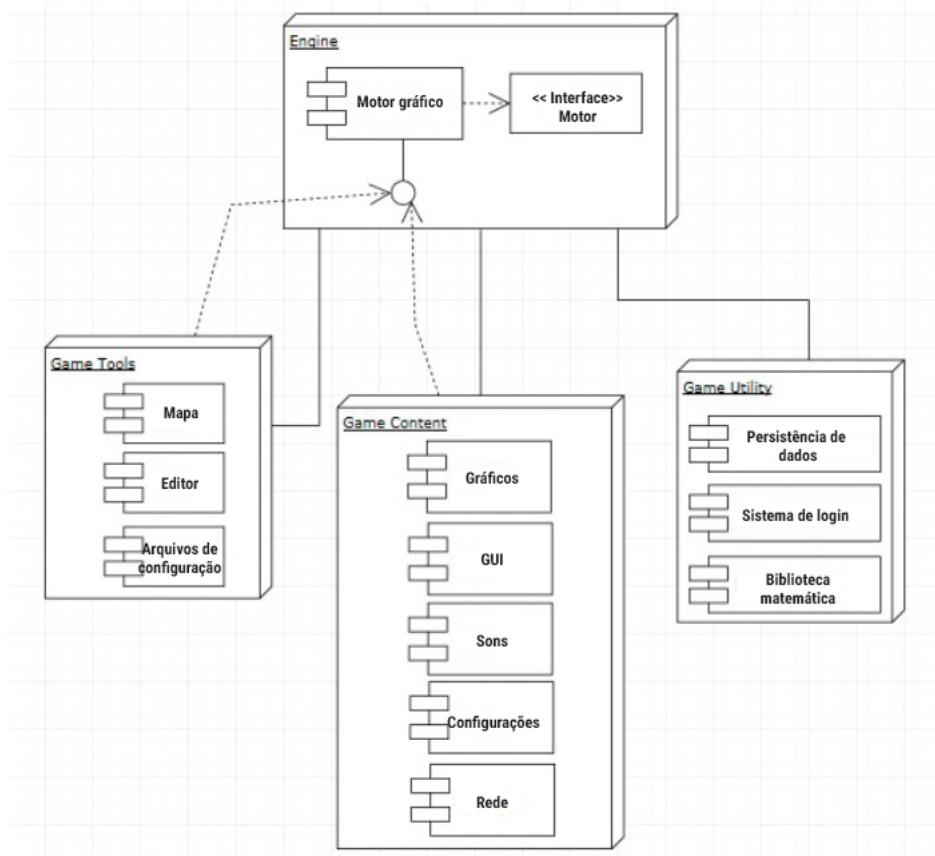
<sup>1</sup> Interface de programação de aplicações

<sup>2</sup> Abstração de funcionalidades comuns a várias aplicações

<sup>3</sup> <https://www.unrealengine.com/>

<sup>4</sup> Série de televisão da franquia Star Wars

**Figura 13 – Principais elementos de uma game engine**



**Fonte:** Adaptado de Zarrad (2018).

A escolha do Unity como motor gráfico para o desenvolvimento da aplicação é justificada pelas seguintes características:

- Otimização no tamanho dos projetos;
- Processo de exportação simplificado e compatível com diversas plataformas de interesse;
- Alta qualidade gráfica com baixo custo computacional;
- Licença gratuita;
- Codificação via Blueprint<sup>5</sup>;
- Documentação extensa e detalhada.

De mesma forma, a engine possui uma loja interna para assets<sup>6</sup>, com uma satisfatória coleção gratuita. Todavia, alguns assets serão desenvolvidos exclusivamente para a aplicação,

<sup>5</sup> Sistema de abstração para a linguagem C++

<sup>6</sup> São todos os elementos que podem estar presentes em um jogo

sendo assim, apesar de a engine possuir sistemas que facilitam o uso, manejo e até criação desses componentes, softwares específicos serão empregados.

### 3.1.3 Softwares gráficos

Embora a Unreal Engine possua sistemas integrados para gerar e aplicar elementos 3D, para o desenvolvimento de determinados assets com maior nível de complexidade, tais como personagens, elementos dinâmicos de cenário e shaders, será utilizado um software externo de manipulação 3D. O Blender<sup>7</sup> é um software gratuito de modelagem, escultura, texturização, animação, trabalho, cinematografia e renderização que possibilita exportar as criações direto para os formatos aceitos na Unreal Engine.

De mesma forma, será empregado o uso de softwares auxiliares para os elementos 2D, como texturas, UI<sup>8</sup>, HUD<sup>9</sup> e arte conceitual. Dentre as ferramentas escolhidas para as funções citadas estão:

**Photoshop**<sup>10</sup>: Software de edição e manipulação de imagens, desenvolvido e distribuído pela Adobe Systems com licença paga;

**Substance Painter**<sup>11</sup>: Software para pintura e alocação de texturas em elementos 3D, desenvolvido pela Allegorithmic e distribuído pela Adobe Systems com licença paga e gratuita para estudantes;

**Substance Designer**<sup>12</sup>: Software para criação de materiais desenvolvido pela Allegorithmic e distribuído pela Adobe Systems com licença paga e gratuita para estudantes.

Na próxima seção serão descritos os métodos abordados para o desenvolvimento da aplicação.

### 3.1.4 Google Forms

Google forms<sup>13</sup> é uma ferramenta online e gratuita para criação de formulários e gerenciamento de pesquisas. Os formulários serão criados de forma simples, contendo perguntas relevantes para o desenvolvimento do projeto. Será utilizada para coletar informações para a construção e avaliação do serious game.

---

<sup>7</sup> <https://www.blender.org/>

<sup>8</sup> Interface de usuário

<sup>9</sup> Head-up display

<sup>10</sup> <https://www.adobe.com/br/>

<sup>11</sup> <https://www.substance3d.com/products/substance-painter>

<sup>12</sup> <https://www.substance3d.com/products/substance-designer>

<sup>13</sup> <https://docs.google.com/>

### 3.2 Métodos

O método que foi utilizado no desenvolvimento do jogo é descrito na Figura 14.

**Figura 14 – Diagrama de trabalho**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Primeiramente o projeto de pesquisa foi enviado para o comitê de ética da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), assegurando que as interações com seres humanos seriam seguras e respeitariam os princípios ético científicos estabelecidos. Conforme o parecer 60073622.0.0000.0165.

Após a confirmação do comitê de ética, iniciou-se o processo de pesquisa. O recrutamento dos participantes foi realizado baseado na indicação de potenciais participantes, pois havia necessidade de que os participantes fossem profissionais da área de genética e/ou educação na área de ciências biológicas. A indicação foi feita pela coorientadora da pesquisa, de forma intencional, consistindo em profissionais previamente conhecidos pelo mesma devido a sua experiência profissional. O convite de participação da pesquisa (APÊNDICE A) foi enviado ao potencial participante. Ressaltando que as identidades não foram divulgadas e tratadas de maneira sigilosa, sendo utilizadas apenas para fins científicos.

O convite continha instruções e o *link* para acessar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B), que foi hospedado na ferramenta Google Forms. Todos os participantes leram e compreenderam o TCLE.

A utilização do formulário online foi escolhida pela praticidade e flexibilidade do envio e manuseio dos dados, além de economizar com recursos físicos e digitais. Sendo as ferramentas digitais gratuitas.

Foram realizadas entrevistas abertas a fim de estabelecer os requisitos do jogo e a compilação de uma base curricular de genética focada no ensino médio (previamente elaborada pela professora coorientadora da área). Para a realização da entrevista aberta, o questionário de pesquisa (APÊNDICE C) foi utilizado. As entrevistas foram agendadas de acordo com a disponibilidade dos participantes e do pesquisador. Foram realizadas de forma online via Google Meet.

As entrevistas foram realizadas de forma clara, objetiva, com tom de voz adequado, dispondo de pausas regulares para elucidação de possíveis dúvidas. As entrevistas não foram gravadas. Após o levantamento e identificação dos requisitos para construção do jogo, o protótipo do serious game foi desenvolvido na Unreal Engine 5. Para jogar o serious game, foi necessário que os participantes utilizassem um dispositivo desktop com sistema operacional Windows. O serious game foi disponibilizado via email para download.

Durante a avaliação o pesquisador orientou os participantes quanto a operacionalização do experimento. Para responder ao questionário de avaliação (APÊNDICE D), os participantes acessaram um *link* que foi compartilhado via e-mail pelo pesquisador.

A avaliação foi elaborada em um questionário simples com perguntas em relação a experiência dos participantes, compreensão e opinião sobre o jogo. Posteriormente os dados foram tabulados para melhor elucidação dos resultados.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, incluindo as entrevistas que contribuíram para definir as funcionalidades do serious game, bem como também os resultados do teste avaliativo final com os profissionais.

### 4.1 Escopo do jogo

Com os recursos gráficos avançados da Unreal Engine é possível criar um ambiente virtual 3D que apresente um desempenho adequado quando utilizado em computadores com limitações de hardware gráfico.

O projeto propõe ensinar conteúdos de genética de uma forma mais divertida e interessante para os alunos dentro do ambiente 3D. Para isso foram escolhidos *assets* 3D com uma estética agradável (adequada ao público alvo), porém respeitando as limitações computacionais das máquinas disponíveis para o público alvo. Embora a maioria dos profissionais tenham respondido que preferem uma abordagem mais realista para o ambiente 3D (Questão 14), visto que as escolas públicas não são equipadas com hardwares com capacidade de desempenho gráfico avançado, foi definido para o projeto uma ambientação artística mais lúdica que respeitasse tais requisitos de hardware. Ainda assim, o serious game, mesmo com esta limitação, foi construído visando apresentar-se de forma interessante e esteticamente agradável para os alunos, seguindo tendências de jogos atuais no mercado, como o Fortnite<sup>1</sup>.

O ambiente 3D é muito importante para o processo de aprendizagem, pois visa manter o jogador concentrado e interessado, afastando-o de possíveis distrações durante o aprendizado. Assim, a encadeamento de cenários e desafios foram desenvolvidos considerando uma progressão de aprendizado linear, buscando manter o jogador no estado de Flow (Seção 2.2.4.1). Para isso, o jogador seguirá uma sequência de desafios lógicos com os conteúdos de genética, misturados com desafios simples de movimentação no cenário, como pulos e escaladas.

Para atingir um desempenho agradável em computadores com hardware gráfico limitado, foram empregadas diversas técnicas de otimização em diferentes aspectos do projeto, de acordo com o conhecimento técnico do pesquisador, assim obtendo uma estética agradável em paralelo com a economia de recursos computacionais. Ainda na construção do ambiente 3D, conforme solicitação dos profissionais, não foram empregados aspectos lúdicos quando diz respeito à personagens do ambiente virtual (Questão 11). De mesmo modo, a narrativa foi construída de forma resumida e adaptada para dar ênfase nos conteúdos de genética, usando aspectos fantásticos apenas quando necessários (Questão 10).

---

<sup>1</sup> <https://www.epicgames.com/fortnite/pt-BR/home>

#### 4.1.1 Otimização

Visando a performance em computadores com hardware gráfico limitado, foi definido que um estilo visual semelhante a desenhos animados seria a abordagem mais adequada para a direção de arte dos ambientes virtuais. Assim, foram utilizados diversos pacotes de *assets* 3D com este cunho que são disponibilizados na *Unreal Store*<sup>2</sup>. O projeto utilizou tanto *assets* gratuitos como pagos, adquiridos com recursos próprios do pesquisador principal. Ainda com o objetivo de performance, foi realizado um processo de otimização em todas as malhas 3D do projeto. As técnicas utilizadas para ganho de desempenho foram as seguintes:

- Redução de vértices por quebra de polígonos utilizando tanto o motor gráfico quanto o software 3D Blender;
- Redução da resolução das texturas utilizando o Adobe Photoshop. Texturas originalmente em 4K foram reduzidas para espectros dentro de um escopo com uma mínima de 64 pixels<sup>3</sup> a 512 pixels. Variando de acordo com a necessidade individual de detalhes de cada malha 3D;
- Criado e ajustado LODs(*Level of Details*)<sup>4</sup> com diferentes alcances para todas as malhas que estão em cena;
- Foi desenvolvido um mapa de texturas para ser utilizado e invocado por malhas 3D replicadas no cenário. Deste modo o projeto armanezará múltiplas texturas uniformemente na memória, sendo apenas uma instância da mesma textura, indiferente do número de vezes que a mesma é invocado, resultando em um ganho de performance;
- Todas as cenas que compõem o cenário estático foram ajustadas em cena com sombras estáticas. Apenas luzes presentes nas mecânicas de genética foram configuradas para projetarem sombras dinâmicas em tempo de execução.

Na próxima seção são descritas as funcionalidades desenvolvidas para o projeto.

#### 4.2 Funcionalidades

O objetivo desta seção é descrever os elementos que foram desenvolvidos e empregados no jogo. São descritos: menus, ambiente e mecânicas.

---

<sup>2</sup> <https://www.unrealengine.com/marketplace>

<sup>3</sup> Unidade de medida que representa o menor ponto que forma uma imagem digital.

<sup>4</sup> <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/BuildingWorlds/HLOD/Overview/>

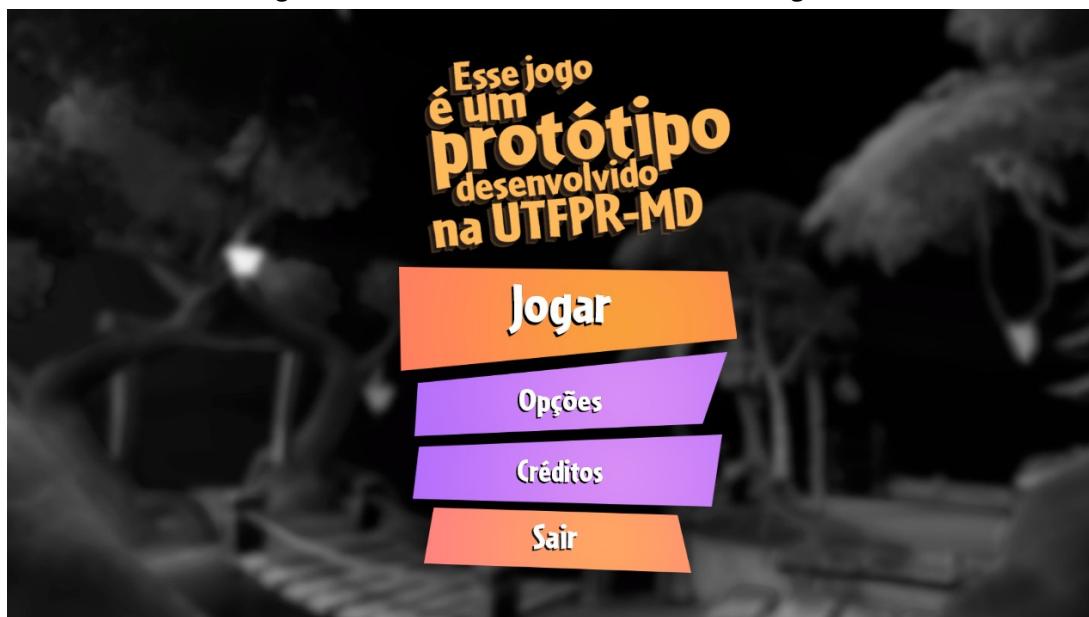
#### 4.2.1 Menus

Nesta subseção são descritos os menus que foram desenvolvidos de forma interativa e com aspectos visuais estilizados. Todos os recursos gráficos apresentados como botões, textos e imagens foram criadas através do software Adobe Photoshop. Posteriormente os recursos foram exportados e portados para serem utilizados no motor gráfico. A interação com todos os menus é feita pelo uso do mouse, os menus desenvolvidos são:

##### 4.2.1.1 Menu inicial

O menu inicial é a primeira tela apresentada ao usuário (Figura 15). Esta tela sempre será apresentada ao executar o serious game. Este menu permite ao jogador fechar o serious game, acessar o menu de opções gráficas, a tela de créditos e iniciar a execução da primeira fase do jogo.

**Figura 15 – Tela de menu inicial do *serious game***



**Fonte:** Autoria própria (2022).

##### 4.2.1.2 Menu de opções gráficas

Ao iniciar o serious game, as configurações gráficas padrões são determinadas pela configuração que o motor gráfico estava quando o projeto foi exportado para a plataforma alvo. Neste caso, todas as configurações iniciam em seus valores mínimos.

Para customizar isso, a tela de opções dá acesso a configurações gráficas referentes a ajustes que melhoram a performance ou a qualidade gráfica de apresentação do serious game. A Figura 16 ilustra as opções disponíveis para customização. As opções gráficas são

disponíveis em escalas. Configurações com o valor "Desligado" determina que a configuração não será executada. A cima do valor "Desligado" é determinado por um escopo que vai do valor minimo representado por "Baixo" e valor máximo representado por "Épico". Cada configuração possui seu escopo individual de possibilidades. A opção selecionada deixará o botão referente a ela mais escuro, ilustrando para o jogador que foi selecionada. As opções de configuração gráfica são:

**Resolução:** as interfaces do serious game foram montadas para dispositivos com proporções de tela no padrão 16:9. São disponibilizadas resoluções mínimas como 1280x720 pixels até a resolução em 4k, 3840X2160 pixels. O jogador pode escolher através de um menu dropdown<sup>5</sup>;

**Modo janela:** opção de rodar o serious game em modo janela ou tela cheia (fullscreen);

Figura 16 – Menu de opções gráficas



Fonte: Autoria própria (2022).

