

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

DANIEL LOPES DE SOUSA  
JOÃO RICARDO CAMPBELL MAIA  
THIAGO DE OLIVEIRA SILVA

CRED CARBON GAME:  
Uma abordagem interativa sobre questões ambientais

RIO DE JANEIRO  
2023

DANIEL LOPES DE SOUSA  
JOÃO RICARDO CAMPBELL MAIA  
THIAGO DE OLIVEIRA SILVA

CRED CARBON GAME:  
Uma abordagem interativa sobre questões ambientais

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Instituto de Computação da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro como  
parte dos requisitos para obtenção do grau de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Geraldo Bonorino Xexéo

RIO DE JANEIRO

2023

S725c

Sousa, Daniel Lopes de

Cred Carbon Game: uma abordagem interativa sobre questões ambientais / Daniel Lopes de Sousa, João Ricardo Campbell Maia e Thiago de Oliveira Silva. – 2023.

70 f.

Orientador: Geraldo Bonorino Xexéo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Computação, Bacharel em Ciência da Computação, 2023.

1. Jogo. 2. Jogo educativo. 3. Conscientização ambiental. 4. Crédito de carbono. 5. Meio ambiente. I. Maia, João Ricardo Campbell. II. Silva, Thiago de Oliveira. III. Xexéo, Geraldo Bonorino (Orient). IV. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Computação. V. Título.

DANIEL LOPES DE SOUSA  
JOÃO RICARDO CAMPBELL MAIA  
THIAGO DE OLIVEIRA SILVA


CRED CARBON GAME:  
Uma abordagem interativa sobre questões ambientais


Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Instituto de Computação da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro como  
parte dos requisitos para obtenção do grau de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em 31 de agosto de 2023

BANCA EXAMINADORA:

  
Geraldo Bonorino Xexéo  
DSc (COPPE/UFRJ)

  
Maria Helena Cautiero Horta Jardim  
DSc (IC/UFRJ)

  
Marcus Vinícius Coutinho Parreiras  
MSc (CEFET/RJ)

Dedico este trabalho a minha família, amigos e à Lua, que me trouxeram até aqui.

– **Daniel Lopes de Sousa**

Dedico este trabalho a toda minha família e amigos que sempre me apoiaram em toda a graduação.

– **João Ricardo Campbell Maia**

Dedico este trabalho ao meu pai (In Memoriam), ao meu namorado, a minha irmã, mãe e afilhada, mulheres da minha vida. Dedico também em particular aos professores Marco de Almeida Fornaciari, Érica Calil Nogueira, da disciplina de Games Inteligentes e Wallace Corbo Ugulino, da disciplina Colaborative Suported by Computer Work por me ensinarem como é ser um profissional realmente apaixonado pelo que faz e terem sido tão importantes nos momentos em que precisei para seguir em frente nessa jornada.

– **Thiago de Oliveira Silva**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao professor Geraldo Xexéo pela orientação e por toda ajuda dada ao longo do desenvolvimento deste projeto, pelas ideias e propostas de melhoria que tornaram o jogo no produto final que aqui é apresentado. Agradecemos também a todos que participaram indiretamente na avaliação do jogo com propostas e sugestões de melhoria.

*"We are the first generation to feel the impact of climate change, and the last generation that can do something about it."*

**Barack Obama**

## RESUMO

Este trabalho aborda questões ambientais, através de um jogo digital educacional. Sua proposta é estimular os jogadores sobre a conscientização ambiental. Para isso são introduzidos conceitos e personagens em uma narrativa e o jogador atua de maneira proativa executando ações que geram consequências no planeta em diferentes magnitudes. O objetivo é que ao fim do jogo, os jogadores adquiram consciência sobre o impacto das atividades humanas, estejam incentivados a proteção do meio ambiente e informados sobre assuntos pertinentes ao tema.

**Palavras-chave:** jogo; jogo educativo; conscientização ambiental; crédito de carbono; meio ambiente.



## ABSTRACT

This article addresses environmental issues through an educational digital game. Its proposal is to stimulate players about environmental awareness. To achieve this, concepts and characters are introduced in a narrative and the player acts proactively by performing actions that generate consequences on the planet in different magnitudes. The goal is that by the end of the game, players acquire awareness of the impact of human activities, are encouraged to protect the environment, and informed about relevant topics related to the subject.

**Keywords:** game; educational game; environmental awareness; carbon credit; environment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Quadro Kanban utilizado no projeto . . . . .	23
Figura 2 – Modelo MDA . . . . .	24
Figura 3 – Quadro Endo-GDC . . . . .	27
Figura 4 – Cartas de dimensão de conhecimento . . . . .	31
Figura 5 – Cartas de dimensão de processos cognitivos . . . . .	32
Figura 6 – Quadro Endo-GDC preenchido . . . . .	36
Figura 7 – Diagrama de emoções para Cred Carbon Game . . . . .	37
Figura 8 – Modelo Inicial no Machinations . . . . .	37
Figura 9 – Modelo Final no Machinations . . . . .	38
Figura 10 – Tela inicial de ações do jogo . . . . .	39
Figura 11 – Tela inicial de indicadores de progresso do jogo . . . . .	40
Figura 12 – Tela em que o tutorial está sendo executado . . . . .	41
Figura 13 – Tela com informações sobre ação . . . . .	41
Figura 14 – Tela onde ação está sendo executada . . . . .	42
Figura 15 – Tela principal do jogo . . . . .	43
Figura 16 – Cred Carbon Game no itch.io . . . . .	44
Figura 17 – Resposta do formulário de avaliação: Ano nascimento . . . . .	59
Figura 18 – Resposta do formulário de avaliação: Cidade e estado . . . . .	60
Figura 19 – Resposta do formulário de avaliação: Gênero . . . . .	60
Figura 20 – Resposta do formulário de avaliação: Faixa etária . . . . .	61
Figura 21 – Resposta do formulário de avaliação: Raça . . . . .	61
Figura 22 – Resposta do formulário de avaliação: Área de formação . . . . .	61
Figura 23 – Resposta do formulário de avaliação: Titulação acadêmica . . . . .	62
Figura 24 – Resposta do formulário de avaliação: Renda mensal . . . . .	62
Figura 25 – Resposta do formulário de avaliação: Conhecimento de jogos educacionais . . . . .	62
Figura 26 – Resposta do formulário de avaliação: Relacionada a ter jogado jogos educacionais . . . . .	63
Figura 27 – Resposta do formulário de avaliação: Diversão de jogos educacionais . . . . .	63
Figura 28 – Resposta do formulário de avaliação: Plataformas de jogo . . . . .	64
Figura 29 – Resposta do formulário de avaliação: Frequência com que joga . . . . .	64
Figura 30 – Resposta do formulário de avaliação: Entusiasmo . . . . .	65
Figura 31 – Resposta do formulário de avaliação: Relevância do elementos do jogo para objetivo educacional . . . . .	65
Figura 32 – Resposta do formulário de avaliação: Conexão conteúdo do jogo com experiências anteriores . . . . .	66
Figura 33 – Resposta do formulário de avaliação: Ritmo de jogo . . . . .	66