**Distância de visão:** determina quando um objeto será renderizado no ambiente 3D. Quanto maior o valor, objetos 3D mais distantes do jogador serão renderizados. Quanto menor o valor, apenas objetos mais próximos do jogador serão renderizados;

**FPS:** é a velocidade com que o computador renderiza uma sequência de imagens e as exibe na tela. Essa velocidade impacta diretamente o jogador, já que um baixo FPS pode reduzir o sentimento de imersão do jogador, afetando diretamente a jogabilidade em todas as etapas do jogo. Portanto busca-se maximizar o FPS, aumentando assim a fluidez com a qual o

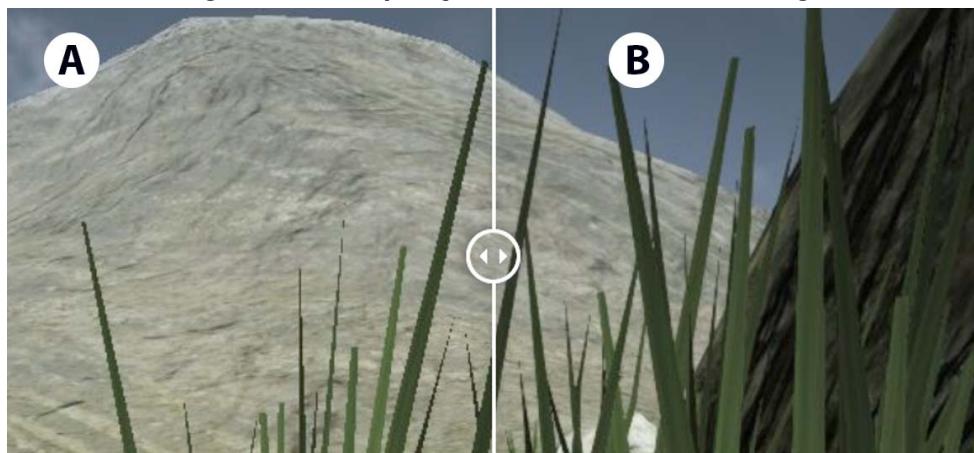
<sup>5</sup> Um menu drop-down ou menu suspenso é um elemento de interface que é similar a uma lista.

jogo é apresentado. Porém, para alcançar esse objetivo será necessário reduzir outros aspectos gráficos, comprometendo assim a qualidade visual do jogo Claypool e Claypool (2007);

**Pós processamento:** computadores renderizam as cenas 3D como imagens fixas. O pós processamento atua como um efeito de ajuste de imagem após a primeira ser renderizada. Portanto, após o computador processar a imagem, por meio dos pós processamentos, é possível aplicar certos filtros na imagem, como oclusão de ambiente<sup>6</sup>;

**Anti-Aliasing:** ao utilizar malhas 3D é necessário atentar-se que os pixels não são infinitamente pequenos (BUCK, 2019). Desta forma, o motor gráfico irá renderizá-los em degraus (Figura 17, lado A). Para atingir uma maior fidelidade gráfica, existem maneiras de amenizar esse efeito. Uma das práticas utilizadas é chamada anti-aliasing. Nesta técnica, será adicionado um raio que passará através dos pixels, renderizando múltiplas imagens do mesmo objeto. Assim, equalizando os valores dos pixels adjacentes, resultando em uma imagem mais nítida (BUCK, 2019). Essa técnica gera um resultado estético agradável (Figura 17, lado B), porém possui um alto custo computacional;

**Figura 17 – Comparação da técnica de Anti-Aliasing**



Fonte: Adaptado de Epic (2022).

**Qualidade de textura:** representa a resolução das texturas utilizadas, quando maior a resolução maior o nível de detalhes da textura e maior o custo computacional;

**Sombras:** representa a qualidade das sombras presentes na cena, quando maior o valor, maior será a resolução das arestas das sombras. Quanto menor o valor, menos nítidas serão as arestas. Assim como as outras configurações, quanto melhor a estética maior o custo computacional;

**Iluminação global:** representa a forma como os dados de luz são computados e armazenados, quanto maior o valor, melhor a qualidade das luzes da cena, porém com um custo computacional significativo

<sup>6</sup> <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/RenderingAndGraphics/PostProcessEffects/AmbientOcclusion/>

O menu de opções gráfica possui um botão que retornará ao menu inicial, ilustrado na Figura 16 no botão "Voltar". Por fim, foi implementado um agente de otimização<sup>7</sup> que irá escanear o computador do usuário e aplicará<sup>8</sup> as melhores configurações possíveis. Esta funcionalidade está representada na Figura 16 no botão "otimizar".

#### 4.2.1.3 Menu de Créditos

O menu de créditos é formado por uma simples imagem indicando os desenvolvedores e o moto gráfico utilizado. De mesmo modo possui o botão "Voltar" que retornará o jogador ao menu inicial caso acionado, o menu é ilustrado na Figura 18.

**Figura 18 – Menu de créditos**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

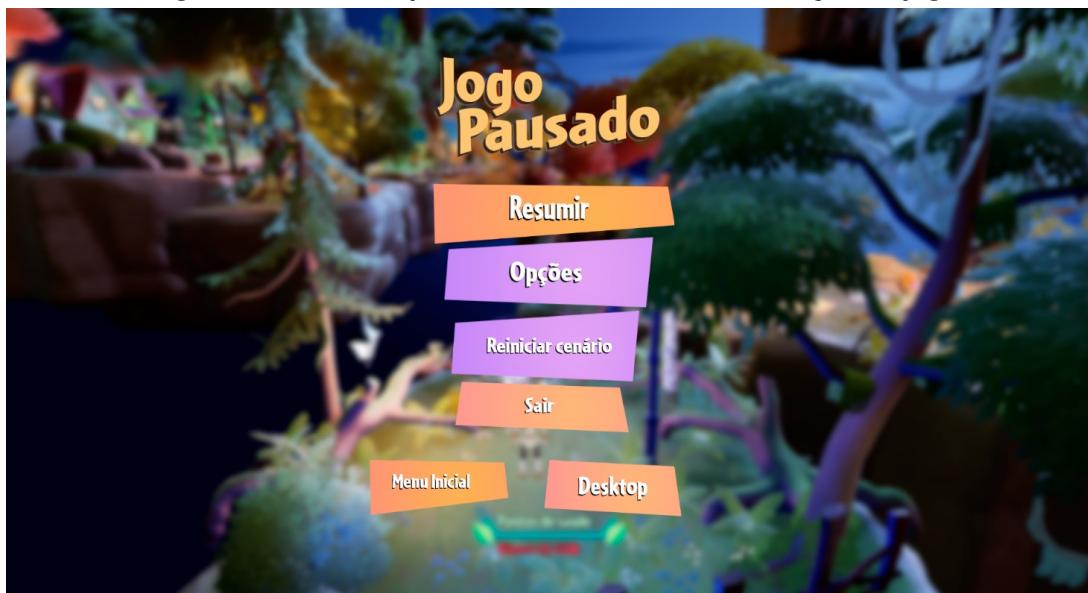
#### 4.2.1.4 Menu de Pausa

Foi desenvolvido um menu de pausa para o serious game. Quando acionado, via tecla ESC, congelará o jogo e o menu será invocado (Figura 19). Contém as seguintes opções:

<sup>7</sup> <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/BlueprintAPI/Settings/RunHardwareBenchmark/>

<sup>8</sup> <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/BlueprintAPI/Settings/ApplyHardwareBenchmarkResults/>

**Figura 19 – Menu de pausa invocado durante a execução do jogo**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

- Botão "resumir": retornará ao jogo no ponto em que foi pausado sem nenhuma alteração;
- Botão "opções": abrirá o menu de opções, apresentado em detalhes na subseção 4.2.1.2;
- Botão "reiniciar cenário": reiniciará o cenário atual, retornando o jogador ao local inicial do cenário. Todas as missões e instâncias serão reiniciadas;
- Botão "sair": ao clicar no botão "Sair", duas opções são apresentadas, um atalho para retornar ao menu inicial, botão "Menu Inicial". Outro para fechar completamente a aplicação, botão "Desktop".

#### 4.2.1.5 Menu de fim de jogo

Foram desenvolvidos dois menus complementares para cenários de fim de jogo, sendo eles:

**Menu de conclusão:** possui 3 variações, conforme ilustrado na Figura 20. Cada estrela representa o número de vidas que o jogador possui ao terminar o jogo, estabelecido como feedback de desempenho - quanto mais estrelas melhor o desempenho. De mesmo modo possui a opção de retornar ao menu inicial ou fechar a aplicação;

Figura 20 – Menu de conclusão



Fonte: Autoria própria (2022).

**Menu de falha:** caso o número de vidas do jogador chegue a zero, o menu de fim jogo será invocado. Contém a opção de retornar ao menu inicial, reiniciar o cenário ou fechar a aplicação (Figura 21).

Figura 21 – Menu de falha



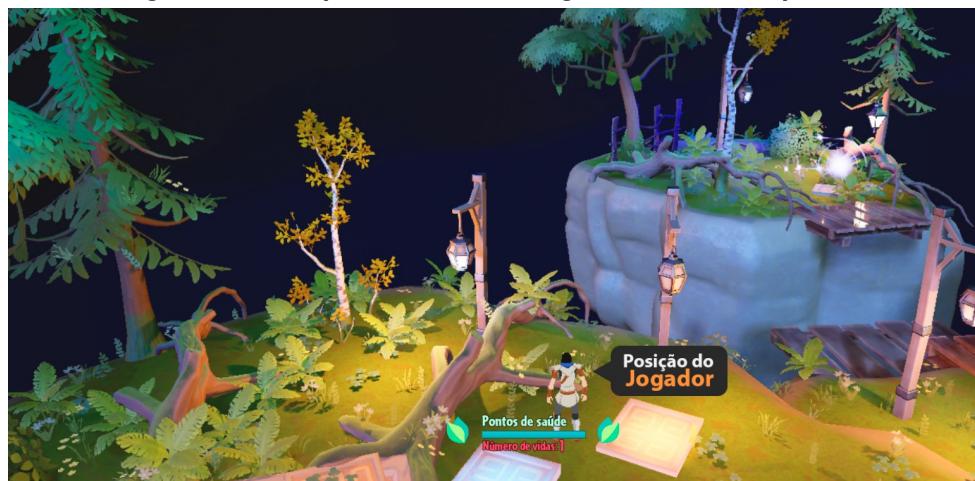
Fonte: Autoria própria (2022).

#### 4.2.2 Interação

Nesta seção são apresentadas as mecânicas desenvolvidas para o jogador interagir com o ambiente 3D. O jogador é representado por um avatar virtual disposto no ambiente 3D com uma câmera posicionada em perspectiva de terceira pessoa<sup>9</sup>, conforme a Figura 22.

<sup>9</sup> <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/Resources/Templates/ThirdPerson/>

**Figura 22 – Perspectiva do serious game em terceira pessoa**

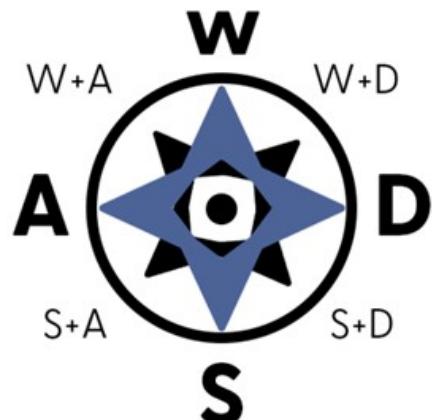


**Fonte:** Autoria própria (2022).

Dentro deste ambiente, o jogador poderá controlar o avatar através de um padrão de entradas de teclas de atalho popular em jogos eletrônicos, tornando-o assim intuitivo aos jogadores já familiarizados com este tipo de sistema. Os controles do avatar são:

- Teclas “W”, “A”, “S”, “D” para o deslocamento, incluindo também movimentos diagonais, compostos por duas entradas simultâneas, conforme a Figura 23;

**Figura 23 – Diagrama de movimentação**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

- Movimento do mouse para controlar a rotação da câmera. De mesmo modo foi configurado para que o avatar se ajuste de acordo com a rotação da câmera, facilitando assim a movimentação dos jogadores;
- Espaço para saltar, pressionar duas vezes rapidamente a tecla espaço para agarrar-se a superfícies com o perfil de obstáculos puláveis<sup>10</sup>;

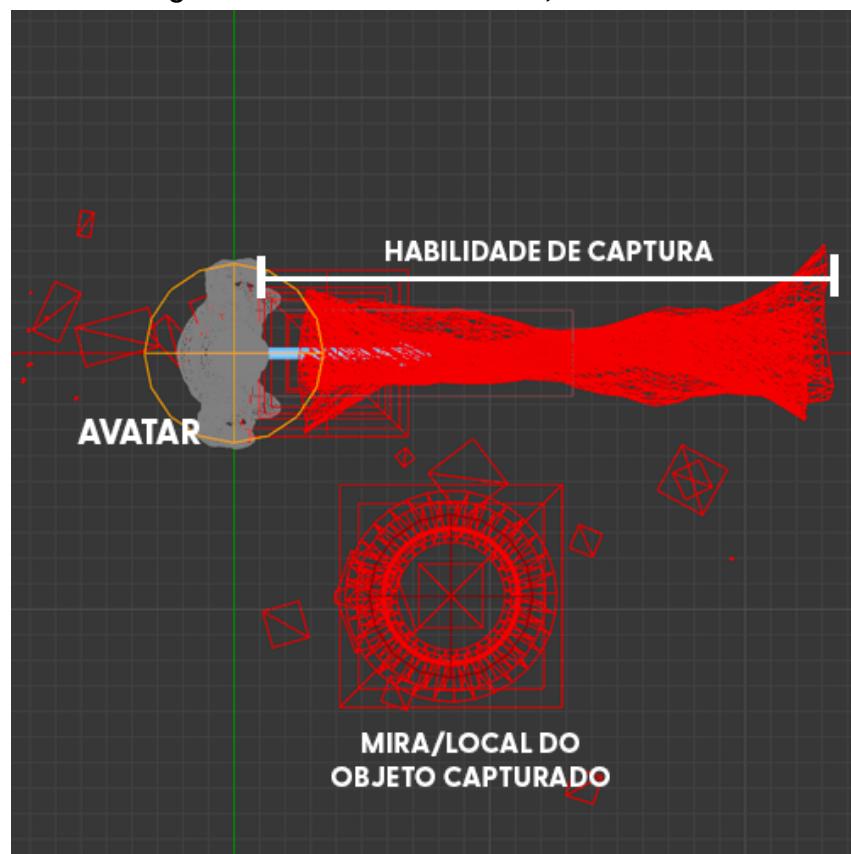
<sup>10</sup> <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/collision-filtering>

- Shift para correr;
- Tecla “E” para conversar com NPCs;
- Tecla “F” para capturar objetos;
- Tecla “Alt” para agachar.

Para representar o jogador foi utilizado uma malha 3D em formato de Avatar adquirido na *Unreal Store*. De mesmo modo, sua habilidade de capturar objetos utiliza efeitos especiais visuais e sinais sonoros para ajudar a compreender a mecânica, e ambos os assets, tanto visuais quanto sonoros, foram obtidos através da *Unreal Store*.

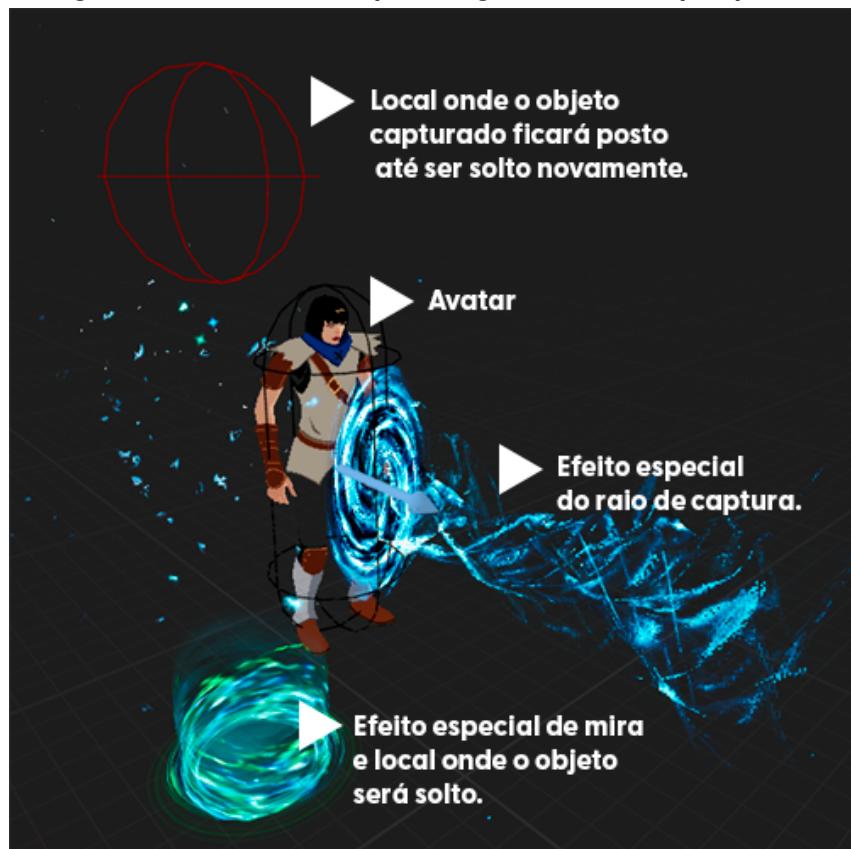
Ao clicar a tecla de atalho “F”, o avatar projetará um raio a sua frente (Figura 24) disparando um evento de detecção. Caso algum objeto com o perfil de colisão “pegável” intercepte o raio em seu comprimento durante esse evento, o objeto colidido será transportado para uma nova posição, que fica a direita e levemente acima da posição do avatar, como ilustrado na Figura 25. O objeto capturado permanecerá nesse novo local e seguirá o avatar até o jogador apertar novamente a tecla “F”, assim soltando o objeto no local ilustrado pelo novo efeito visual. Este último que serve como mira, facilitando assim que o jogador alinhe o local onde deseja soltar o objeto, conforme a Figura 25. A Figura 24 representa a localização desses elementos em relação ao avatar. Já a Figura 25 ilustra graficamente os elementos citados

**Figura 24 – Elementos do avatar, visão de cima**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 25 – Elementos do personagem, visão com perspectiva**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

O jogador também possui um número fixo de pontos de saúde, representado graficamente por uma barra horizontal que utiliza valores percentuais. A cor da barra horizontal é atualizada caso ocorra algum evento no valor citado. A Figura 26 ilustra primeiramente a barra de pontos de saúde cheia, posteriormente a barra com 80% da capacidade, e por fim vazia, ilustrado pela cor de verde mais escura. Já o número de vidas, é representado graficamente por um número inteiro, localizado abaixo da barra horizontal, posterior ao identificador "Número de vidas", também ilustrado na Figura 26.

Os pontos de saúde são inicializados por padrão a 100%, caso cheguem a 0% o jogador perderá 1 ponto de vida. Caso os pontos de vida do jogador cheguem a 0, o jogo será pausado e o menu de falha, apresentado na subseção 4.2.1.5, será invocado.

Figura 26 – Pontos de saúde e número de vidas



Fonte: Autoria própria (2022).

O jogador pode sofrer um impulso negativo em seus pontos de vida de duas formas:

- Errar um desafio de deslocamento e cair fora do limites do cenário, perdendo um ponto de vida;
- Errar um desafio de genética, perdendo 30 pontos de saúde para cada interação incorreta com a mecânica.

Ao perder 100 pontos de saúde ou 1 ponto de vida, uma tela de feedback visual será apresentada, ilustrada pela Figura 27. As mecânicas de genética, desafios de deslocamento e locais seguros são abordados na seção 2.2.5.

**Figura 27 – Tela de retorno**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

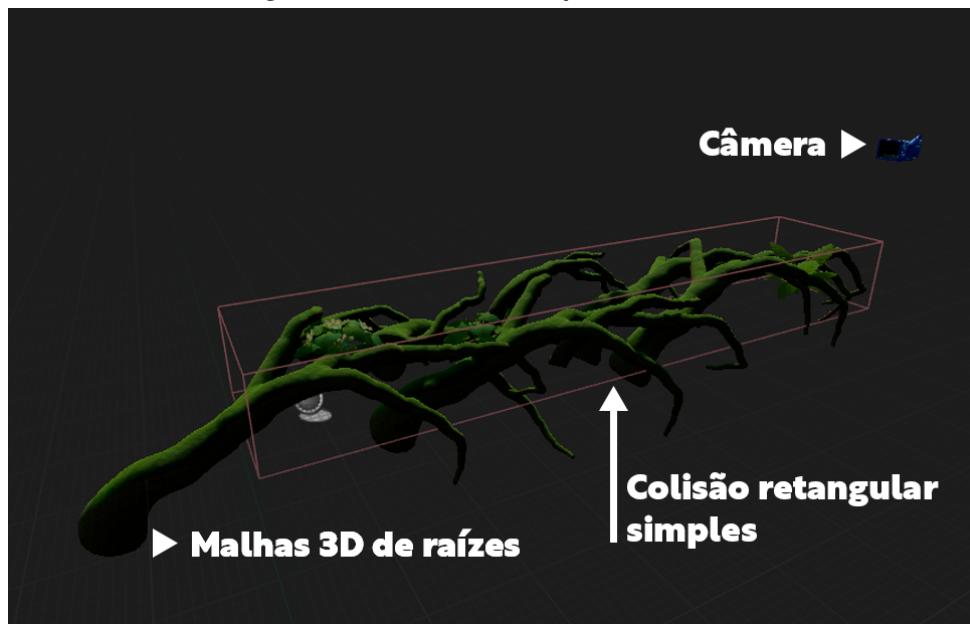
#### 4.2.3 Ambiente

Para auxiliar no conceito de progressão linear considerado na Teoria do Flow, apresentada em detalhes na Seção 2.2.4.1, foram desenvolvidos obstáculos dinâmicos para o jogador superar. São eles:

**Ponte de raízes:** composta por várias malhas 3D que se entrelaçam formando uma plataforma para o jogador progredir. Embora as malhas que compõem visualmente a plataforma possuem padrões de colisões individuais, para facilitar a progressão, foi implementado uma colisão retangular simples, assim o jogador não precisará equilibrar-se nas formas das raízes, apenas se locomoverá sobre elas de forma plana, conforme a Figura 28;

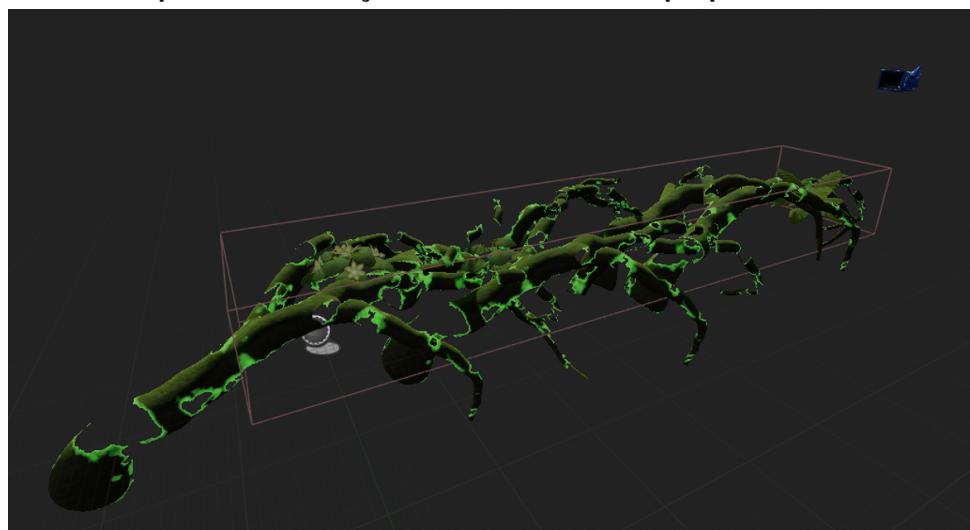
Todas as pontes são desativadas ao iniciar o jogo e são ativadas apenas ao concluir o desafio de genética correspondente àquela parte do cenário. Quando o desafio for concluído, a câmera do jogador terá sua posição temporariamente alterada na cena, mostrando uma curta animação da ponte de raízes materializando-se, conforme a Figura 29, assim ilustrando para o jogador o caminho que deverá seguir para progredir;

Figura 28 – Elementos da ponte de raízes



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 29 – Efeito especial de invocação de todos os assets que possuem a malha 3D de raízes



Fonte: Autoria própria (2022).

**Parede de raízes:** as paredes de raízes (Figura 30) utilizam configurações semelhantes de malha 3D e efeitos visuais da ponte de raízes. Porém, essa mecânica é utilizada para impedir certos caminhos do jogador, atuando como um limitador dentro das opções que o jogador pode executar naquele determinado momento, assim ajudando o jogador a manter o foco para os objetivos mais importantes. Portanto, as paredes de raízes começam ativadas e são desativadas quando deseja-se liberar acesso a determinada área para o jogador;

**Figura 30 – Parede de raízes**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Plataforma:** visando deixar o jogo mais divertido, não apenas limitado a conteúdos de genética, assim retendo mais a atenção e interesse dos alunos, foram implementados mecânicas de jogos de plataforma, onde o jogador deverá utilizar suas capacidades de movimentação em conjunto para progredir no cenário, tendo os seguintes desafios:

- Atravessar pontes e caminhos estreitos sem cair;
- Efetuar manobras de escalada e saltos;
- Combinar as teclas de atalho de corrida com a tecla de atalho de salto para efetuar um pulo que cubra uma distância maior;
- Combinar teclas de atalho de pulo e escalada para agarrar-se a um objeto enquanto o avatar está em queda.

Além disso, foram implementadas plataformas móveis para acrescentar mais um grau de desafio na progressão de cenário. São malhas 3D simples que ficam em um loop de animação sobre uma linha de deslocamento, representado na Figura 31. Assim o jogador deverá esperar o momento ideal para pular na plataforma e progredir adiante;

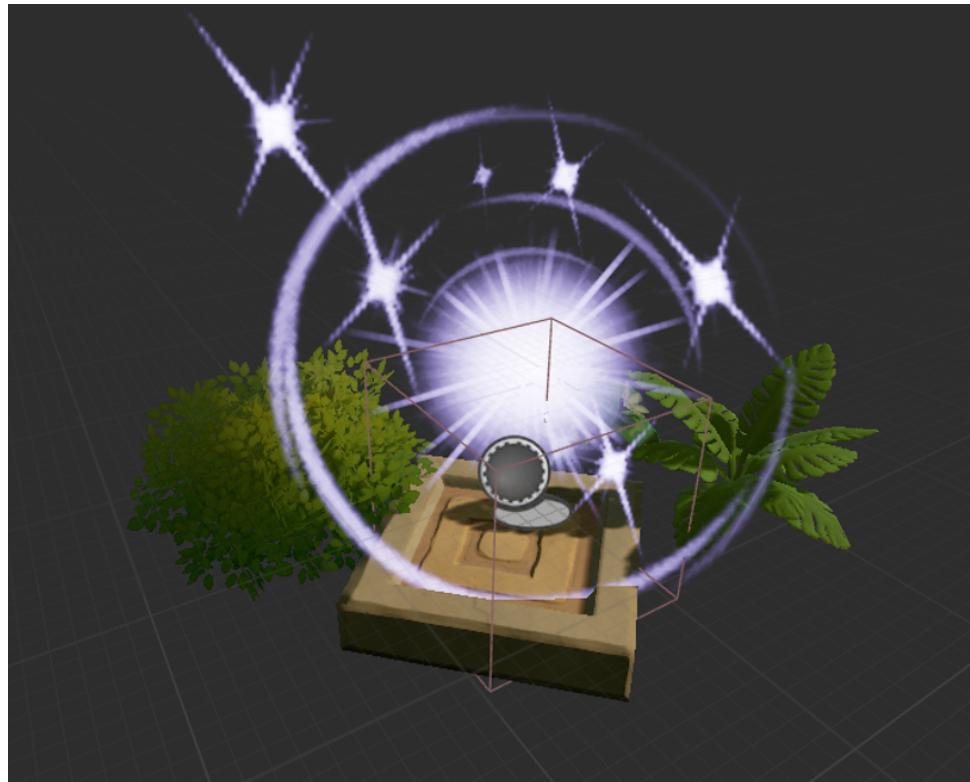
Figura 31 – Exemplo de plataforma móvel posicionada no cenário 3D



Fonte: Autoria própria (2022).

**Locais seguros:** os locais seguros são posições fixas no ambiente 3D que atuam como checkpoints para reposicionar o avatar caso os pontos de saúde zerem, ou o número de pontos de vida sofra alteração. São representados por uma malha 3D com um efeito especial, representado na Figura 32. Para que o que jogador desbloqueie um novo local seguro basta entrar em contato com a malha 3D. Ao entrar em contato haverá um feedback sonoro e uma interface de usuário aparecerá na tela, indicando que o novo local seguro foi desbloqueado (Figura 33);

Figura 32 – Representação do conjunto de assets que compõem a mecânica da plataforma de checkpoint



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 33 – Interface gráfica que representa quando um novo local seguro foi desbloqueado



Fonte: Autoria própria (2022).

**Portais:** o portal é uma mecânica que tem como finalidade transportar o jogador para outro lugar. É composto por um colisor retangular simples que funcionará como ativador e diferentes malhas 3D em conjunto com um efeito especial, ilustrado na Figura 34. Todos os portais

iniciam desativados no cenário e são apenas acionados em momentos específicos. Essa mecânica foi desenvolvida para auxiliar em uma contextualização lúdica a respeito de genótipos; Ao utilizar o portal, o jogador será transportado para uma nova localização e ocorrerá um efeito sonoro e uma transição visual;

**Figura 34 – Conjunto de elementos em cena que compõem a mecânica de portal**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Mega-árvore:** foi desenvolvida utilizando diversas malhas 3D com a finalidade de criar uma seção customizável do cenário. Todos os *assets* desse componente receberam uma padronização via código em suas texturas, de modo que possam ser atualizadas em tempo de execução (Figura 35).

**Figura 35 – Exemplo da mecânica de Mega-árvore em cena**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

#### 4.2.4 NPC

Nessa subseção são descritas as mecânicas desenvolvidas para interagir com o aluno, apresentando os conteúdos de genética em forma de missões

O *Non Playable Character* (NPC), é um personagem não controlável e atuará no cenário como a interface de comunicação com o jogador, apresentando os conteúdos de genética, disponibilizando missões e desafios. É formado pelos seguintes componentes:

- Diferentes malhas 3D com o gênero masculino e feminino;
- Malha 3D de textos, onde são representados o nome do NPC e a interface de interação;
- Câmera que será acionada durante a execução dos diálogos;
- Pivô de localização;
- Efeito visuais e sonoros;
- Ciclo de animação estacionário.

Os NPCs são dispostos no cenário ao iniciar o jogo e ficarão em posições fixas executando um loop de animação enquanto esperam a interação do jogador. Para sinalizar que o jogador precisa interagir com o NPC foram utilizadas algumas técnicas, como o ícone de exclamação e o efeito especial visual chamativo, sinalizando assim para o jogador que ele precisará interagir com o NPC para progredir. Quando o jogador se aproximar da área de interação, o NPC ativará a malha de texto indicando que está disponível para começar o diálogo - estados ilustrados na Figura 36.

**Figura 36 – NPC**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Ao clicar a tecla de atalho “E” o jogador iniciará o evento de diálogo. A câmera alterará para a câmera de diálogo e a entrada de comandos por teclado será desativada, alterando o estado do jogo para receber apenas entradas pelo mouse<sup>11</sup>. O avatar do jogador será transportado para o pivô e permanecerá nessa posição até encerrar o diálogo. A Figura 37 ilustra as posições dos componentes.

<sup>11</sup> <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/BlueprintAPI/Input/SetInputModeUIOnly/>

**Figura 37 – Componentes do NPC**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Durante o diálogo será invocada uma nova interface gráfica de textos, ilustrado na Figura 38. Na interface central contém o nome do NPC e serão apresentados todos os diálogos do jogo, incluído conceitos de genética e instruções para resolver os desafios. Para interagir o jogador deverá usar o mouse e terá duas opções laterais de interação, sendo elas:

- Uma opção de confirmação de diálogo, indicada pelo botão "Entendido"(Figura 38). Ao clicar irá para o próximo diálogo e eventualmente concluirá o mesmo;
- Opção para retroceder, indicado pelo botão "Poderia repetir?"(Figura 38). Quando acionado, repetirá o diálogo anterior;
- Diálogo após o jogador aceitar a missão, contendo uma dica para a mesma;
- Diálogo quando o jogador entregar a missão;
- Diálogo após o jogador concluir a missão.

**Figura 38 – Exemplo de diálogo com um dos NPCs em cena**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Ao concluir o diálogo, ocorrerá a transição de câmera, retornando a perspectiva anterior à interação. O jogador receberá uma missão e o ícone do NPC será alterado (Figura 39, lado A). Será disparado um efeito sonoro, e invocada uma interface de objetivos no canto direito da tela, ilustrando de forma resumida os objetivos da missão descritos durante o diálogo (Figura 39). O jogador receberá novamente o controle de seu personagem e poderá prosseguir para a resolução dos objetivos. Caso a missão inclua a mecânica de parede de raízes (Seção 4.2.3), elas são acionadas nesse momento.

Finalizando o objetivo proposto, será acrescentado à interface uma palavra indicando que o objetivo foi concluído. O efeito visual no NPC será desativado e a cor do ícone será alterada, essas mudanças estão ilustradas na Figura 39, lado B. Os textos e instruções apresentadas no jogo, tanto como os conteúdos de genética, são descritos na seções 4.3 e 4.3.3.

Figura 39 – Alterações em certos elementos do NPC



Fonte: Autoria própria (2022).

#### 4.2.5 Mecânicas de objetivos

Nesta subseção estão descritas as mecânicas desenvolvidas que são aplicadas na construção dos desafios de genética. A mecânica de desafios foi desenvolvida para simular a resolução de quadros de Punnet. Como sugerido pela Coorientadora e reforçado pelo questionário de pesquisa (APÊNDICE C), questão 19, a resolução de quadro de Punnet é um conceito fundamental que os alunos precisam aprender. Portanto as mecânicas buscam induzir esse aprendizado de forma implícita e progressiva. A mecânica foi desenvolvida com 3 componentes chave: um objeto coletável, uma plataforma para colocar o objeto coletável e um controlador.

**Objeto coletável:** atua no mapa como um coletável, pode ser capturado através da habilidade de raio mágico do jogador ou empurrado utilizando o motor física da Unreal Engine. Pode ser customizado para ter diferentes malhas 3D aplicadas a ele, tomando diferentes formas para o jogador, porém mantendo as mesmas propriedades, disponibilizando assim uma maior variedade para as mecânicas. Caso objeto coletável seja arremessado para fora dos limites do mapa pelo jogador, ou caia com o jogador caso o mesmo falhe durante a progressão de cenário, o objeto coletável retornará a sua localização inicial. Os objetos coletáveis serão referenciados como Malha de Objeto Pegável (MOP);

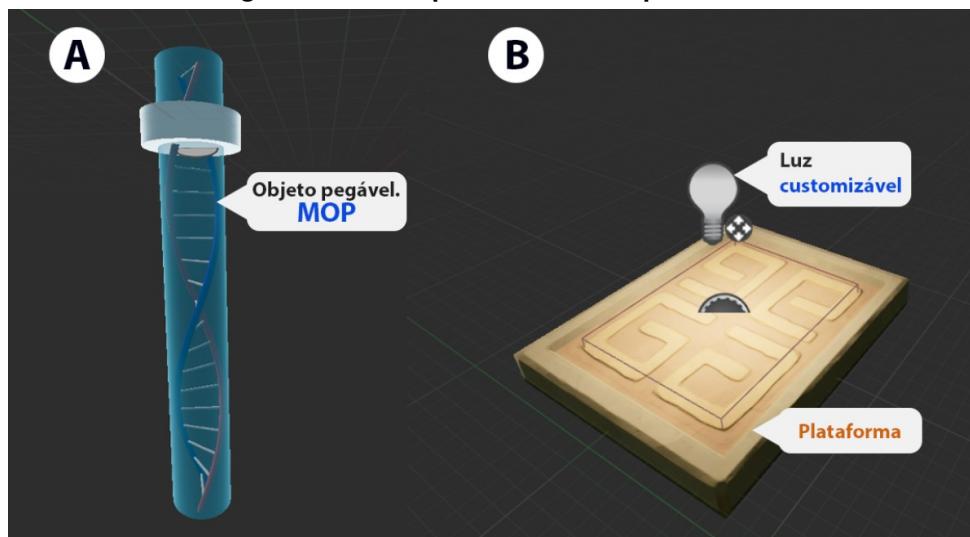
**Plataforma:** é composto por uma malha 3D e uma luz que podem ser customizados de acordo com o puzzle desejado para aquela determinada seção no ambiente virtual. Possui um local fixo no mapa e atua como local destino para os objetos coletáveis. Quando o jogador posicionar um objeto coletável sob a plataforma ela irá validar se aquele objeto está no local correto. Caso esteja, o objeto coletável será reposicionado no centro da plataforma e suas funções serão desativadas, tornando o objeto coletável apenas um elemento visual no cenário, de mesmo modo o jogador receberá um impulso positivo em seus pontos de saúde. Caso o local seja incorreto, o jogador receberá um impulso negativo em seus pontos de saúde e o objeto

coletável permanecerá no chão. Para ambos os casos, incorreto ou correto, será retornado um feedback sonoro;

**Controlador:** o controlador não possui uma representação gráfica no ambiente virtual. Porém ele gerencia toda a lógica de resolução dos objetos coletáveis e plataformas. De mesmo modo também gerencia quando certas funções complementares irão disparar no cenário, como as pontes raízes e mega-árvores.