Figura 34 – Resposta do formulário de avaliação: Objetivos de aprendizagem . . . .	67
Figura 35 – Resposta do formulário de avaliação: Representações visuais . . . . .	67
Figura 36 – Resposta do formulário de avaliação: Dificuldade . . . . .	68
Figura 37 – Resposta do formulário de avaliação: Curiosidade sobre tema . . . . .	68
Figura 38 – Resposta do formulário de avaliação: Audiovisual . . . . .	69
Figura 39 – Resposta do formulário de avaliação: Linguagem . . . . .	69
Figura 40 – Resposta do formulário de avaliação: Aprendizado . . . . .	70
Figura 41 – Resposta do formulário de avaliação: Tutorial . . . . .	70
Figura 42 – Resposta do formulário de avaliação: Resolução . . . . .	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LUDES	Ludologia, Engenharia e Simulação - Laboratório na UFRJ
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
CO <sub>2</sub> e	Gás Carbônico equivalente
GDC	Game Design Canvas – Canvas de Design de Jogos
ENDO-GDC	Endogenous Game Design Canvas – Canvas de Design de Jogos Endógenos
UML	Unified Modeling Language – Linguagem de modelagem unificada
MDA	Mechanics, Dynamics, Aesthetics – Mecânicas, Dinâmicas, Estética
C#	C Sharp – Linguagem de programação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>13</b>
1.1	APRESENTAÇÃO . . . . .	13
1.2	MOTIVAÇÃO . . . . .	14
<b>2</b>	<b>JOGOS E EDUCAÇÃO . . . . .</b>	<b>16</b>
2.1	O QUE SÃO JOGOS? . . . . .	16
2.2	JOGOS EDUCATIVOS . . . . .	17
<b>2.2.1</b>	<b>Jogos endógenos e jogos exógenos . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>QUESTÕES AMBIENTAIS E MERCADO DE CARBONO .</b>	<b>19</b>
3.1	AÇÕES HUMANAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS . . . . .	19
3.2	PROTOCOLO DE QUIOTO E CRÉDITOS DE CARBONO . . . . .	19
<b>4</b>	<b>FERRAMENTAS UTILIZADAS . . . . .</b>	<b>21</b>
4.1	MIRO . . . . .	21
4.2	YED GRAPH EDITOR . . . . .	21
4.3	MACHINATIONS . . . . .	21
4.4	GIT E GITHUB . . . . .	22
4.5	UNITY . . . . .	23
4.6	MDA . . . . .	24
4.7	FRAMEWORK 6-11 . . . . .	24
4.8	ENDO-GDC . . . . .	26
<b>5</b>	<b>CRED CARBON GAME . . . . .</b>	<b>28</b>
5.1	MODELAGEM . . . . .	28
<b>5.1.1</b>	<b>ENDO-GDC . . . . .</b>	<b>28</b>
5.1.1.1	Problema . . . . .	28
5.1.1.2	Jogador/Aluno . . . . .	28
5.1.1.3	Conteúdo Pedagógico . . . . .	29
5.1.1.4	Objetivos de Aprendizado . . . . .	29
5.1.1.5	História. . . . .	33
5.1.1.6	Objetivos do Jogo . . . . .	33
5.1.1.7	Estéticas . . . . .	33
5.1.1.8	Dinâmicas . . . . .	34
5.1.1.9	Mecânicas . . . . .	34
5.1.1.10	Inspirações . . . . .	35

5.1.1.11	Feedbacks Educativos . . . . .	35
5.1.1.12	Modelo final . . . . .	35
5.2	DIAGRAMA DE EMOÇÕES . . . . .	35
5.3	PROTOTIPAGEM . . . . .	36
5.4	O JOGO . . . . .	39
<b>5.4.1</b>	<b>Resumo . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Introdução . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Ações . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>5.4.4</b>	<b>Crédito de Carbono . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>5.4.5</b>	<b>Interface e elementos . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>5.4.6</b>	<b>Objetivo . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>AVALIAÇÃO E RESULTADOS . . . . .</b>	<b>44</b>
6.1	AVALIAÇÃO . . . . .	44
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>47</b>
7.1	DESAFIOS ENCONTRADOS . . . . .	47
7.2	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	48
7.3	CONCLUSÃO . . . . .	48
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE A – AVALIAÇÃO CRED CARBON GAME. . . . .</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE B – RESPOSTAS DO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO. . . . .</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e avaliação do jogo digital “Cred Carbon Game”, que tem por objetivo promover a conscientização sobre os desafios ambientais que enfrentamos atualmente.

Acreditamos que a educação ambiental é crucial para garantir um futuro sustentável, e os jogos educacionais podem ser uma maneira divertida e envolvente de transmitir conhecimentos sobre o meio ambiente e sua conservação. Além disso, os jogos podem ser usados para estimular mudanças de comportamento, incentivando as pessoas a adotarem hábitos mais sustentáveis e a reduzirem seu impacto no meio ambiente.

É importante destacar que a preservação do meio ambiente é um esforço coletivo e todos temos um papel a desempenhar nesse processo. Ao usar jogos como ferramenta de conscientização e educação ambiental, esperamos inspirar os jogadores a se tornarem cidadãos mais conscientes e responsáveis, capazes de contribuir para a construção de um futuro melhor e mais equilibrado.

O jogo consiste em uma jornada baseada na tomada de decisões e execução de ações com objetivo de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> até um determinado ponto do futuro, onde os danos causados no presente e passado são irreversíveis.

A compreensão sobre problemas relativos ao nosso ecossistema faz-se necessária continuamente e cada vez mais com o passar dos anos. Os integrantes enxergaram no potencial dos jogos como forma de aprendizado uma oportunidade de disseminar este conhecimento de forma lúdica e atrativa.

Partindo deste ponto, deu-se início ao processo de criação e desenvolvimento do jogo, que apesar dos desafios dos integrantes em lidar com algumas novas tecnologias, retornou um produto final que atendesse às expectativas.

A comunicação entre os integrantes e as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento foram fundamentais, assim como o estudo constantes dos assuntos tratados no projeto.

### 1.1 APRESENTAÇÃO

O segundo capítulo deste trabalho introduz alguns conceitos de jogos e jogos educativos, assim como a diferença entre jogos endógenos e exógenos.

Já o terceiro capítulo nos apresenta com as questões ambientais por trás do projeto, o resultado das ações humanas e mudanças climáticas. Além disso, temos uma breve descrição de como surgiu o mercado de carbono e o que são créditos de carbono.