A Figura 40, lado A, representa a MOP. Já o lado B, representa a plataforma.

**Figura 40 – Exemplo de MOP e de plataforma**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Na próxima seção é descrito a construção dos cenários.

### 4.3 Cenários

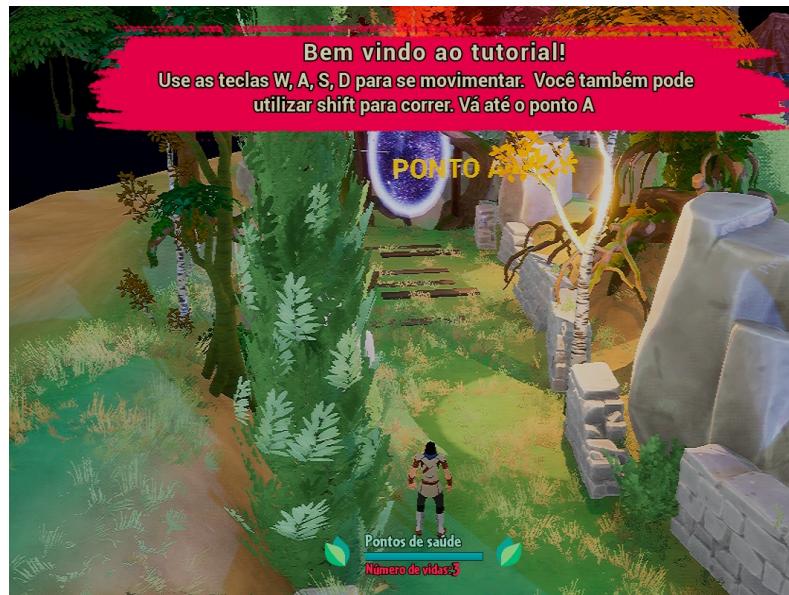
Nesta seção são descritos como todas as mecânicas citadas anteriormente são disponibilizadas nos cenários. De mesmo modo, os conteúdos de genética abordados em cada etapa e a progressão linear que o jogador deverá seguir.

Os cenários foram construídos de maneira a garantir que o jogador entre em contato com os conteúdos de genética e que o entendimento a respeito dos mesmos sejam fundamentais para que o jogador progride no cenário. Assim, a apresentação dos conteúdos seguiu uma ordem onde são intercalados desafios de genética e desafios de progressão no cenário, mantendo a experiência na zona de Flow Seção 2.2.4.1. De mesmo modo, o jogador não é habilitado a progredir em certos desafios de deslocamento caso não tenha concluído os desafios de genética. Outrossim os cenários foram desenvolvimentos para o perfil explorador (Seção 2.2.6 utilizando a progressão *Progress through completing tasks* em conjunto com a progressão *Progress as Player Growth* (Seção 2.2.5).

#### 4.3.1 Tutorial

Nesta subseção é apresentado o cenário de tutorial do jogo, o qual foi desenvolvido para apresentar os comandos de movimentos básicos de controle do avatar. É composto de um mapa simples com instruções claras e objetivas descritas na tela. A Figura 41 ilustra a primeira instrução de movimentação. Já a Figura 42 a última instrução.

**Figura 41 – Primeira instrução do tutorial**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 42 – Segunda instrução do tutorial**



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao entrar no portal, o jogador será encaminhado para o primeiro cenário.

#### 4.3.2 Primeiro cenário

Nesta subseção são apresentados os desafios do primeiro cenário, seguindo a ordem apresentada no mapa ilustrado na Figura 43. Sendo eles:

**Figura 43 – Mapa do primeiro cenário**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Objetivo 1:** O primeiro desafio que o jogador dever seguir é apresentado pela letra A no mapa da Figura 43. O jogador deve passar o seu primeiro desafio de deslocamento, realizando um salto do ponto A até o ponto B, conforme ilustra a Figura 44. De mesmo modo é disponibilizado para o jogador o primeiro checkpoint, caso o jogador não capture e falhe no deslocamento, ele retornará ao local onde iniciou o jogo.

**Figura 44 – Primeiro desafio de deslocamento**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Ao chegar no ponto 1 representado na Figura 43, o jogador encontrará o primeiro NPC, para interagir com o mesmo é necessário apertar a tecla "E". Ao comunicar com o NCP, o texto presente no diálogo apresentará um resumo das mecânicas do jogo, ensinando o jogador a utilizar seu raio mágico, indicando que precisará utilizar a tecla "F" para capturar as MOPs (Figura 45). Após concluir o diálogo, o jogador receberá instruções resumidas para concluir seus desafios. Tais informações estão localizadas no painel de missões (Figura 46).

**Figura 45 – Diálogo inicial**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para este desafio introdutório o jogador deve capturar as essências mágicas e posicioná-las nas duas plataformas mágicas disponíveis. Os componentes da cena estão ilustrados na Figura 46. Já a Figura 47 ilustra o desafio em andamento.

**Figura 46 – Elementos do primeiro desafio em cena**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 47 – Primeiro desafio em progresso**



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao concluir, a posição da câmera é alterada e a animação da ponte de raízes é invocada (Figura 48). Ilustrando assim para o jogador o caminho que deverá seguir. Embora a ponte de raízes tenha se formado, para o jogador ter acesso a ela é necessário realizar um último diálogo com o NPC, assim, a parede raízes dissolverá e o acesso será liberado, conforme a Figura 49.

Figura 48 – Primeira ponte de raízes



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 49 – Primeira parede de raízes



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao atravessar a ponte de raízes e realizar novamente uma manobra de escalada, ilustrado pela Figura 50, o jogador chegará a seu novo desafio.

**Figura 50 – Percurso de escalada após o primeiro desafio**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Objetivo 2:** nesta etapa é apresentado para o jogador o conceito de genótipo, conforme os detalhes apresentados na Seção 2.1.3. Ao iniciar o diálogo com o NPC são descritas as definições que constituem o que é um genótipo, juntamente com alguns exemplos. Para representar graficamente um conceito microscópico que requer abstração por parte do aluno, foi utilizada uma justificativa lúdica para auxiliar na compreensão. É apresentado para o jogador através da narrativa que um antigo mago construiu os portais para ter acesso a elementos invisíveis a olho nu, neste caso, os genótipos. A Figura 51 ilustra este cenário.

**Figura 51 – Diálogo a respeito de genótipos**



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao concluir o diálogo, o portal ficará ativo (Figura 52). Assim, para consumar o objetivo dessa etapa o jogador deve entrar nos portais e capturar as amostras de genótipos com a seu raio mágico, e retornar as amostras colocando-as nas respectivas plataformas mágicas (Figura 54)

**Figura 52 – Primeiro portal ativo**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para representar os genótipos foi criada uma malha 3D no software de modelagem Blender. A malha consiste em uma sequência de DNA dentro de um recipiente transparente, com um elo colorido na parte superior, representando os alelos. Esta malha foi aplicada para as MOPs presentes neste desafio. A Figura 53 ilustra os genótipos azuis, amarelos e vermelhos em cena, juntamente com uma malha de raízes de suporte, onde as plantas que compõem as raízes possuem a mesma cor dos alelos. Ainda, na Figura, o genótipo azul sendo carregado pelo jogador.

**Figura 53 – MOPs - Desafio de genótipo**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Nesta etapa busca-se induzir de forma introdutória o jogador a reconhecer que a cor do genótipo reflete na cores da plantas, e das plataformas mágicas. Ao concluir o desafio, a mecânica da ponte de raízes será acionada e o jogador poderá concluir o desafio ao conversar novamente com o NPC. A Figura 54 representa a plataforma mágica com duas MOPs posicionadas, e a Figura 56 a ponte de raízes sendo acionada.

**Figura 54 – Desafio de genótipos em andamento**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 55 – Desafio de genótipos concluído**



**Figura 56 – Desafio de genótipos em andamento**

Fonte: Autoria própria (2022).

**Objetivo 3:** nesta etapa é apresentado o conceito de fenótipos, conforme descrito em detalhes na seção 2.1.3 (Figura 57). Ao concluir o diálogo com o NPC a parede raízes liberará acesso para o jogador interagir com o desafio desta etapa (Figura 58).

**Figura 57 – Diálogo a respeito de fenótipos**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Figura 58 – Parede de raízes, desafio dos fenótipos**

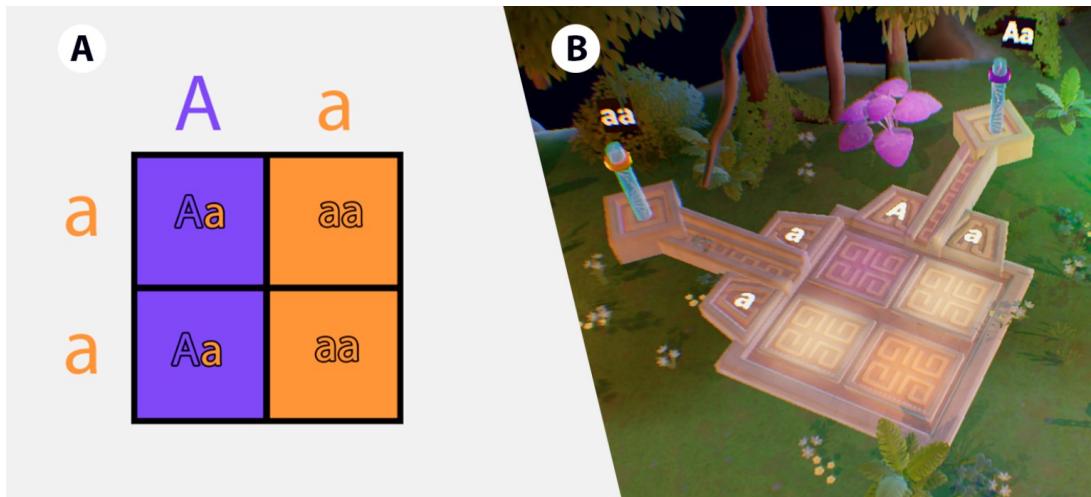


**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para este desafio, foi utilizado como base o quadro adaptado da base de exercícios apresentado pela coorientadora, ilustrado na Figura 59, lado A. Já no lado B da Figura 59, o quadro foi reproduzido utilizando quatro plataformas e quatro MOPs dispostas no formato representado. De mesmo modo, um novo checkpoint fica disponível para o jogador desbloquear.

O referente desafio foi elaborado visando uma introdução progressiva de Quadros de Punnet. Para tal, parte do raciocínio do quadro foi ilustrado para o aluno, identificado através da cor roxa e laranja na plataforma. A estética do quadro foi elaborada com o objetivo de ilustrar de forma lúdica para o jogador a divisão dos gametas e representação dos alelos.

**Figura 59 – Primeiro quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D**



Fonte: Autoria própria (2022).

Neste desafio as MOPs são configuradas com diferentes malhas 3Ds em formato de plantas. MOPs e malhas 3Ds simples foram dispostas de forma sortida em cena. O jogador é habilitado para apenas capturar com o seu raio mágico plantas que possuírem características roxas ou laranjas. Porém, a fim de ilustrar para o aluno que os fenótipos embora semelhantes, possam carregar códigos genéticos diferentes, foram dispostas em cena plantas que embora sejam roxas ou laranjas, não podem ser capturadas (Figura 60).

Portanto o jogador deverá procurar pelas plantas corretas através de tentativa e falha. Para auxiliar o aluno, as plantas corretas possuem leves tons diferentes de saturação, MOPs ilustrados na Figura 60.

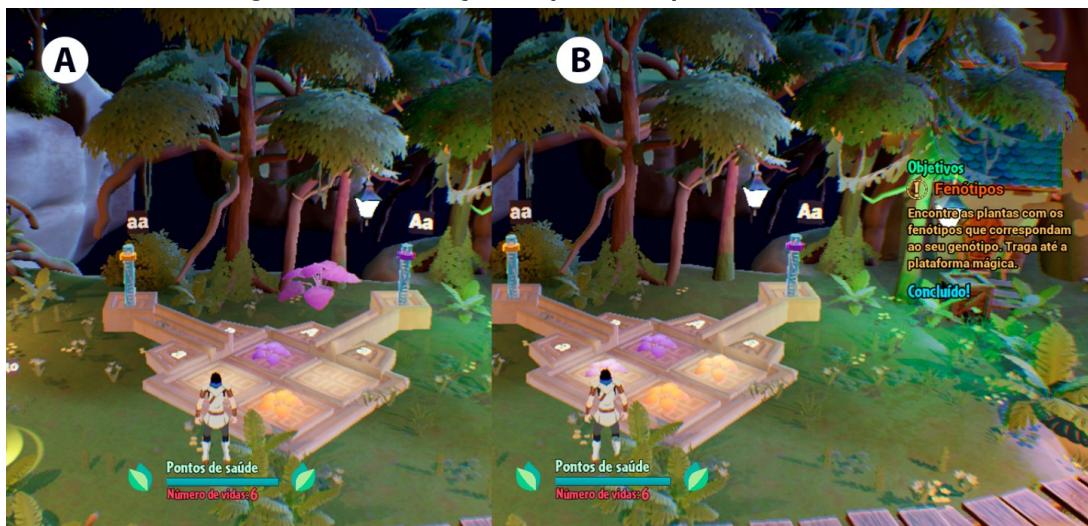
**Figura 60 – Posição das MOPs em cena**



Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 61 ilustra o quadro em resolução a esquerda, e a direita o quadro concluído.

**Figura 61 – Resolução do primeiro quadro de Punnet**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Ao concluir o desafio, semelhante ao desafio anterior, uma nova ponte de raízes ficará disponível para o jogador progredir, ilustrado pelo ponto D no mapa representado pela Figura 43.

**Objetivo 4:** no quarto desafio, representado na Figura 43, são apresentados os conceitos de dominância e recessividade. De mesmo modo, homozigose e heterozigose, conforme apresentado em mais detalhes na seção 2.1.4.

Ao conversar com o NPC é apresentado para o jogador a razão pela qual o seu raio mágico não foi capaz de capturar todas as plantas no desafio anterior. Sendo justificado pelo conceito de dominância e recessividade. Nesta etapa é ilustrado para o jogador que certas características presentes nos seres vivo (utilizando o contexto das plantas) são mais expressivas que outras. E que estas características sobrepõem características menos expressivas. De mesmo modo é apresentado o conceito de heterozigoto e homozigoto e a forma como os alelos são representados, ou seja, as letras maiúsculas e minúsculas no quadro (Figura 62).

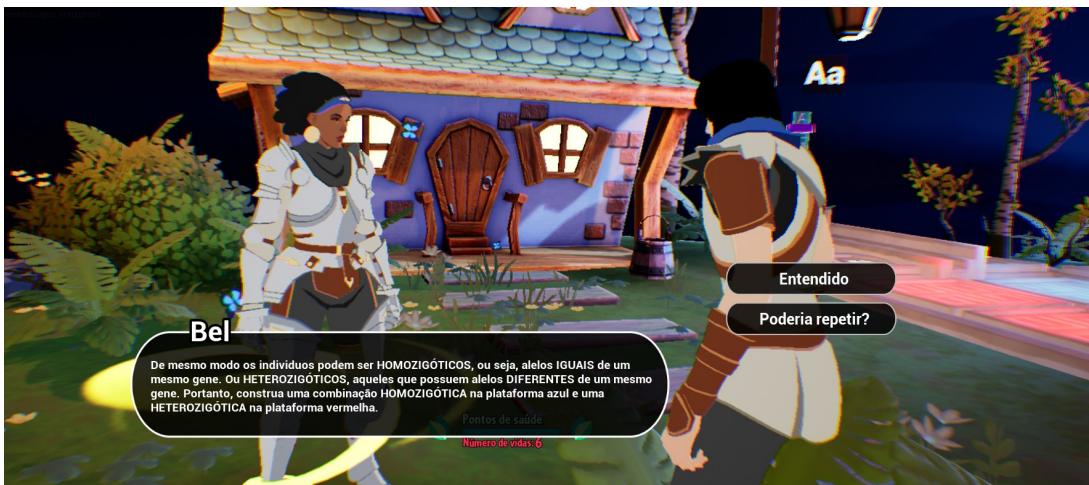
**Figura 62 – Diálogo do desafio de dominância e recessividade**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para esta etapa o quadro foi configurado de modo onde o jogador deve criar um cruzamento homozigoto nas plataformas azuis e um cruzamento heterozigoto nas plataformas vermelhas (Figura 63). Semelhante ao primeiro desafio, também são implementados nesta etapa a mecânica de portais e os MOPs com a malha 3D de DNA. As MOPs encontram-se dentro dos portais. O portal ficará ativo após o jogador concluir o diálogo.

**Figura 63 – Parte do diálogo para a resolução do segundo quadro de Punnet**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Portanto é esperado que ao aluno comprehenda a atribuição das letras, sendo maiúsculas dominantes, minúsculas recessivas. De mesmo modo compreender que algo homozigoto possui duas alelos iguais e algo heterozigoto possui alelos diferentes. Ao concluir o desafio a última mecânica de ponte de raízes deste cenário será ativada.

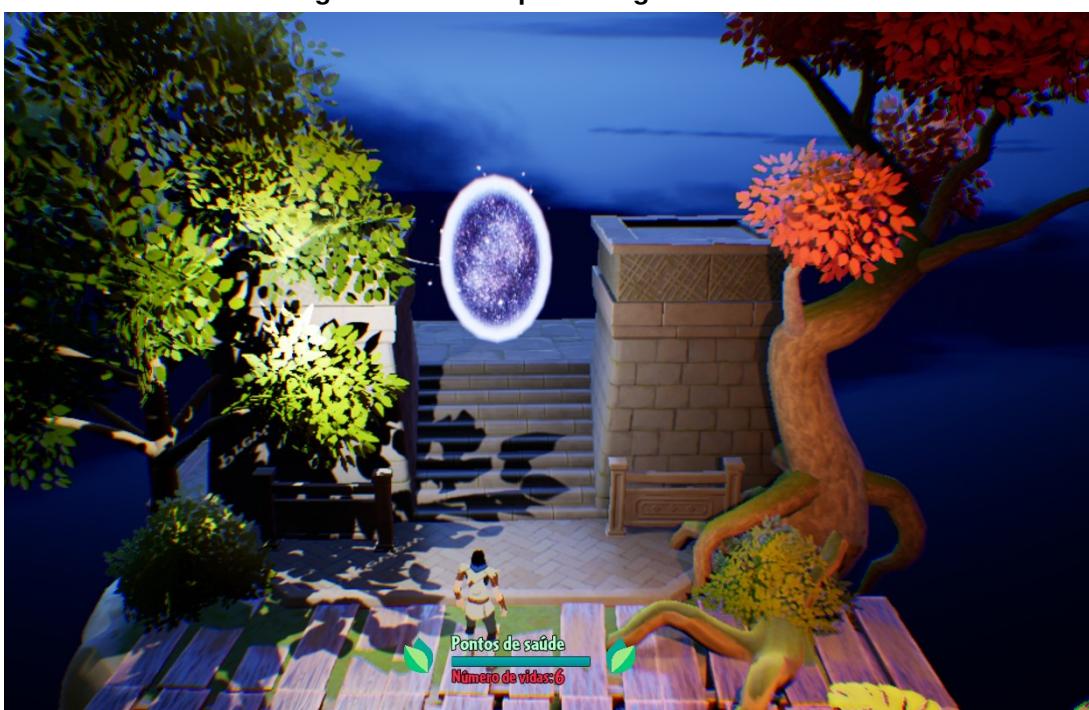
Para concluir o primeiro mapa, é apresentado para o jogador o primeiro desafio de deslocamento com saltos em plataformas móveis. O objetivo é ir do ponto A ao ponto B, como representado na Figura 64. Estas mecânicas são dispostas de forma a complementar a experiência do jogador, contribuindo assim para manter o jogador no estado de flow. Ao concluir todos os desafios, no final do mapa um portal que dá acesso ao próximo cenário ficará disponível (Figura 65).

Figura 64 – Primeiro desafio de deslocamento em plataformas móveis



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 65 – Portal para o segundo cenário



Fonte: Autoria própria (2022).

#### 4.3.3 Segundo cenário

Nesta subseção são apresentados os desafios do segundo cenário, seguindo a ordem apresentada no mapa ilustrado na Figura 66 . Sendo eles:

Figura 66 – Mapa do segundo cenário



Fonte: Autoria própria (2022).

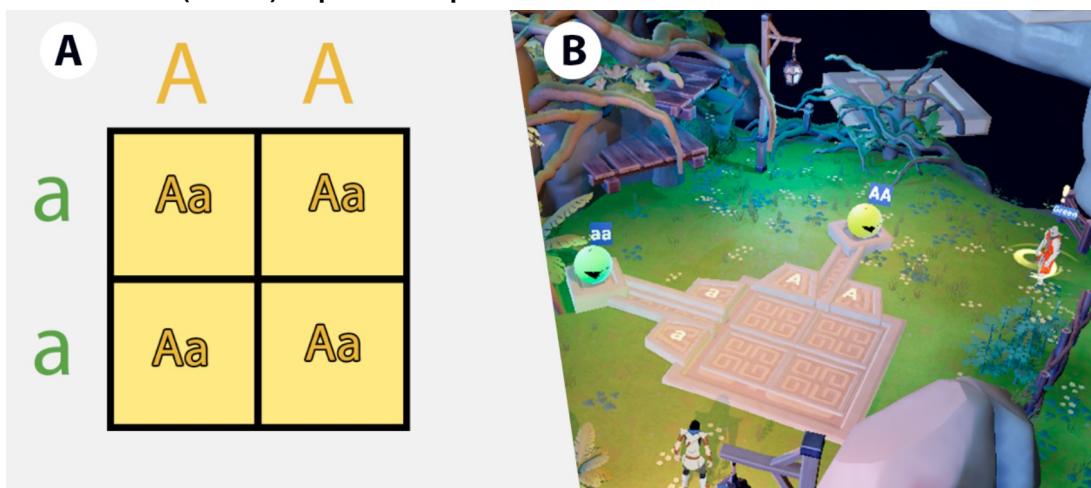
**Objetivo 1:** nesta etapa é apresentado para o jogador a primeira lei de Mendel, conforme conceitos apresentados em detalhes nas seções 2.1.1 e 2.1.2 (Figura 67). Ao final do diálogo é proposto para o jogador a realização do Quadro de Punnet representado no lado A da Figura 68. De mesmo modo, nesta etapa, um novo checkpoint fica disponível para o jogador desbloquear, a Figura 69 ilustra todos os elementos de cenário dessa etapa.

**Figura 67 – Diálogo do desafio da Primeira Lei de Mendel**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 68 – Terceiro quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 69 – Visão do primeiro desafio do segundo cenário**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Neste desafio as MOPs são configuradas com malhas 3Ds no formato de essência mágica, e optou-se pelo formato esférico por fazer referência às ervilhas que Mendel utilizou em seu estudo para conceber a Primeira Lei de Mendel, conteúdo que é apresentado neste desafio. As MOPs foram distribuídas em cenas juntamente com um suporte de malha 3D em formato de plantas. Estas malhas são empregadas com o intuito de manter as essências no local, de mesmo modo ambientam o jogador, para que seu raio mágico seja capaz de capturar os alelos das plantas. Semelhante aos outros desafios, o jogador é habilitado para capturar as MOPs com o seu raio mágico após concluir o diálogo. A Figura 70 ilustra a disposição dos objetos em cena:

**Figura 70 – MOPS do desafio da Primeira Lei de Mendel**

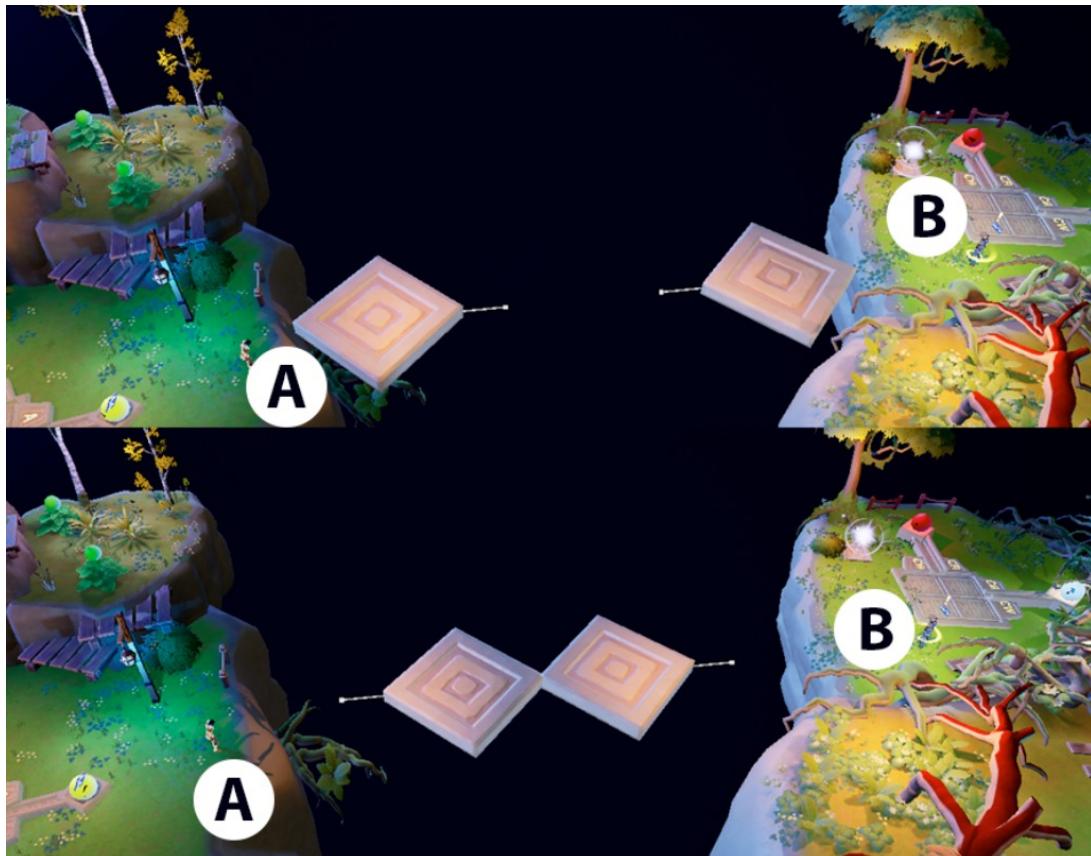


**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para esse desafio é esperado que o aluno coloque em prática o conteúdo apresentado anteriormente a respeito de dominância e recessividade. Complementando com o conteúdo apresentado pelo diálogo desta etapa.

Ao concluir o desafio, a ponte de progresso será removida e ponte de raízes será invocada. Em seguida um novo puzzle de deslocamento de saltos em plataformas móveis será habilitado para o jogador progredir, indo do ponto A ao ponto B, conforme ilustrado na Figura 71. A trajetória das plataformas é ilustrada pelas linhas paralelas a elas, também na Figura 71.

**Figura 71 – Segundo desafio de deslocamento em plataformas móveis**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Objetivo 2** neste desafio é apresentado para o jogador o conceito de codominância, ou dominância incompleta. Esse exemplo foi montado com base nos conceitos apresentados em detalhes na seção 2.1.5. A Figura 72 ilustra a construção do quadro com base na figura 6, também presente na seção 2.1.5. Para esse desafio é necessário que o jogador monte o quadro compreendendo os conceitos apresentados através do diálogo com o NPC.

**Figura 72 – Diálogo do desafio de dominância incompleta**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

O quadro foi montado com base na resolução ilustrada na Figura 73, lado A. O lado B da mesma figura representa o quadro construído no cenário. De mesmo modo, um novo checkpoint fica disponível para o jogador desbloquear. Ao concluir o diálogo o jogador recebe uma nova missão e é habilitado para acessar ao local onde as MOPs estão posicionadas.

**Figura 73 – Quarto quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Neste desafio as MOPs são configuradas com malhas 3Ds no formato de essência mágica (Figura 74), sendo padronizadas com a mesma cor e textura. Distribuídas no cenário juntamente com um suporte de malha 3D em formato de plantas com raízes verticais. Tais plantas são empregadas para segurar a essência mágica no local e são caracterizadas com o mesmo padrão de cores do quadro proposto, rosa, vermelho e branco.

**Figura 74 – MOPs do desafio de dominância incompleta**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para resolver o quadro, o jogador precisa observar a cor das plantas de suporte a fim de identificar a MOP que corresponde a cor esperada no quadro. Por exemplo, MOP posicionada em uma planta suporte de cor vermelha, representa uma MOP com características vermelhas, neste caso, um cruzamento CRCR no quadro do desafio. Também foram inseridos desafios de deslocamento e escalada nesta cena, representados pelas caixas e plataformas na Figura 75.

**Figura 75 – Desafio de deslocamento na etapa de codominância**

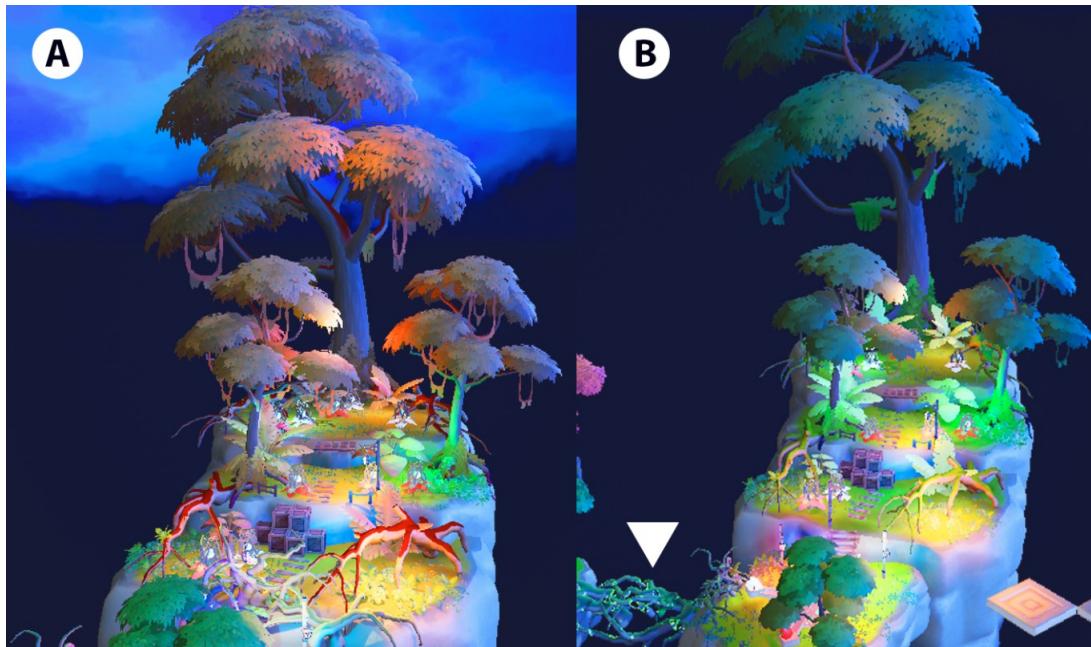


**Fonte:** Autoria própria (2022).

Esta etapa foi construída utilizando a mecânica de mega-árvore, seção 4.2.3. Ao iniciar o desafio, a malha 3D da mega-árvore recebe texturas em tons avermelhados em todas as instâncias, representado pelo lado A da Figura 76. Ao concluir o desafio, durante a animação de construção da ponte raízes (Figura 76 lado B) indicado pelo triângulo, todos os assets que

compõem a mega-árvore passam por uma interpolação de cores nos canais de texturas, alterando para tons verdes. Assim contribuindo para a narrativa, assimilando-se que jogador curou as plantas daquele local. Com isto, o objetivo 2 está completo e o jogador pode deslocar para o objetivo 3.

**Figura 76 – Mega-árvore na etapa de codominância**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Objetivo 4:** nesta etapa é apresentado para o jogador o conteúdo de alelos letais, seguindo os conceitos apresentados em detalhes nas seções 2.1.5 . Para o serious game esse tema foi adaptado para ser implementado utilizando plantas ao invés de ratos. Portanto, dentro da narrativa lúdica, existem plantas com alelos letais (Figura 77).

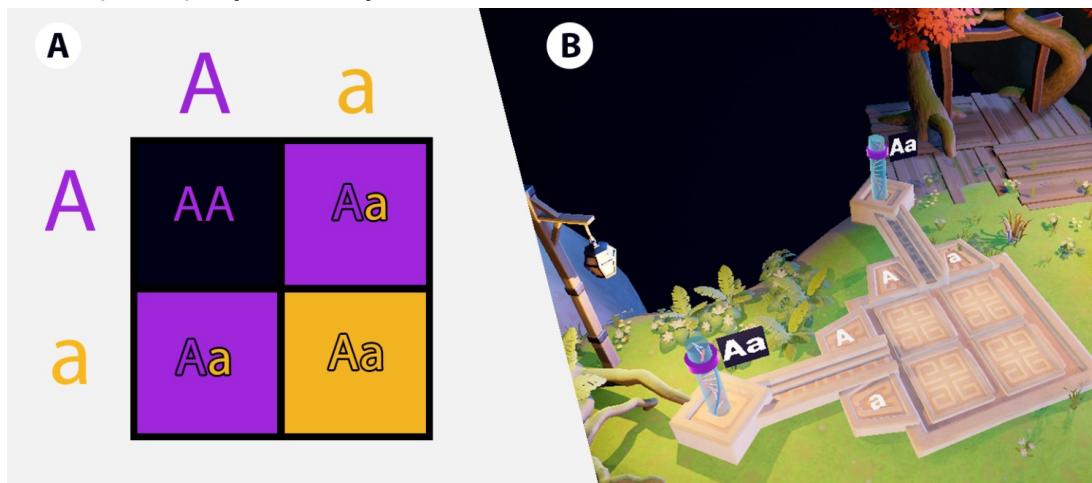
**Figura 77 – Diálogo da etapa de alelos letais**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

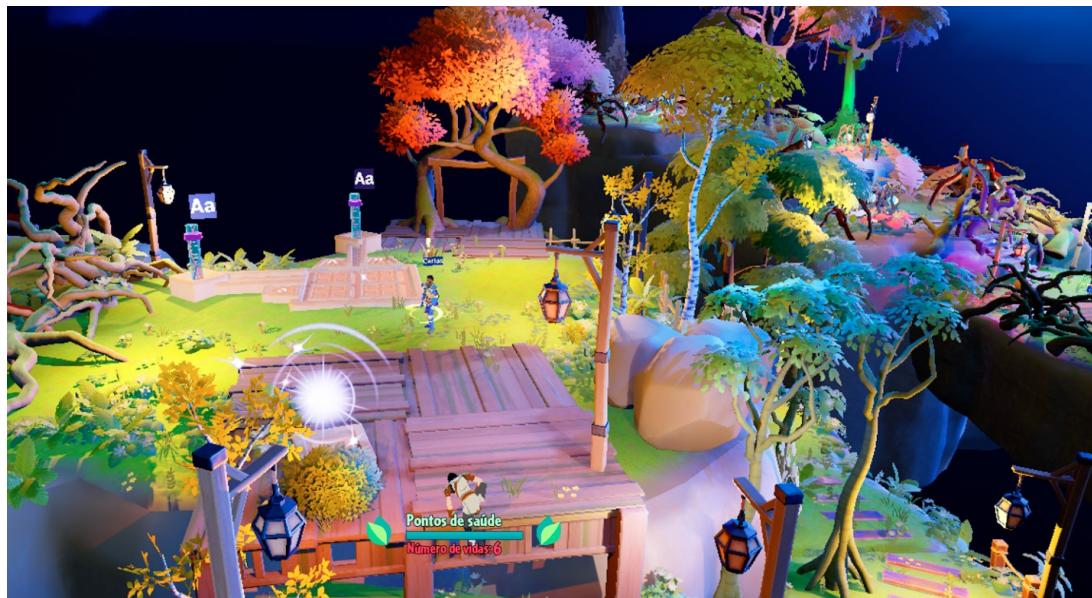
Adaptação lúdica foi construída com base na resolução ilustrada na Figura 78, lado A. Onde o gene letal é localizado no quadro preto, representado pelo cruzamento homozigoto dominante, AA. Já o cruzamento aa, representado pelo quadro laranja, é a homozigose recessiva. Enquanto o lado B da Figura 78 representa o quadro construído no cenário. Uma visão geral do cenário e um novo checkpoint se torna disponível para o jogador desbloquear, representados na Figura 79.