No quarto capítulo são abordadas as ferramentas utilizadas durante todo o processo, desde ferramentas de software a ferramentas teóricas que auxiliaram na concepção e desenvolvimento do projeto.

O quinto capítulo apresenta o jogo desde o processo de modelagem e elementos anteriores ao desenvolvimento até sua história e objetivos como resultado final.

No sexto capítulo, é apresentada a avaliação utilizada para medir a o sentimento geral dos jogadores em relação ao jogo e ações que possam ser tomadas para aprimorar essa percepção.

E por fim, no sétimo capítulo são tratadas as considerações finais envolvendo desafios enfrentados, perspectivas futuras e conclusões a partir de resultados.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

A motivação para a escolha do tema se baseia em alguns pontos justificados a seguir:

O primeiro deles, está no fato de os integrantes do trabalho, encontram-se envolvidos com estas questões em seus respectivos trabalhos, seja diretamente com projetos de descarbonização ou indiretamente com forte ligação em questões ambientais

Houve uma preocupação na escolha da abordagem de problemas de grande impacto e dado que muitas questões envolvem o vasto universo de problemas ambientais, optou-se pela atuação na emissão de gases, considerando a urgência de ações no campo.

Percebeu-se que para a resolução destes problemas são necessários além de conscientização, a cooperação de governos, do setor privado e indivíduos em todo o mundo e que é importante que indivíduos, organizações e governos adotem uma abordagem proativa para proteger e preservar o meio ambiente. O artigo “Mitigation strategies of air pollution: case studies of China and the United States from a consumption perspective” (JIANG; TANG, 2022) por exemplo, analisa um problema ambiental e propõe uma solução governamental para reduzir as emissões de poluentes. Essas abordagens podem incluir também a adoção de práticas sustentáveis, gerenciamento eficaz de resíduos e adoção de medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

A conscientização ambiental também se fez presente nas diretrizes do trabalho, sendo importante para educar indivíduos e comunidades sobre o impacto que as atividades humanas têm no planeta. Esse entendimento pode levar a mudanças de comportamento e políticas que podem ajudar a proteger o meio ambiente, a preservar os recursos naturais para as gerações futuras e também pode ajudar a mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas.

Além disso, reconheceu-se que há também um profundo valor intrínseco na preservação da biodiversidade, pois o ser humano depende do meio ambiente para seu bem-estar e sobrevivência.

Por fim, o ultimo motivo. O interesse mútuo dos integrantes na área de desenvolvimento de jogos e nos campos de estudo, que são relativamente recentes.

A criação de um jogo sobre conscientização ambiental foi vista como uma maneira divertida e interativa de educar os jogadores sobre várias questões ecológicas e incentivá-los



a tomar medidas para proteger o planeta. O artigo “Games and Learning: Consolidating and Expanding the Potential of Analogue and Digital Games”(NEVES et al., 2023) reforça que jogos e aprendizados já estão relacionados há mais de 50 anos e que novas tecnologias como realidade virtual e aumentada, por exemplo, necessitam de serem exploradas no aprendizado.

Este trabalho tem por proposta usar recursos visuais, evocar emoções e sensações, fornecer informações e estimular o pensamento crítico em prol de atingir esta conscientização acompanhada de ações. Tendo objetivos e mensagem claros, alinhando o conteúdo com o nível de compreensão do público.

## 2 JOGOS E EDUCAÇÃO

### 2.1 O QUE SÃO JOGOS?

Antes que sejam apresentadas as motivações por trás do presente trabalho, é fundamental esclarecer o que se entende por jogos. Afinal, é preciso compreender a natureza dos jogos para que possamos criar a experiência desejada.

No entanto, a tarefa de definir um jogo é muito mais complexa do que se imagina. Vários autores apresentam diferentes definições para essa questão, que às vezes podem até mesmo entrar em conflito umas com as outras. Ademais, muitas dessas definições apresentam características que podem não ser mais verdadeiras.

Para Huizinga (1938), jogos são atividades praticadas dentro de limites espaciais e temporais próprios, segundo uma certa ordem e certas regras, cuja função pode ser definida por dois aspectos: uma luta por alguma coisa ou a representação de alguma coisa.

Outra definição, mais extensa, nos é dada pelo laboratório LUDES <sup>1</sup>, na UFRJ (XÉO et al., 2017):

Jogos são atividades sociais e culturais voluntárias, significativas, fortemente absorventes, não-produtivas, que se utilizam de um mundo abstrato, com efeitos negociados no mundo real, e cujo desenvolvimento e resultado final é incerto, onde um ou mais jogadores, ou equipes de jogadores, modificam interativamente e de forma quantificável o estado de um sistema artificial, possivelmente em busca de objetivos conflitantes, por meio de decisões e ações, algumas com a capacidade de atrapalhar o adversário, sendo todo o processo regulado, orientado e limitado, por regras aceitas, e obtendo, com isso, uma recompensa psicológica, normalmente na forma de diversão, entretenimento, ou sensação de vitória sobre um adversário ou desafio.

Uma vez que tenhamos estabelecido uma definição do que é um jogo, é possível listar suas características e identificar seus elementos principais. De acordo com Salen e Zimmerman (2004), as ideias principais que constituem os jogos são:

- Sistema: jogos são intrinsecamente sistemáticos, todos os jogos podem ser entendidos como sistemas.
- Jogadores: jogos são jogados por um ou mais participantes ativos, que interagem com o sistema do jogo.
- Artificial: existe um limite claro entre jogos e a "vida real" no tempo e no espaço.
- Conflito: ideia central em todos os jogos, o conflito se dá por um jogo de poder, que pode tomar diversas formas, desde cooperação a competição, solo ou multijogador, e até conflitos sociais.

---

<sup>1</sup> <<https://ludes.cos.ufrj.br/>>

- Regras: parte crucial de todo jogo, fornecem a estrutura de onde surge o “jogar”, delimitando o que os jogadores podem ou não fazer.
- Resultado quantificável: no fim de um jogo, o jogador vence, perde ou recebe alguma pontuação, sendo isto o que diferencia um jogo de atividades lúdicas menos formais.

## 2.2 JOGOS EDUCATIVOS

Jogos educativos ou educacionais são uma forma de aprendizagem lúdica com o propósito de ensinar conceitos, desenvolver habilidades e fornecer conhecimentos de forma interativa. Eles podem ser aplicados em diversas áreas do conhecimento, como computação, matemática, ciências, entre outras.

De acordo com o livro “Serious Games: Mechanisms and Effects” (CODY; VORDE-RER; RITTERFELD, 2009), os jogos educativos são uma forma de aprendizagem baseada em experiências, onde o jogador é o protagonista da sua própria aprendizagem. Eles podem ser utilizados em diversos contextos, como na educação formal, em escolas e universidades, e na educação informal, em museus, centros culturais e eventos educativos.