**Figura 78 – Quinto quadro de Punnet, a esquerda (lado A) a orientação para a construção, a direita (lado B) o quadro adaptado no cenário 3D**



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 79 – Visão geral da etapa de alelos letais**

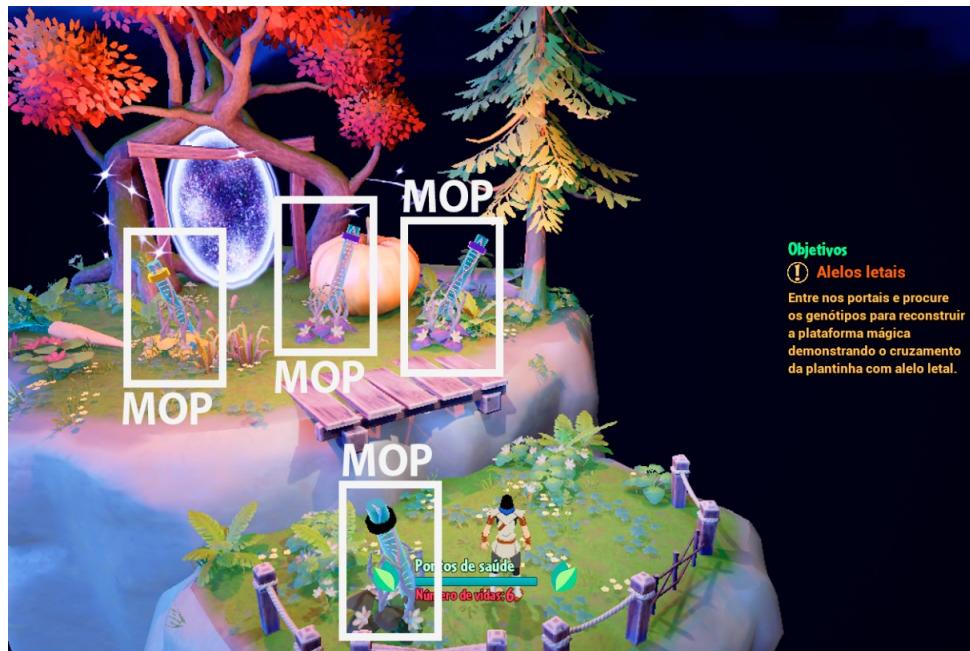


Fonte: Autoria própria (2022).

Ao finalizar o diálogo com o NPC, o portal é ativado e o jogador recebe sua nova missão. Para as MOPs deste desafio foram utilizadas as malhas 3Ds com DNA em combinação com as

malhas de suporte em formato de plantas. Ambas foram configuradas com as cores do quadro e estão localizadas dentro dos portais, ilustrados na Figura 80.

**Figura 80 – MOPs da etapa de alelos letais**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Para este desafio também foi utilizada a mecânica de mega-árvore com as mesmas configurações do desafio anterior. Após o desafio ser concluído, a mecânica é ativada. A Figura 81 ilustrada ao lado A a mecânica antes do desafio, ao lado B a mecânica depois de ativada, e de mesmo modo o portal que leva ao final do jogo.

**Figura 81 – MOPs da etapa de alelos letais**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Ao entrar em contato com o portal a tela de final de jogo será acionada e o protótipo será concluído.

#### 4.4 Avaliações

Após o desenvolvimento do serious game iniciaram os testes com os profissionais. Seis participantes realizaram o teste. A aplicação do teste ocorreu conforme detalhado na seção tal.

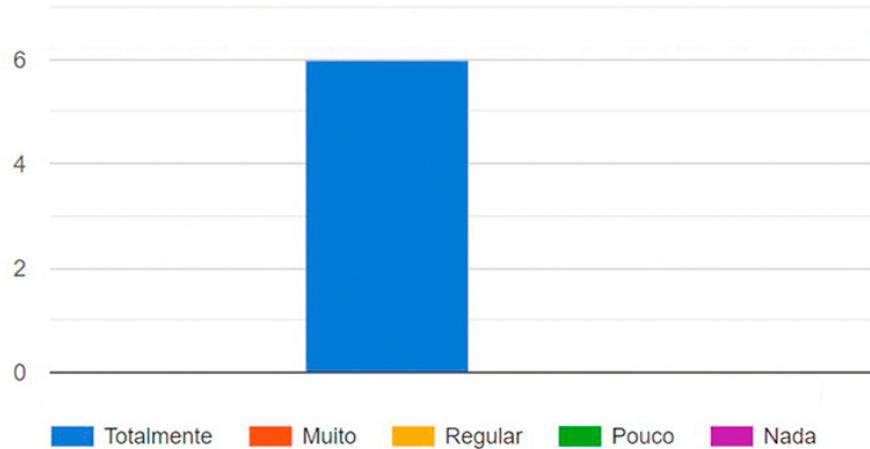
O questionário avaliativo é composto por perguntas mensuradas na escala Likert. Sendo identificadas pelos seguintes valores:

- Valor um representa “Nada”.
- Valor dois representa “Pouco”.
- Valor três representa “Regular”.
- Valor quarto representa “Muito”.
- Valor cinco representa “Totalmente”.

A primeira pergunta do questionário de avaliação é verificar se o serious game funcionou corretamente durante a utilização, em todas suas funções e todas suas instâncias. Todos

os participantes responderam "Totalmente". Verificou-se que o serious game funcionou perfeitamente.

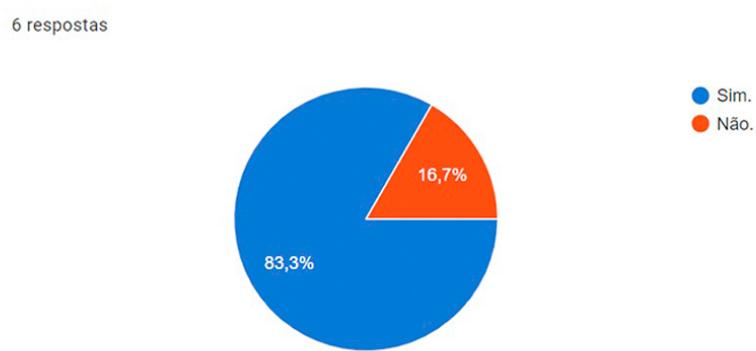
**Gráfico 1 – Questão 1 - O sistema funcionou corretamente durante a utilização?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

A segunda pergunta busca identificar se o jogador participou de todos os cenários do serious game, passando por todos os objetivos. Cinco dos seis colaboradores responderam "Totalmente", representando que apenas uma pessoa não jogou todas as fases. Esta questão é importante pois auxilia na detecção de cenários de desistência.

**Gráfico 2 – Questão 2 - Você jogou todas as fases?**

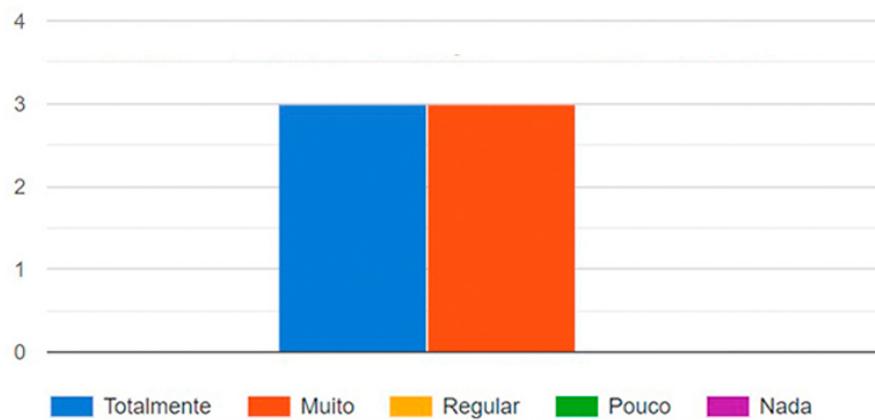


**Fonte:** Autoria própria (2022).

O propósito da terceira questão é identificar o motivo pelo qual o colaborador não jogou todas as fases. Apenas uma pessoa participou desta questão.

A quarta questão identifica se o colaborador achou o jogo divertido. Três jogadores responderam "Totalmente" e três jogadores responderam "Muito".

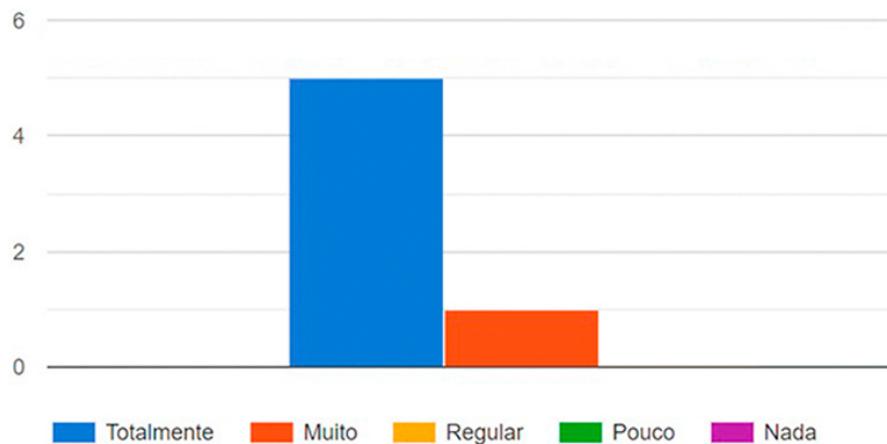
**Gráfico 3 – Questão 4 - Você achou o jogo divertido?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

A finalidade da quinta questão foi verificar se o serious game apresentou-se de forma estéticamente agradável em todos os seus elementos. Cinco jogadores responderam "Totalmente", um jogador respondeu "Muito".

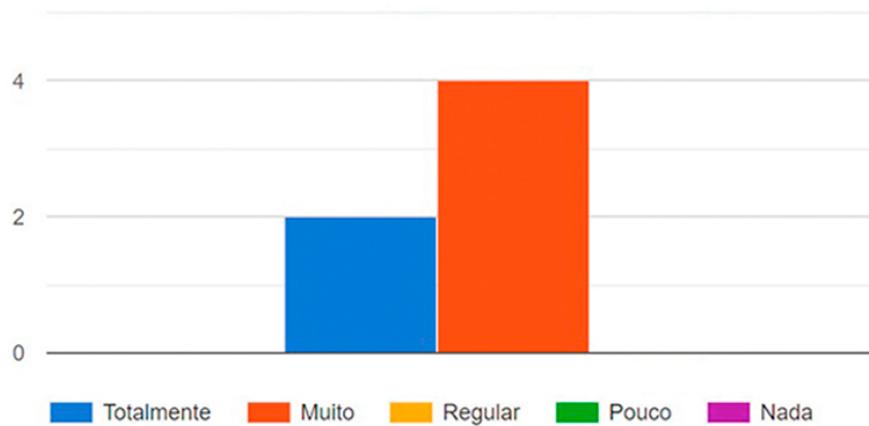
**Gráfico 4 – Questão 5 - A direção de arte do jogo foi agradável?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

A sexta questão verifica se os conceito de genética foram bem apresentados. Quatro participantes responderam "Muito", dois participantes responderam "Totalmente".

**Gráfico 5 – Questão 6 - Você sentiu que os conceitos propostos de genética foram bem apresentados?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

O objetivo da sétima questão é verificar se as situações apresentadas para os conteúdos abordados foram facilmente compreendidas. Três participantes responderam "Totalmente", três participantes responderam "Muito".

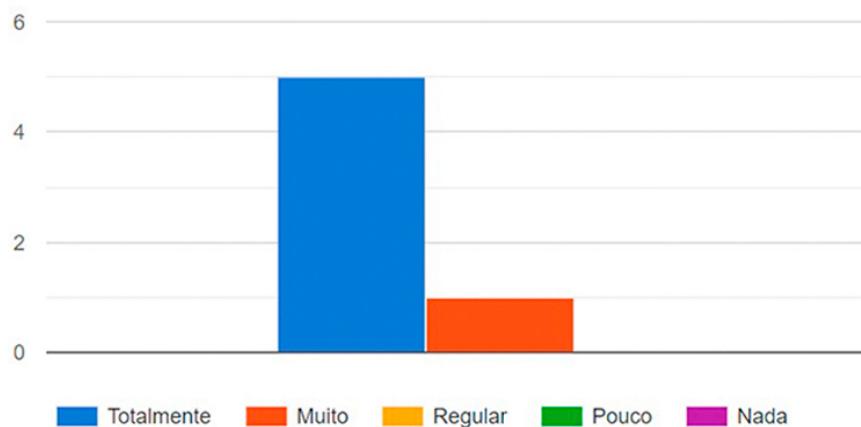
**Gráfico 6 – Questão 7 - A visualização das situações contextuais apresentadas é facilmente compreendida?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Semelhante a questão anterior, a oitava questão busca identificar o nível de compreensão por parte dos participantes a respeito aos acontecimentos da narrativa do jogo. Cinco participantes responderam "Totalmente", um participante respondeu "Muito".

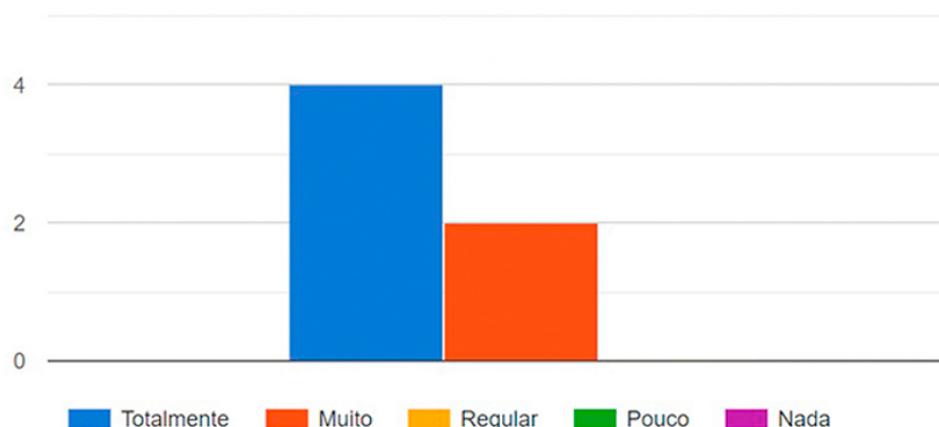
**Gráfico 7 – Questão 8 - Qual foi a sua compreensão em relação aos acontecimentos da narrativa do jogo?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

A nona questão tem como objetivo identificar o nível de compreensão do jogador em relação aos objetivos e desafios propostos pelo serious game. Quatro participantes responderam "Totalmente", dois participantes responderam "Muito".

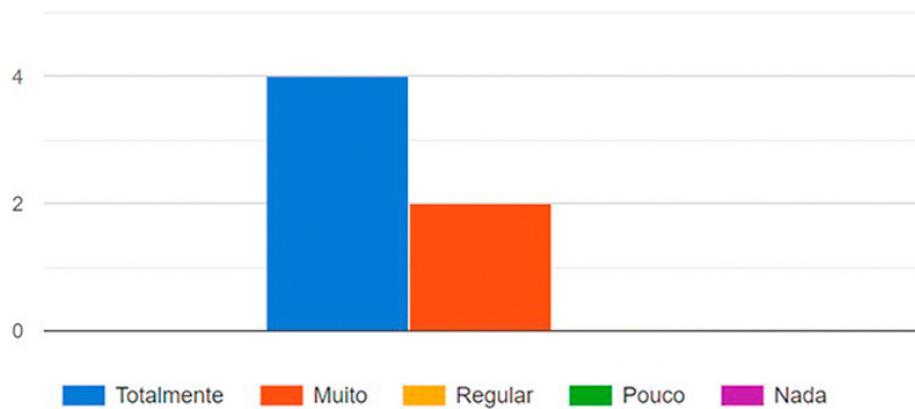
**Gráfico 8 – Questão 9 - Qual foi a sua compreensão em relação aos objetivos desse jogo?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

O objetivo da décima questão é verificar se na opinião do participante, o jogo é capaz de instigar a atenção dos jogadores em relação aos conteúdos de genética. Quatro participantes responderam "Totalmente", dois participantes responderam "Muito".