Alguns exemplos de jogos educativos incluem “MinecraftEdu”, que ensina conceitos de matemática e ciências enquanto os jogadores constroem e exploram um mundo virtual, “Code.org”, que ensina programação de forma interativa e lúdica, e “Foldit”, que permite que jogadores resolvam quebra-cabeças de proteínas para ajudar a resolver problemas reais na área de biologia.

Os jogos educativos têm ganhado cada vez mais destaque na educação, sendo uma forma inovadora e eficaz de ensinar, estimular a curiosidade e a criatividade dos alunos. Além disso, muitos permitem uma personalização do processo de aprendizagem, adaptando o ritmo e o conteúdo aos interesses e habilidades individuais de cada jogador. Uma pesquisa intitulada “Game-Based Learning: Latest Evidence and Future Directions”, (PERROTTA et al., 2013) discute evidências sobre a eficácia dos jogos educacionais e propõe direções futuras para a pesquisa na área.

### 2.2.1 Jogos endógenos e jogos exógenos

Os jogos exógenos fornecem estratégias simples, interativas e genéricas úteis para organizar o acesso a uma ampla variedade de conteúdo. O ambiente de aprendizado de um jogo exógeno não tem nenhuma relação necessária com o conteúdo. Possuem Designs simples e conteúdo adaptável. São, relativamente fáceis de criar e geralmente periféricos às atividades centrais de aprendizado (HALVERSON, 2005). Por conta desta característica, estes jogos costumam ser alternativas em ambientes de aprendizado como ferramentas auxiliares na apresentação do conteúdo afim de criar uma interatividade no ensino

Jogos endógenos relacionam o design e o conteúdo do jogo, integrando práticas relevantes do ambiente de aprendizagem na estrutura do jogo. Entender e dominar o ambiente

de aprendizagem é em si o resultado da aprendizagem; não é apenas um meio para um objetivo final. A arquitetura do jogo tem um papel mais importante e aprender a explorá-la pode fornecer uma introdução de como o conhecimento é organizado. (HALVERSON, 2005). Desta forma, jogos com estas características tendem a levar o jogador a um outro nível de imersão e interação com o aprendizado.

### 3 QUESTÕES AMBIENTAIS E MERCADO DE CARBONO

#### 3.1 AÇÕES HUMANAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

A negligência ambiental refere-se à falta de atenção ou cuidado com o meio ambiente, o que pode levar a uma variedade de impactos negativos.

Tal descaso nos deixa sujeitos à degradação, à perda de biodiversidade e a um desequilíbrio geral na natureza. Ela pode ocorrer na gerência inadequada dos resíduos, levando à poluição do ar, da água e do solo. Como visto em “Early Exposure to Hazardous Waste and Academic Achievement: Evidence from a Case of Environmental Negligence” (RAU; URZÚA; REYES, 2015), o descarte impróprio dos resíduos pode resultar na entrada de produtos químicos tóxicos e poluentes no meio ambiente, ao consequente prejuízo à vida selvagem e causar problemas de saúde para as pessoas que vivem nas proximidades.

Outros problemas como a destruição e fragmentação do habitat, como resultado da urbanização, agricultura, desmatamento e atividades de mineração podem perturbar o equilíbrio dos ecossistemas, além de reduzir a capacidade do meio ambiente de fornecer serviços importantes como a redução de carbono, a filtragem da água e a formação do solo. É o caso que vemos em “Oil Crisis in the Niger Delta Region of Nigeria: Genesis and Extent” (BODO; GIMAH, 2019) onde são expostos os problemas enfrentados por comunidades frente ao descaso com o ecossistema envolvendo grandes companhias, governos e autoridades.

A mudança climática é outra consequência. Como podemos ver em “Observational determination of surface radiative forcing by CO<sub>2</sub> from 2000 to 2010” (FELDMAN et al., 2015) As emissões de gases de efeito estufa causadas pela atividade humana estão causando o aquecimento global, levando ao aumento do nível do mar, tempestades severas, secas e outros problemas relacionados ao clima. Essas mudanças podem causar danos ambientais generalizados.

#### 3.2 PROTOCOLO DE QUIOTO E CRÉDITOS DE CARBONO

O Protocolo de Quioto (CHANGE, 1997), um acordo global firmado em 1997, foi estabelecido para enfrentar o aquecimento global e as mudanças climáticas, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa. Um aspecto essencial desse acordo são os créditos de carbono, que servem como incentivo para diminuir as emissões e promover a colaboração entre os países.

Os créditos de carbono estão vinculados aos mecanismos de flexibilização criados pelo Protocolo, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a Implementação Conjunta (IC).

O MDL possibilita que países industrializados apoiem financeiramente projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento. Em troca desse apoio, os países industrializados recebem créditos de carbono chamados Reduções Certificadas de Emissões (RCEs). Esses créditos podem ser usados para cumprir as metas de redução de emissões estabelecidas pelo Protocolo de Quioto. Essa iniciativa estimula a transferência de tecnologias e recursos financeiros para projetos sustentáveis nos países em desenvolvimento, além de encorajar a cooperação global (CHANGE, 1997).

A Implementação Conjunta (CHANGE, 1997) é outro mecanismo relacionado aos créditos de carbono. Nesse caso, os créditos são chamados de Unidades de Redução de Emissões (UREs) e são criados quando projetos de redução de emissões são implementados em um país industrializado e financiados por outro país industrializado. Os países que investem nesses projetos e recebem UREs podem utilizá-los para alcançar suas metas de redução de emissões estabelecidas pelo Protocolo de Quioto.

Os créditos de carbono servem para quantificar a redução de emissões de gases de efeito estufa e podem ser negociados no mercado de carbono. Geralmente, um crédito de carbono equivale a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) que foi evitada ou removida da atmosfera. A criação e negociação de créditos de carbono incentivam a busca por soluções de baixo carbono e ajudam a direcionar recursos para projetos que reduzem as emissões de gases de efeito estufa de maneira eficiente.

Com base nessas premissas, os créditos de carbono se tornaram o recurso-chave do jogo. Os jogadores precisam encontrar um equilíbrio entre ações que beneficiam a atmosfera e aquelas com resultados imediatos, a fim de manter um fluxo constante de créditos de carbono. Esses créditos podem ser usados para obter vantagens a longo prazo, recompensando os jogadores que tomam decisões conscientes e ponderadas.

## 4 FERRAMENTAS UTILIZADAS

### 4.1 MIRO

O Miro (MIRO, 2023) é uma ferramenta de colaboração online, que permite o trabalho em conjunto em uma mesma plataforma. É comumente utilizada no processo criativo, para *brainstorming* ou criação de produtos.

A ferramenta oferece opções de edição, como quadros brancos digitais, post-its e permite a criação de fluxogramas e diagramas, além de desenhos e gráficos.

A plataforma foi utilizada em diversas fases do processo de desenvolvimento do jogo. Antes mesmo que houvesse qualquer definição do jogo, na fase de *brainstorming*, utilizou-se o Miro como plataforma para reunir ideias e concepções iniciais para o jogo.

Depois disso, foi essencial no processo de design da interface de usuário, permitindo a criação de esboços rápidos de ideias, inspirações e até mesmo a prototipação inicial das telas da aplicação.

Por fim, foi utilizado no preenchimento do quadro Endo-GDC, descrito posteriormente, por sua facilidade na criação de quadros e edição com post-its virtuais.

### 4.2 YED GRAPH EDITOR

O yEd Graph Editor (YWORKS, 2023) é um software de diagramação gratuito e de código aberto. Bastante útil na criação de diagramas, como diagramas de fluxo, UML <sup>1</sup> e diagramas de classes, entre outros.

No processo de desenvolvimento do projeto, foi utilizado na construção do diagrama de emoções, que relaciona as mecânicas e dinâmicas do jogo com os sentimentos que se busca no jogador, durante o gameplay.

### 4.3 MACHINATIONS

A ferramenta Machinations (ADAMS; DORMANS, 2012) é uma plataforma de design de sistemas interativos que permite aos designers de jogos e desenvolvedores visualizar, simular e ajustar a mecânica de um jogo de maneira intuitiva. Ao possibilitar a criação de experiências de jogo mais equilibradas e envolventes, o Machinations se mostrou para o grupo como uma ferramenta valiosa no processo de desenvolvimento de jogos. O seu uso nos permitiu aprimorar a experiência do jogador, atendendo aos objetivos do projeto e fornecendo um sistema funcional.

O Machinations oferece uma interface visual que facilita a criação de modelos de sistemas de jogo e a compreensão das interações entre seus elementos, permitindo ajustes

---

<sup>1</sup> Do inglês, Unified Modeling Language, ou linguagem de modelagem unificada

eficientes. A ferramenta agilizou o desenvolvimento, ao identificar problemas de balanceamento e testar soluções sem alterar o código do jogo, economizando tempo e esforço. Assim, a qualidade do projeto final foi sendo aprimorada, proporcionando uma experiência mais satisfatória e bem-sucedida aos jogadores.

Além disso, ao utilizar o Machinations para analisar e ajustar a mecânica dos jogos, os desenvolvedores podem criar experiências mais agradáveis, levando em consideração as preferências dos jogadores, identificar gargalos no design e garantir um progresso mais natural.

#### 4.4 GIT E GITHUB

As ferramentas Git (ATLASSIAN, 2023) e Github (HOSTINGER, 2023) são utilizadas no desenvolvimento de software para colaboração em equipe e controle de versão. Permitindo um gerenciamento detalhado de todas as alterações feitas no código. Além de possibilitar a reversão de mudanças indesejadas e a recuperação de versões anteriores do software. O Git é um sistema de controle de versão distribuído, enquanto o Github é uma plataforma de hospedagem e colaboração baseada no Git.

O Git (ATLASSIAN, 2023) permitiu que os desenvolvedores criassem um repositório local em sua máquina para controlar as mudanças feitas em seus códigos. A partir deste, foi possível realizar operações que permitiram por exemplo gravar as alterações realizadas em um arquivo, criar uma cópia independente do código ou unir trechos de códigos. Tudo isso de forma segura evitando conflitos entre as modificações realizadas.

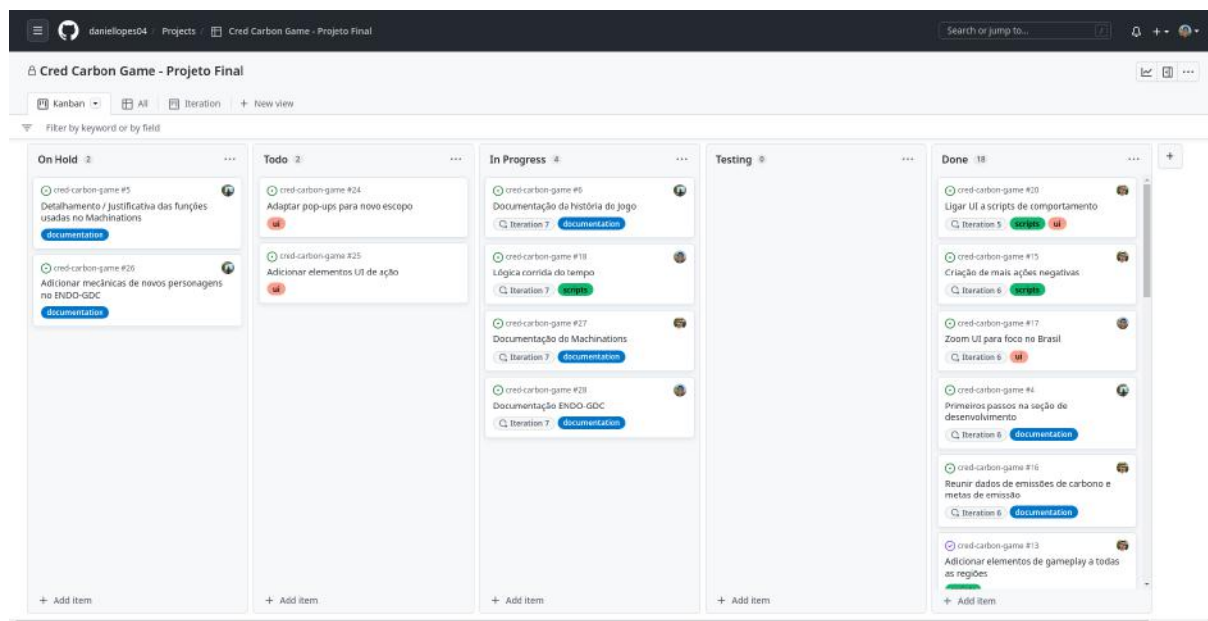
O Github (HOSTINGER, 2023), por sua vez, permitiu que o repositório fosse hospedado em um servidor online, possibilitando o trabalho colaborativo. Além disso, a plataforma oferece diversas ferramentas para facilitar o trabalho em equipe. Dentre elas, a mais utilizada no projeto foram as Issues, juntamente com o Github Pages. Uma forma de criar e gerenciar tarefas, bugs e outras solicitações de trabalho que segue os princípios do Método Kanban (ALURA, 2023). Comumente utilizado por exemplo com a metodologia ágil Scrum (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

O quadro foi composto pelas seguintes seções: On Hold, Todo, In Progress, Testing, Done.