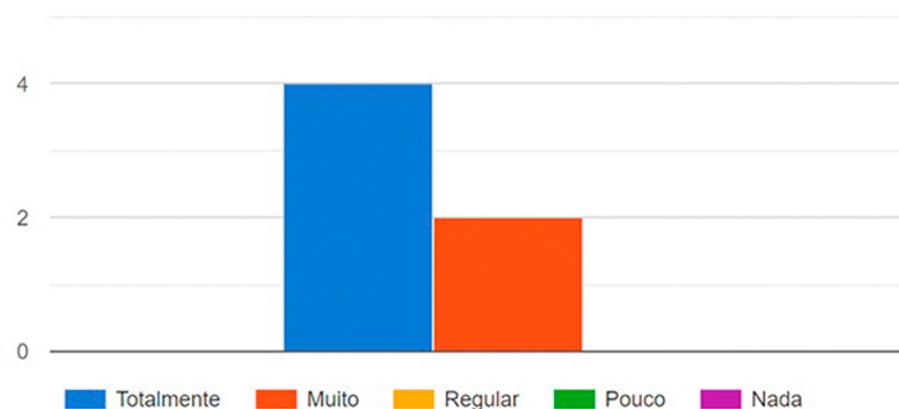
**Gráfico 9 – Questão 10 - Você acredita que este jogo será capaz de instigar a atenção do usuário em relação aos conteúdos de genética?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Já a décima primeira avalia se na opinião do participante o jogo desenvolvido é capaz de ser empregado como ferramenta para auxiliar no ensino de genética. Quatro participantes responderam "Totalmente", dois participantes responderam "Muito".

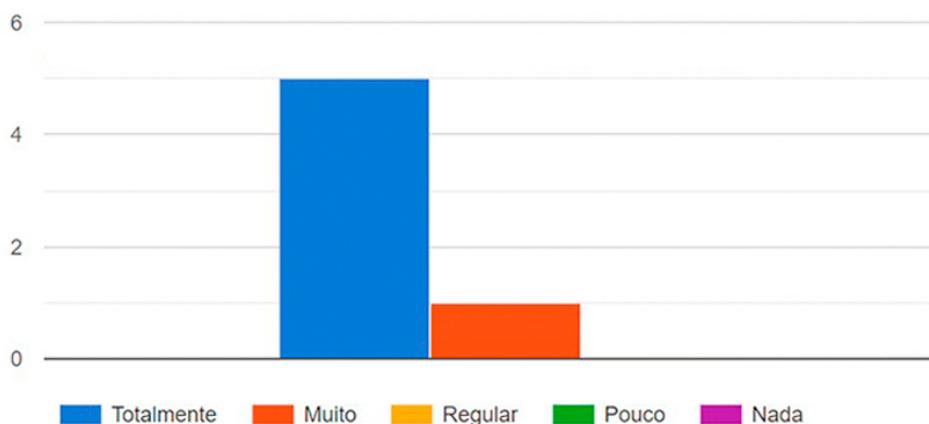
**Gráfico 10 – Questão 11 - Por meio do jogo, você acredita que será possível a utilização dessa tecnologia como ferramenta para auxiliar no ensino de genética?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

O finalidade da décima segunda questão é entender se o jogador utilizaria o serious game desenvolvido em suas aulas. Cinco participantes responderam "Totalmente", um participante respondeu "Muito".

**Gráfico 11 – Questão 12 - Você utilizaria o jogo em suas aulas?**



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Por fim, a última questão, solicita ao participante se ele gostaria de acrescentar algum comentário ou sugestão. As respostas para esta questão são apresentadas na próxima seção.

#### 4.5 Discussões

Conforme observado no resultado das pesquisas, o jogo funcionou perfeitamente em todos os computadores testados.

Em relação a segunda pergunta do questionário avaliativo, "2) Você jogou todas as fases?". Apenas um participante não completou o jogo, este participante teve o teste interrompido por falta de tempo em sua agenda. Já os outros cinco participantes jogaram o serious game em sua completude. Esta questão é importante para validar aspectos ocultos como dificuldade das fases e interesse dos participantes. Durante a execução dos testes, cinco professores demonstraram dificuldades ao controlar o jogo, estendendo o tempo de reunião. Esta dificuldade é resultado da falta de experiência dos professores com jogos eletrônicos.

Professores com a dificuldade citada levaram em média uma hora e trinta minutos para concluir o jogo. Entretanto, um dos professores participantes possuía experiência com jogos eletrônicos, finalizando o jogo em trinta minutos.

Embora a maioria dos professores tenham sentido dificuldade em controlar o jogo, o protótipo se mostrou divertido, de acordo com os resultados apresentados no gráfico 4. Este resultado é importante pois ilustra que a experiência seguiu a linha do Flow. Todos os desafios passaram por diversos testes com a equipe de pesquisadores para garantir que o devido equilíbrio fosse alcançado. De mesmo modo, as mecânicas e objetivos do jogo apresentaram-se de forma positiva para os professores. Todas as mecânicas foram facilmente compreendidas e os desafios concluídos.

Em relação a décima quarta questão do questionário de pesquisa, "14) Na sua opinião, deveríamos optar por desenhos mais cartunistas, mais realistas, um meio termo ou é indiferente?". Embora a maioria dos participantes tenham optado por uma representação mais realista, isso não foi possível devido a limitação de hardware dos dispositivos alvos, computadores de escolas públicas.

Inicialmente, durante uma fase de experimental, testes foram realizados utilizando *assets megascans*<sup>12</sup>. Embora os resultados tenham sido satisfatórios, seria necessário que os computadores alvo possuissem pelo menos uma placa gráfica dedicada. Infelizmente não é o caso das maioria das escolas. Sendo assim optou-se por um estilo computacionalmente mais leve, porém estéticamente agradável. A escolha mostrou-se bem aceita pelos profissionais. De mesmo modo o desempenho computacional da aplicação em computadores com hardware gráfico limitado foi satisfatória. Isso demonstra que as medidas de otimização foram eficientes.

Os professores responderam positivamente em relação aos conteúdos abordados e como foram apresentados. Embora exista a dificuldade motora em alguns professores para os desafios de deslocamento, nos desafios de genética os participantes demonstraram total domínio dos conteúdos de genética e concluíram os desafios sem dificuldade, apenas seguindo as instruções dos NPCs.

De mesmo modo, de acordo com os professores, o jogo tem potencial para instigar e reter a atenção do usuário em relação aos conteúdos de genética. Reforçando que usariam a aplicação nas aulas. De mesmo modo, um dos participantes sugeriu utilizar o serious game como forma de avaliação dos alunos.

A partir da avaliação dos participantes verificou-se que o serious game pode ser aplicado como ferramenta auxiliar durante o ensino de genética. O jogo funcionou efetivamente e a escolha de estilo gráfico foi bem aceita pelos profissionais. Os conteúdos foram apresentadas de maneira adequada. De mesmo modo as mecânicas foram compreendidas e os desafios propostos se mostraram interessantes.

Ilustrando assim que essa tecnologia tem potencial para ser aplicada e auxiliar a complementar os materiais educacionais limitados.

---

<sup>12</sup> São assets produzidos com a técnica de fotogrametria, tornando-os super realistas.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um serious game para ser aplicado como ferramenta auxiliar no ensino de genética. A ferramenta foi desenvolvida dentro dos parâmetros de interesse apresentados pelos profissionais durante as entrevistas realizadas.

Após a aplicação e avaliação pelos profissionais, conclui-se que o jogo pode ser aplicado como ferramenta auxiliar. Consta-se também que o jogo funcionou corretamente e apresentou os conteúdos de forma adequada, proporcionando uma experiência agradável para os participantes.

Sendo assim, os participantes consideram o jogo capaz de instigar os alunos a respeito dos conteúdos de genética, de mesma forma reter a atenção e proporcionar um aprendizado mais divertido.

### 5.1 Limitações

A principal limitação foi o pequeno número de participantes nas entrevistas, tanto de pesquisa quanto de avaliação. Resultado da restrição de prazo do pesquisador e o tempo restrito dos professores. Foram agendadas treze entrevistas de pesquisa, e realizadas apenas dez. Já para a avaliação, foram agendados dez testes e apenas realizados seis. Das dezessete reuniões concluídas no projeto, todas passaram por pelo menos um reagendamento. Limitando assim o acesso a informações importantes que ajudam a moldar o serious game. De mesmo modo interfere na avaliação e conclusão do jogo.

A limitação de hardware dos computadores presentes nas escolas estreitou as possibilidades gráficas do serious game. De mesmo modo foi dedicada uma significativa parte do tempo para atividades de otimização de assets.

Já a falta de experiência com jogos eletrônicos por parte dos professores agravou o tempo de conclusão das reuniões de teste. De mesmo modo, por serem realizadas de forma remota, o pesquisador ficou limitado nas opções que poderia oferecer para ajudar nestas dificuldades motoras.

### 5.2 Trabalhos futuros

Primeiramente estender a pesquisa para mais profissionais da área de ensino e compreender suas dificuldades e buscar soluções inovadoras. De mesmo modo testar o serious game com o público alvo, os alunos, e buscar reestruturar o cenário de tutorial para que se mostre mais interessante para jogadores impacientes.

Caso o público alvo possua placas gráficas dedicadas, é possível explorar as novas ferramentas presentes na Unreal Engine 5. Tais ferramentas podem proporcionar simulações

gráficas com alto realismo em cenários 3D. Sendo elas o novo sistema de efeitos especiais Niagara<sup>1</sup> e novo sistema de iluminação Lumen<sup>2</sup>.

Aprimorar os efeitos sonoros da aplicação e desenvolver efeitos complementares como sons ambiente.

E numa futuridade, exportar o projeto para outras plataformas e sistemas operacionais, tornando assim a aplicação mais acessível, abrangendo um maior público de alunos

---

<sup>1</sup> <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/RenderingAndGraphics/Niagara/Overview/>

<sup>2</sup> <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine/>

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, E.; DORMANS, J. **Game Mechanis - Advanced Game Design.** [S.I.: s.n.], 2012. ISBN 9780321820273.
- AKCHELOV, E.; GALANINA, E. Virtual world of video games. **2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-Games 2016,** IEEE, p. 1–4, 2016.
- ALEXANDRE, R. B. D. *et al.* Introdução ao estudo da genética. **Genética Odontológica: Série Abeno**, v. 1, p. 11–37, 2014.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Fundamentos da Biologia Moderna.** 2016.
- ATKINS, B. **More Than a Game: The Computer Game as Fictional Form.** Manchester University Press, 2003. ISBN 9780719063657. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=dxMLnayXwTQC>.
- BARTLE, R. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit muds. 2014.
- BLOTA, E. Curso completo de genética. p. 1–20, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bnCatqWALL0>.
- BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. **Secretaria de Educação Fundamental: MEC/SEMTEC**, p. 1–58, 2004.
- BRYANT, R. D.; GIGLIO, K. **Slay the Dragon: Writing Great Video Games.** Michael Wiese Productions, 2015. ISBN 9781615932290. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=nHMBrgEACAAJ>.
- BUCK, J. **Early Praise for The Ray Tracer Challenge.** 2019.
- CASAGRANDE, G. de L. A genética humana no livro. **a Genética Humana No Livro**, p. 121, 2006.
- CLAYPOOL, K. T.; CLAYPOOL, M. On frame rate and player performance in first person shooter games. *In: .* [S.I.: s.n.], 2007. v. 13, p. 3–17. ISSN 09424962.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow: The psychology of optimal experience (harper perennial modern classics): Mihaly csikszentmihalyi: 9780061339202: Amazon.com: Books. p. 336, 2008. Disponível em: <http://www.amazon.com/Flow-Psychology-Experience-Perennial-Classics/dp/0061339202>.
- EPIC. **Documentação Oficial do motor gráfico Unreal Engine.** 2022. Disponível em: <https://docs.unrealengine.com/>.
- FERRAZ, J. B. S.; GRIGOLETTO, L. Genes letais, importância e detecção. 2015.
- FREIRE, L. A. **Codominância.** 2015. Disponível em: <https://biocienciaforadehora.wordpress.com/2015/10/20/codominancia/>.
- FRIDMAN, C. Evolução das ciências ii. p. 7–8, 2012.
- FU, X.; ZHANG, J. The influence of background music of video games on immersion. **Journal of Psychology Psychotherapy**, v. 05, 2015.

- GRIFFITHS, A. J. *et al.* **An Introduction to Genetic Analysis Eighth Edition.** 2005. IDT. Mendelian genetics. p. 1–22, 2011.
- JANARTHANAN, V. Serious video games: Games for education and health. **Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology, ITNG 2012**, IEEE, p. 875–878, 2012.
- JENNETT, C. *et al.* Measuring and defining the experience of immersion in games. *international journal of human computer studies* 66(9). p. 641–661, 2008. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.157.4129&rep=rep1&type=pdf>.
- JOHANNSEN, W. Elemente der exakten erblichkeitslehre. deutsche wesentlich erweiterte ausgabe in fünfundzwanzig vorlesungen,. **Elemente der exakten erblichkeitslehre. Deutsche wesentlich erweiterte ausgabe in fünfundzwanzig vorlesungen,**, 2014.
- JUUL, J. The open and the closed: Game of emergence and games of progression. In **Proc. Computer Game and Digital Cultures**, p. 323–329, 2002. ISSN 1545861X.
- JUUL, J. The game, the player, the world: Looking for a heart of gameness. **PLURAIS - Revista Multidisciplinar**, v. 1, 2010. ISSN 2447-9373.
- KOSTER, R. **Theory of Fun for Game Design.** 2004.
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade o caso do ensino das ciências. p. 85–93, 2000.
- LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia-Ensino Médio 3 - Biologia Hoje Manual do Professor.** [s.n.], 2016. ISBN 9788508179596. Disponível em: [www.atica.com.br](http://www.atica.com.br).
- LOPES, S.; ROSSO, S. **BIO - Manual do Professor.** [S.l.: s.n.], 2016. ISBN 9788547205034.
- MADIGAN, J. **Getting Gamers: The Psychology of Video Games and Their Impact on the People who Play Them.** Rowman Littlefield Publishers, 2015. ISBN 9781442240001. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=vDaCCgAAQBAJ>.
- MAGALHÃES, L. **Introdução à Genética.** 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/introducao-a-genetica/>.
- MAINETTI, R. *et al.* Design, development and usability test of serious games related to genetics. **2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2018**, IEEE, p. 1–8, 2018.
- MCEACHERN, W. A. **Economics : A Contemporary Introduction.** [S.l.: s.n.], 2006. 799 p. ISSN 17425662. ISBN 9781111826857.
- MEGLHIORATTI, F. A.; APARECIDA, L.; JUSTINA, D. Um modelo sistêmico das relações entre os conceitos de organismo , gene , genótipo , fenótipo e ambiente. p. 229–250, 2017.
- MENDEL, G. E p h (1865). **Scholarly Publishing**, p. 3–47, 1901.
- MORENO, A. B. Universidade do estado do rio de janeiro genética no ensino médio : dos parâmetros curriculares nacionais à sala de aula genética no ensino médio : dos parâmetros curriculares nacionais à sala de aula. 2007.
- MOURA, J. *et al.* Biologia/genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, p. 167, 12 2013. ISSN 1679-0367. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13398>.

- NEVES, R. das. Conceitos básicos da genética. 2022. Acessado: 28-11-2022.
- NEWZOO. 2018 global games market report: Trends, insights, and projections towards 2021. p. 1–25, 2018. Disponível em: [https://resources.newzoo.com/hubfs/Reports/Newzoo\\_2018\\_Global\\_Games\\_Market\\_Report\\_Light.pdf](https://resources.newzoo.com/hubfs/Reports/Newzoo_2018_Global_Games_Market_Report_Light.pdf).
- PEREIRA-FERREIRA, C. Brincando com a dificuldade do ensino da genética. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–11, 2017.
- QIN, H.; RAU, P.-L.; SALVENDY, G. Measuring player immersion in the computer game narrative. **Int. J. Hum. Comput. Interaction**, v. 25, p. 107–133, 2009.
- QUADROS, A. L. de *et al.* Ensinar e aprender química: a percepção dos professores do ensino médio. **Educar em Revista**, p. 159–176, 6 2011. ISSN 0104-4060. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-40602011000200011&lng=pt&tlang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602011000200011&lng=pt&tlang=pt).
- RADFORD, A.; BIRD-STEWART, J. A. Teaching genetics in schools. **Journal of Biological Education**, v. 16, p. 177–180, 1982. ISSN 21576009.
- RASPARANTI, M. Physics for beginners. **Physics Today**, v. 25, p. 36–47, 1972. ISSN 19450699.
- ROCHA, D. *et al.* Avaliação estética de games. **V Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment**, 2006. Disponível em: <http://www.cin.ufpe.br/~sbgames/proceedings/aprovados/23648.pdf>.
- RODRIGUES, J. W. *et al.* Bioquiz: Jogo eletrônico de biologia para o ensino médio bioquiz: Biology electronic game for the high school. **Revista UFG**, 2015. Disponível em: [https://www.proec.ufg.br/up/694/o/03\\_16.pdf](https://www.proec.ufg.br/up/694/o/03_16.pdf).
- ROUNGAS, B.; DALPIAZ, F. A model-driven framework for educational game design. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 9599, p. 1–11, 2016. ISSN 16113349.
- RYE, C. *et al.* **CCAP Biology**. [S.I.: s.n.], 2012. 1-21 p. ISBN 9781938168093.
- SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play**. [S.I.: s.n.], 2004.
- SANTOS, V. S. do. **Genes e cromossomos**. 2022. <Https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/genes.htm>. Acessado: 28-11-2022.
- SANTOS, V. S. do. **Quadro de Punnet**. 2022. <Https://www.biologianet.com/genetica/quadro-punnett.htm>. Acessado: 07-11-2022.
- SILVA, A. R.; LUCIO, P. S. Algoritmo “em” e família exponencial generalizada: Uma aplicação no equilíbrio de hardy-weinberg. 1988.
- SNUSTAD, M. J. S. P. **Fundamentos de Genética 7ª Ed - Snustad**. 2016.
- SNUSTAD, P. D.; SIMMONS, M. J. Fundamentos da genética. 2017.
- SOUZA, M. de. Dificuldades de alunos do ensino mÉdio na aprendizagem de genÉtica. 2015.
- SYLVESTER, T. Designing games: A guide to engineering experiences. p. 416, 2013.
- TANSKANEN, S. Player immersion in video games designing an immersive game project. 2018. Disponível em: [Https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/147016/tanskanen\\_selja.pdf?sequence=2in](Https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/147016/tanskanen_selja.pdf?sequence=2in).