O uso destas ferramentas foi imprescindível para o trabalho em grupo, permitindo que os desenvolvedores trabalhassem em paralelo, mantendo o histórico de alterações e facilitando a resolução de conflitos. Além de auxiliar na comunicação e colaboração entre os membros da equipe, permitindo um trabalho mais eficiente e organizado. Outras motivações compreendem a magnitude da comunidade para desenvolvedores, a possibilidade de integração com diversas outras ferramentas e serviços e o fato de possuir uma vasta e acessível documentação.



Figura 1 – Quadro Kanban utilizado no projeto



#### 4.5 UNITY

Unity (TECHNOLOGIES, 2023) é uma framework para desenvolvimento de jogos multiplataforma, usada para criar jogos e simulações em 2D, 3D e até mesmo realidade virtual. Uma das engines de jogos mais famosas da indústria, oferece um editor visual que permite que os desenvolvedores projetem objetos do jogo, cenários e interfaces de usuário. Também fornece uma API de script usando a linguagem de programação C# (MICROSOFT, 2023).

Por ser multiplataforma, permitindo desenvolvimento de jogos para desktop e mobile, possui uma grande comunidade de desenvolvedores e uma grande gama de recursos de aprendizado. Unity é usada por desenvolvedores independentes e grandes estúdios para criar jogos populares e premiados no mundo inteiro.

Principal ferramenta utilizada neste trabalho, foi a que permitiu o desenvolvimento do jogo em si. Toda a interface do usuário, assim como os scripts que controlam o comportamento do jogo, foram desenvolvidos utilizando Unity. Da mesma forma, a geração do executável do jogo foi feita usando a ferramenta.

A escolha da Unity como plataforma de desenvolvimento do jogo se deu por diversos motivos, muitos já citados como pontos positivos da ferramenta. Dentre eles, podemos citar a facilidade e intuitividade ao usar Unity, bem como a grande quantidade de material de aprendizado disponível na internet, tais como tutoriais e aulas de desenvolvimento com Unity. Além disso, destaca-se a característica multiplataforma da engine, que permite desenvolver para diversos dispositivos dentro de uma única base de código.

Outro ponto importante e determinante na escolha de Unity como principal ferramenta

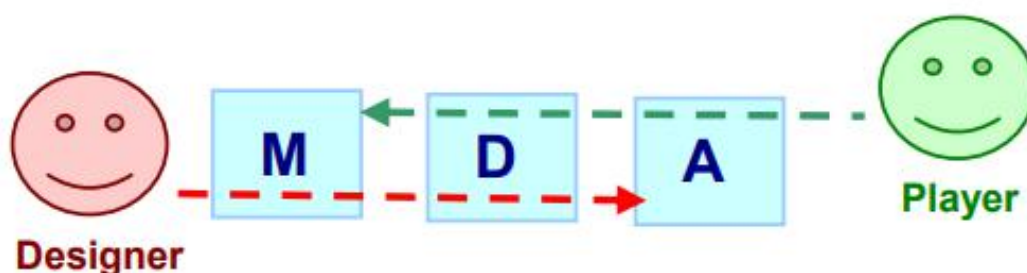
de desenvolvimento está nos seus recursos avançados. Por ser amplamente utilizada na criação de jogos dos mais simples aos mais complexos, a ferramenta possui um enorme quantidade de recursos à disposição dos desenvolvedores, tais como física avançada já implementada e diversos outros recursos de edição, criação de interfaces de usuário e componentes do jogo.

#### 4.6 MDA

De acordo com Hunicke, Leblanc e Zubek (2004), podem ser consideradas duas perspectivas ao se trabalhar com jogos educativos. Nesse sentido, jogos são criados por designers e desenvolvedores e utilizados por jogadores. Desenvolver um jogo educativo significa considerar as duas perspectivas e os impactos que mudanças aplicadas a uma delas influencia a outra.

Com a finalidade de entender a relação entre as duas perspectivas, Hunicke, Leblanc e Zubek (2004) descrevem o modelo MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics no inglês) que relaciona Mecânicas, Dinâmicas e Estética, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo MDA



Fonte: Hunicke, Leblanc e Zubek (2004)

Para Hunicke, Leblanc e Zubek (2004), os criadores do jogo definem mecânicas, os algoritmos e dados do jogo. O jogador joga através de dinâmicas, a partir de uma experiência emocional que tem ao jogar, com a estética.

#### 4.7 FRAMEWORK 6-11

Dillon (2010) propõe o modelo 6-11 para análise da experiência dos jogos. Nele, considera que a estética em desenvolvimento de jogos é melhor descrita por meio de 6 emoções e 11 instintos, que se relacionam e são recorrentes na psicologia.

As 6 emoções descritas por Dillon (2010) são:

1. **Medo:** Muito comum em jogos atuais. Com o surgimento de novas tecnologias, ambientes e situações realistas podem ser facilmente representadas para causar medo.
2. **Raiva:** Pode ser usada como motivador para jogar novamente ou até mesmo para avançar na história do jogo.
3. **Alegria:** Mais comumente associada aos jogos, geralmente é uma consequência do sucesso do jogador, avanços na história, entre outras coisas.
4. **Orgulho:** Pode surgir ao finalizar um jogo, como consequência de pontuação alta. Pode ser usado também como fator motivacional para incentivar o avanço e aperfeiçoamento dos jogadores.
5. **Tristeza:** Pode ser usada para abordar temas mais complexos e maduros. Porém requer uma história imersiva para que o jogador possa sentir vínculo com os personagens.
6. **Excitação:** Resultado final natural de jogos bem feitos. Deve acontecer naturalmente como consequência de outras emoções e instintos.

Dillon (2010) agrupa os 11 instintos em três diferentes grupos:

- **Primeira pessoa:** instintos que são direcionados diretamente a nós e são para nossa própria preservação e bem-estar.
- **Terceira pessoa:** instintos direcionados a outros, que podem ser contrastantes entre si.
- **Mundo:** instintos direcionados a interação com os ambientes que nos cercam.

Como instintos de primeira pessoa, temos:

- **Sobrevivência:** instinto mais primordial, ativado quando nos vemos diante de uma ameaça.
- **Identificação:** tendemos a admirar pessoas bem-sucedidas ou personagens fictícios inteligentes e naturalmente começamos a imaginar ser como eles.
- **Coleta:** coletar algo pode ser um instinto muito forte que pode ser ligado a uma diversidade de emoções.
- **Ganância:** muitas vezes, somos propensos a ir além da coleta desejamos começar a acumular o máximo possível de coisas.