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Electromagnetic oscillations and alternating current. **Fundamentals of Physics**, p. 826–860, 2011. Disponível em: <http://www.lavoisier.fr/notice/frJPOSOAXWKRRKO.html>.

WEI, Q. Gamers and the games they play. Bachelor T, 2011. Disponível em: [http://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050409-135413/unrestricted/MQP\\_Report\\_Final\\_Edited.pdf](http://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050409-135413/unrestricted/MQP_Report_Final_Edited.pdf).

ZARRAD, A. Game engine solutions. **Simulation and Gaming**, 2018.

ZENDRON, P.; MELLO, G. Como a indústria brasileira de jogos digitais pode passar de fase. **BNDES Setorial**, p. 337–382, 2015. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br>.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps**. [S.I.: s.n.], 2011. ISBN 1449397670.

**APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido(TCLE)**

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

**Título da pesquisa:** Desenvolvimento De Um Serious Game Como Ferramenta Para Auxílio No Aprendizado De Genética.

**Pesquisador(es/as) ou outro (a) profissional responsável pela pesquisa, com Endereços e Telefones:** Orientador Prof. Dr. Jorge Aikes Junior<sup>1</sup> e o Orientando Angelo Luiz Bianchin<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Medianeira – Av. Brasil, 4232 - Independência, Medianeira - PR, 85884-000 – Telefone: (45) 3240-8000.

**Local de realização da pesquisa:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Medianeira.

**Endereço, telefone do local:** Av. Brasil, 4232 - Independência, Medianeira - PR, 85884-000 – Telefone: (45) 3240-8000.

### **A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE**

Convidamos você a participar de nossa pesquisa que tem o objetivo de estudar a possibilidade de utilizar um jogo como ferramenta para auxiliar no aprendizado de genética. Primeiramente, você participará de uma entrevista, onde poderá responder perguntas que ajudarão no desenvolvimento do jogo, isso é importante para determinar medidas que auxiliarão na etapa de criação do jogo, por exemplo, o estilo do jogo, design e a narrativa que possam transmitir a mensagem desejada. A entrevista não será gravada. Em seguida, você também irá avaliar o jogo desenvolvido. Você poderá jogar por volta de 30 minutos ou até quando não quiser mais e depois responder um questionário de avaliação. O questionário de avaliação irá conter perguntas em relação ao seu bem-estar, o desempenho do jogo, a sua compreensão em relação aos conteúdos presentes no jogo, a sua compreensão em relação aos objetivos da pesquisa e sua opinião em relação a proposta do jogo.

#### **1. Apresentação da pesquisa.**

A compreensão da genética por parte dos alunos é imprescindível tanto para o desenvolvimento acadêmico quanto para a formação social do indivíduo crítico. Embora seja muito importante, a genética é um dos conteúdos com maior carência de aprendizado durante o período do ensino médio nas escolas públicas. De acordo com a Secretaria de Educação Média e Tecnológica é necessário tomar medidas de modo que o conhecimento de biologia transcendia a memorização de nomes técnicos e passe a ser abordada de forma mais compreensiva e interativa para os alunos. Recursos lúdicos atuando como simplificadores dos conteúdos de genética tornam-se ferramentas que possuem grande potencial para o auxílio no ensino. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo sintetizar os conteúdos defasados dentro da área proposta e apresentá-los de forma gamificada de modo a auxiliar o ensino das escolas, criando um material mais interativo que possa ilustrar experimentos limitados pela estrutura da escola, despertando mais a atenção e interesse dos alunos.

#### **2. Objetivos da pesquisa.**

O objetivo deste trabalho é desenvolver um serious game para ser aplicado como ferramenta auxiliar no ensino de genética para alunos do ensino médio. Durante o desenvolvimento do projeto serão coletadas informações sobre quais abordagens são mais eficazes para cumprir esse objetivo e sobre quais aspectos de genética melhor se

encaixaria no propósito e formato do projeto. Por fim, o jogo será analisado por profissionais da educação e ou com experiência em genética/ciências biológicas.

### **3. Participação na pesquisa.**

Sua participação na pesquisa será em três etapas, na entrevista aberta, na utilização do jogo e na avaliação do jogo. Para a realização da primeira entrevista, entraremos em contato via e-mail e agendaremos um horário com você, essa entrevista será online via Google Meet e pode durar de 20 a 40 minutos. Nós iremos realizar perguntas que nos ajudarão a estabelecer medidas que nos auxiliarão na fase de criação do jogo. Serão perguntas relacionadas ao tema da pesquisa e aos tipos de conteúdo que o jogo pode vir a ter. Você terá total liberdade para optar em responder ou não a uma determinada pergunta conforme o seu conhecimento, técnica e critério. A entrevista não será gravada. Posteriormente, o protótipo do jogo será disponibilizado de forma online através de um e-mail que rediccionará para um link de download seguro, para que você possa instalar e em um dispositivo do tipo desktop. É importante ressaltar que todo o processo de instalação do jogo será guiado pelo pesquisador através de um manual escrito. Caso exista dúvidas durante o processo de instalação o pesquisador se disponibilizará para auxiliar através de vias onlines. Você poderá jogar por volta de 30 minutos ou até quando não quiser mais. O jogo terá instruções de como joga-lo e você também poderá tirar dúvidas com o pesquisador caso seja necessário. Para a avaliação do jogo, você responderá um questionário avaliativo de maneira online via Google Forms. Um link de acesso para responder o questionário será disponibilizado a você via e-mail. Será um questionário simples com perguntas em relação a sua experiência, compreensão e opinião sobre o jogo.

### **4. Confidencialidade.**

Sua identidade não será divulgada e seus dados serão tratados de maneira sigilosa, sendo utilizados apenas fins científicos. Os pesquisadores não utilizaram listas que permitam a identificação de e-mail de outros participantes.

### **5. Riscos e Benefícios.**

Os riscos e benefícios serão apresentados em duas etapas, a primeira busca mostrar os desconfortos e ou riscos pelos quais você passará ou poderá passar; a segunda busca mostrar os benefícios esperados e os possíveis benefícios diretos para você participante da pesquisa.

#### **5a) Riscos:**

Existe a possibilidade de você demonstrar dúvidas quanto a operacionalização do experimento, nesse caso o pesquisador irá fornecer a ajuda necessária para que as dúvidas sejam sanadas e que você compreenda as etapas da pesquisa. No caso de auxílio a distância, o pesquisador disponibilizará um tutorial para que o participante possa ver e compreender a operacionalização do experimento. Em cenários onde o pesquisador auxiliará a distância o participante, o pesquisador irá conceder seus contatos pessoais como e-mail e telefone possibilitando um canal de comunicação com o participante.

Também existe a possibilidade de você se sentir desconfortável com alguma questão dos questionários, caso isso ocorra, você pode optar por responder ou não ou até não realizar o questionário, em qualquer caso o pesquisador estará disponível para tentar esclarecer e auxiliar em algum constrangimento. Importante destacar que você tem o direito de não responder qualquer questão, sem necessidade de explicação ou justificativa para tal, podendo também se retirar da pesquisa a qualquer momento.

Por se tratar de uma pesquisa que terá procedimentos que envolvem troca de informações por meio virtual ou telefônico, cabe ressaltar os possíveis riscos inerentes a esses ambientes, que são: perda, violação ou roubo de dados, equipamentos infectados com malwares, golpes, calúnia e difamação. Os pesquisadores buscarão utilizar ferramentas e ambientes que sejam oficiais, autenticadas por entidades regulamentadoras, que exerçam políticas de privacidade e que tenham múltiplas camadas de segurança, por exemplo, autenticadores de dois fatores e criptografia. Apesar disso, infelizmente, não é possível garantir total segurança em um ambiente virtual compartilhado.

**5b) Benefícios:** O presente estudo pretenderá avaliar a efetividade de um serious game como ferramenta no auxílio de ensino a genética, buscando como objetivo sintetizar os conteúdos mais deficientes dentro da área proposta e apresentá-los de forma gamificada de modo a auxiliar o ensino nas escolas.

#### **6. Critérios de inclusão e exclusão.**

Os critérios de inclusão e exclusão serão apresentados em duas etapas, a primeira busca esclarecer os critérios que serão utilizados para integrar os participantes a pesquisa; a segunda busca mostrar os critérios que fazem com que os participantes não possam pertencer a pesquisa.

**6a) Inclusão:** Será necessário que o participante possua: conhecimento técnico assim como especializações ou graduação na área de genética e/ou educação na área de ciências biológicas; experiência prática de no mínimo dois anos nos últimos cinco anos na área de genética e/ou educação na área de ciências biológicas; idade entre 18 a 60 anos; acesso à internet; acesso a um computador ou dispositivo móvel e que assine o termo de consentimento livre e esclarecido (este documento o qual você está lendo).

**6b) Exclusão:** Não serão incluídos na pesquisa participantes que: apresentarem déficit visual; apresentarem déficit auditivo; possuírem histórico de epilepsia; possuírem fotosensibilidade e possuírem algum tipo de restrição que impossibilite a movimentação da coluna cervical.

#### **7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.**

Você poderá cancelar sua participação na pesquisa a qualquer momento. Você tem o direito de receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa. Você tem total liberdade para recusar ou retirar seu consentimento a qualquer momento sem penalização. Você também pode optar por receber os resultados da pesquisa, sendo os dados brutos e analisados.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse :

- ( ) quero receber os resultados da pesquisa (email para envio : \_\_\_\_\_)  
( ) não quero receber os resultados da pesquisa

#### **8. Ressarcimento e indenização.**

Você não pagará nem receberá para participar do estudo. Com isso, pesquisas que não tiverem custo para os participantes, podem não ter ressarcimento. De qualquer forma, você tem direito de indenização, caso a pesquisa ocasione algum tipo de dano a você.

## **ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:**

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR). **Endereço:** Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Bairro Rebouças, CEP 85884-000, Curitiba-PR, **Telefone:** (41) 3310-4494, **e-mail:** coep@utfpr.edu.br.

### **B) CONSENTIMENTO**

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, benefícios, resarcimento e indenização relacionados a este estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome \_\_\_\_\_ Completo: \_\_\_\_\_  
RG: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_  
Endereço: \_\_\_\_\_  
CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_  
Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome \_\_\_\_\_ completo: \_\_\_\_\_  
Assinatura pesquisador (a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
(ou seu representante)

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com \_\_\_\_\_, via e-mail: \_\_\_\_\_ ou telefone: \_\_\_\_\_.

### **Contato do Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos para denúncia, recurso ou reclamações do participante pesquisado:**

Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)

**Endereço:** Av. Brasil, 4232, Bloco C - Sala CEP, Medianeira-PR, **Telefone:** (45)3264-8056, **E-mail:** coep-md@utfpr.edu.br

**APÊNDICE B – Convite para Para Participar do Projeto de Pesquisa**

Olá, meu nome é Angelo Luiz Bianchin, sou estudante de Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e venho por meio deste lhe convidar para participar de uma pesquisa que será desenvolvida para ser utilizada em meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

O objetivo de estudar a possibilidade de utilizar um jogo eletrônico como ferramenta para auxiliar o ensino de genética. Primeiramente, você participará de uma entrevista, em que poderá responder perguntas que ajudarão no desenvolvimento do jogo, isso é importante para determinar medidas que auxiliarão na etapa de criação do jogo, por exemplo, o estilo do jogo, design e a narrativa que possam transmitir a mensagem desejada. Em seguida, você também irá avaliar o jogo desenvolvido. Você poderá jogar por volta de 30 minutos ou até quando não quiser mais e depois responder um questionário de avaliação. O questionário de avaliação irá conter perguntas em relação ao seu bem-estar, o desempenho do jogo, a sua compreensão em relação aos conteúdos presentes no jogo, a sua compreensão em relação aos objetivos da pesquisa e sua opinião em relação à proposta do jogo

É importante que você esteja de acordo com os termos da pesquisa, antes de qualquer interação com ela. Você terá a oportunidade de esclarecer suas dúvidas, bem como dispor do tempo que lhe for adequado para a tomada de uma decisão autônoma. Segue o link para o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do projeto de pesquisa:

<https://forms.gle/CY3hyw2shMvnuUj69>

Caso concorde em participar, será considerado válido apenas quando você responder ao questionário.

Ao acessar o link você será direcionado a tela que terá o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para leitura, interpretação e preenchimento. Após preenchimento e confirmação você será direcionado para a tela de formulário de participação, onde você poderá assinalar o seu consentimento em participar da pesquisa. Em seguida, você será direcionado para a tela de confirmação, onde você poderá enviar o formulário. Pelo fato de o TCLE ser disponibilizado virtualmente e não de maneira impressa, é recomendado que você salve as telas de confirmação de aceite e a tela do TCLE. Você pode tirar "prints" das telas ou selecionar a opção de imprimir a página do navegador (comando para tal função na maioria dos navegadores de computadores: CTRL + P, em smartphones você pode encontrar essa função nas opções do navegador, geralmente escrito "imprimir/PDF/Print"). Isso é importante para você "ter os documentos em mãos" e assegurar seus direitos quanto à participação na pesquisa, uma vez que não haverá via impressa disponibilizada pelos pesquisadores aos participantes. Você terá acesso às etapas da pesquisa apenas quando preencher e aceitar o TCLE online. Sua

identidade não será divulgada e seus dados serão tratados de maneira sigilosa, sendo utilizados apenas fins científicos

Você poderá cancelar sua participação na pesquisa a qualquer momento. Você terá o direito de receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa. Você terá total liberdade para recusar ou retirar seu consentimento a qualquer momento sem penalização. Basta enviar um e-mail informando tal necessidade para o contato:

Aluno Angelo Luiz Bianchin – bianchin@alunos.utfpr.edu.br(Orientado)

Para outras informações e dúvidas, você pode enviar um e-mail para os seguintes contatos:

Prof. Dr. Jorge Aikes Junior - [jorgeaikes@gmail.com](mailto:jorgeaikes@gmail.com) (Orientador e principal responsável pela pesquisa)

Aluno Angelo Luiz Bianchin – bianchin@alunos.utfpr.edu.br(Orientado)

## **APÊNDICE C – Questionário de Pesquisa**

## QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

1. Qual é o seu nome completo?
2. Qual o seu e-mail?
3. Qual a sua formação?
4. Qual a sua área de atuação?
5. Há quanto tempo você atua nessa área?
6. Como você costuma ensinar/lidar com os processos que são limitados pela falta de estrutura nas escolas?
7. Você já utilizou algum jogo como ferramenta auxiliar para aprendizado? Se sim, poderia nos dizer quais e qual área?
8. Caso tenha respondido positivamente à questão 7, você alteraria algo neste jogo citado anteriormente para que ele atenda melhor o propósito? Por quê?
9. Caso tenha respondido negativamente à questão 7: Por qual motivo você não utiliza nenhuma plataforma/jogo eletrônico durante a aula e qual característica você acredita que seria relevante para que você começasse a utilizar?
10. No caso da elaboração de um jogo para auxiliar no ensino de genética, na sua opinião, é necessário que exista uma narrativa, ou seja, uma história para contextualizar os conteúdos abordados na ementa da instituição onde atua?
11. Em sua opinião, o uso de uma narrativa fabulosa atrapalharia ou poderia ajudar na interação com o jogo/auxiliar no processo de aprendizado?
12. Na sua opinião, o que pode gerar mais empatia/compaixão, o jogador ajudar um ser semelhante ao ser humano ou um ser fabuloso (criaturas fictícias como dragões e unicórnios)?
13. Você acredita que existe alguma restrição de cores, resolução, música, luzes para a criação de jogos que tenham o aprendizado como objetivo? Quais?
14. Na sua opinião, deveríamos optar por desenhos mais cartunistas, mais realistas, um meio termo ou é indiferente?
15. Você acha interessante ter dublagem para as possíveis falas dos personagens dentro do jogo ou apenas texto?

16. Você acredita que a utilização de efeitos visuais que aparentam ser sangue, pode causar algum desconforto ao jogador?
17. Na sua opinião, quais experimentos de laboratório durante o aprendizado de genética são limitados pela infraestrutura do local onde atua?
18. Caso tenha respondido à questão 17. Você acredita que esses experimentos ficariam interessantes para os alunos caso sejam supridos por uma simulação em um jogo?
19. Você possui alguma sugestão que possa auxiliar nosso projeto?

## **APÊNDICE D – Questionário de Avaliação**

## **QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO**

1. O sistema funcionou corretamente durante a utilização?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

2. Você jogou todas as fases?  
 Sim  Não

3. Caso não tenha jogado todas as fases, gostaria de nós contar o porquê?

4. Você achou sua experiência com o jogo divertida?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

5. A direção de arte do jogo foi agradável?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

6. Você sentiu que os conceitos propostos de genética foram bem apresentados?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

7. A visualização das situações contextuais apresentadas é facilmente compreendida?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

8. Qual foi a sua compreensão em relação aos acontecimentos da narrativa do jogo?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

9. Qual foi a sua compreensão em relação aos objetivos desse jogo?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

10. Você acredita que este jogo será capaz de instigar a atenção do usuário em relação aos conteúdos de genética?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

11. Por meio do jogo, você acredita que será possível a utilização dessa tecnologia como ferramenta para auxiliar no ensino de genética?  
 Totalmente  Muito  Regular  Pouco  Nada

12. Gostaria de acrescentar algum comentário que pudesse contribuir ao nosso estudo?