Para os instintos de terceira pessoa, temos os seguintes:

- **Proteção:** instinto que move pais a amarem seus filhos e toda pessoa a sentir o impulso de cuidar e ajudar aqueles em necessidade.
- **Agressividade:** pode levar a violência quando junto de outros instintos e emoções como ganância ou raiva.
- **Vingança:** pode agir como motivador e geralmente usado nos jogos para avançar a história ou justificar a eliminação de um vilão.
- **Competição:** ligado aos aspectos sociais de nossa psique, tendemos a estar sempre prontos para competir e pode ser facilmente associado a outros instintos.
- **Comunicação:** a necessidade de expressar ideias e pensamentos foi um instinto importante para a evolução humana e pode ter grande efeito em jogos, também.

Já para os instintos relacionados ao mundo, temos:

- **Curiosidade:** nos move em direção ao desconhecido, todas as descobertas humanas foram feitas graças a este instinto.
- **Apreciação da cor:** somos naturalmente atraídos para cenas e ambientes coloridos.

#### 4.8 ENDO-GDC

Assim, como acontece com o desenvolvimento de jogos para entretenimento, o desenvolvimento de jogos sérios requer um time de profissionais de diferentes especialidades (TAUCEI, 2019). Com o objetivo de facilitar a comunicação entre essa equipe e visualização do produto final, podem ser usados Game Design Canvas (GDC).

O canvas é uma ferramenta que permite reunir em um único painel as principais informações sobre do artefato que se deseja desenvolver (TAUCEI, 2019). Nesse sentido, seu objetivo é facilitar o desenvolvimento de um jogo complexo, assim como proporcionar fácil visualização dos componentes do jogo.

Porém, em se tratando de jogos endógenos, tanto a equipe quando a concepção de um jogo são ainda mais importantes. Isso porque, com objetivos educacionais, a equipe interdisciplinar precisa ainda de profissionais de pedagogia e especialistas no assunto que se deseja ensinar. Com o objetivo de suprir essa necessidade, foi criado o Endo-GDC.

O Endo-GDC foi construído com o propósito de facilitar a discussão e descrição de um jogo sério, durante a fase de concepção do game (TAUCEI, 2019).

O quadro, como mostrado na Figura 3, é formado por seis blocos ligados as camadas que compõe um jogo sério: o bloco do jogador e os blocos de aprendizado, gameplay, narrativa, experiência do usuário e tecnologia (TAUCEI, 2019). Os blocos incluem as seguintes seções:

- **bloco do jogador:** com as seções problema e jogador/aluno, representado na cor cinza.
- **bloco aprendizado:** com as seções conteúdo pedagógico e objetivos de aprendizado, representado na cor laranja.
- **bloco narrativa:** com as seções história e objetivos do jogo, representado na cor rosa.
- **bloco gameplay:** com as seções estética, dinâmicas, mecânicas e inspirações, representado na cor amarelo.
- **bloco experiência do usuário:** com a seção feedbacks educativos, representado na cor verde.
- **bloco tecnologia:** formada pelas seção restrições, representado na cor azul.

Figura 3 – Quadro Endo-GDC



Fonte: Taucei (2019)

O preenchimento de cada seção pertencente a cada um dos blocos do quadro é feito de acordo com um método e ordem definidos, como será abordado no capítulo 5.

## 5 CRED CARBON GAME

### 5.1 MODELAGEM

A modelagem do jogo utilizou duas ferramentas principais: o quadro Endo-GDC e um representação no formato de diagrama de emoções, que relaciona as mecânicas e dinâmicas com as emoções que se procura evocar no jogador. Nesta seção, encontra-se detalhado o procedimento de preenchimento e resultado de cada uma dessas ferramentas.

#### 5.1.1 ENDO-GDC

Como mencionado anteriormente, o Endo-GDC é uma ferramenta que auxilia na definição e criação de jogos. Sendo composto por diversas seções que definem diferentes aspectos do jogos, seu preenchimento segue um fluxo de acordo com os passos que são executados durante o desenvolvimento de um jogo educacional.

Ao preencher o Endo-GDC, procura-se definir o jogo e o que se busca alcançar com eles, assim como os problema que ele soluciona. Nas subseções a seguir, são apresentados, na ordem de preenchimento, a definição das seções do quadro Endo-GDC e o que foi descrito para o jogo tema deste trabalho em cada uma delas.

##### 5.1.1.1 Problema

Trata-se da descrição do problema ou problemas que se espera solucionar ao desenvolver o jogo. Esses problemas podem surgir de áreas de conhecimento em que os alunos precisem de aprendizado ou de falta de motivação para aprender o conteúdo educacional (TAUCEI, 2019).

Foram identificados dois problemas principais que o jogo implementado se propõe a ajudar a resolver:

1. São necessárias ações imediatas por parte da sociedade no combate às mudanças climáticas.
2. Existe uma deficiência na difusão de conhecimento a respeito do perigo que tais mudanças representam.

##### 5.1.1.2 Jogador/Aluno

Na seção do Jogador/Aluno é descrito quem é o público alvo do jogo, ou seja, conjunto de pessoas que irão jogar e aprender através do *gameplay* (TAUCEI, 2019).

Sendo o público alvo e razão de existir do jogo educativo, esta seção, juntamente com a seção 'Problema', formam o primeiro e mais prioritário bloco no preenchimento do Endo-GDC.

Para o Cred Carbon Game, foi mapeado como público alvo jovens e estudantes de 16 a 25 anos, com nível de escolaridade médio ou superior.

#### 5.1.1.3 Conteúdo Pedagógico

Listagem de assuntos e conceitos que serão abordados pelo jogo e que devem ser coerentes com público alvo, definidos na seção jogador/aluno (TAUCEI, 2019). Devem ser listados da seguinte forma:

- Área do conhecimento.
- Tópicos da área do conhecimento que serão abordados no jogo.
- Conteúdo que se deseja ensinar e está relacionada a área do conhecimento.

O foco do conteúdo pedagógico escolhido para o trabalho está na área de mudanças climáticas, que reúne conhecimentos de física, química, biologia, entre outros.

Dentro dessa área, os tópicos a serem abordados são:

- Fatores geradores de mudanças climática.
- Redução certificada de emissões.
- Causas do aumento de emissões de gases de efeito estufa.

Por fim, o conteúdo que se deseja ensinar e relaciona-se com a área de conhecimento é a consciência ambiental.

#### 5.1.1.4 Objetivos de Aprendizado

Segundo Taucei (2019), trata-se de uma seção muito importante pois, além de ajudar a definir se o jogo cumpriu com o seu propósito, os objetivos de aprendizagem serão um guia na construção do jogo. Isso porque as mecânicas, dinâmicas, estéticas e o feedback baseiam-se nos objetivos de aprendizagem que se quer atingir.

Nesta seção é descrito o que se espera que o jogador/aluno aprenda ao jogar o game e deve ser detalhado o tipo de resultado de aprendizagem desejado e o conteúdo pedagógico ao qual objetivo de aprendizagem está relacionado (TAUCEI, 2019).

Para ajudar na construção dos objetivos de aprendizagem, Taucei (2019) nos fornece cartas baseadas na taxonomia de Bloom, que é uma ferramenta pedagógica usada para classificar objetivos de aprendizagem em níveis de complexidade e especificidade.

As cartas estão divididas nas de acordo com as dimensões da versão revisada da taxonomia: de conhecimento e de processos cognitivos. A dimensão de conhecimento gerou quatro cartas organizadas de acordo com o nível de abstração do conhecimento, do mais concreto ‘A’ ao mais abstrato ‘D’ (TAUCEI, 2019):

- **Factual:** os elementos básicos que um estudante deve saber para se familiarizar com uma disciplina ou resolver problemas nela. Fatos que não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados.
- **Conceitual:** conhecimento das inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que permitem que eles funcionem juntos.
- **Procedural:** conhecimento de como fazer algo", métodos de investigação e critérios para usar habilidades, algoritmos, técnicas e métodos.
- **Metacognitivo:** relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e da consciência da amplitude e profundidade de conhecimento adquirido de um determinado conteúdo.

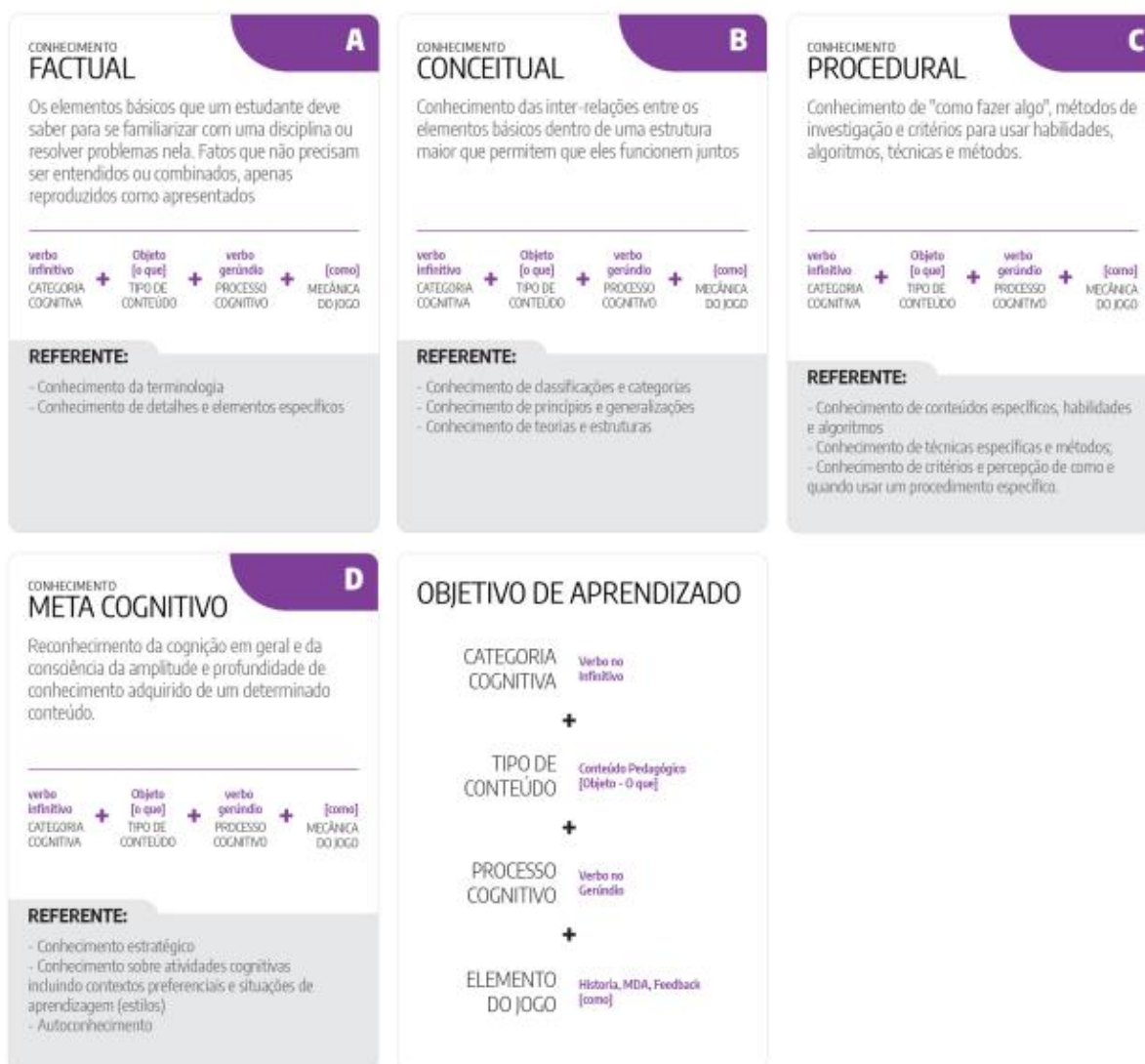
Em cada uma das cartas da dimensão do conhecimento (Figura 4), temos a definição do tipo de conhecimento; tipo de conhecimento do qual se refere (na parte mais inferior da carta), formato da sentença a ser formada (meio da carta) que é constituída pelo sujeito (quem vai aprender) mais o verbo do processo cognitivo (cartas de processo cognitivos) e finalmente o objeto que é o tipo de conteúdo ou conhecimento que será utilizado (TAUCEI, 2019).

A dimensão dos processos cognitivos está dividida em 6 cartas. Cada carta representa um processo cognitivo, do menos complexo (carta “lembrar” o número “1”) ao mais complexo (carta “criar” com número “6”) (TAUCEI, 2019):

- **Lembrar:** Recuperar conhecimento relevante da memória de longo prazo - reconhecer ou recordar ideia ou conteúdo. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação. Recordar está relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.
- **Entender:** Construir significado a partir de mensagens instrucionais, incluindo comunicação oral, escrita e gráfica. O aluno estabelece uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido, além de conseguir reproduzir a informação com suas próprias palavras.
- **Aplicar:** Executar ou usar um procedimento em uma determinada situação. Pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.



Figura 4 – Cartas de dimensão de conhecimento



Fonte: Taucei (2019)

- **Analisar:** Dividir a informação ou material em suas partes constituintes e detecção de como as partes se relacionam umas com as outras e com uma estrutura ou propósito geral.
- **Avaliar:** Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.
- **Criar:** significa juntar elementos para formar um todo novo e coerente; fazer um produto original; reorganizar elementos em um novo padrão ou estrutura; desenvolvimento de ideias novas e originais.

Cada uma das cartas possuem a definição do seu processo cognitivo, descrito acima, mais os verbos que serão utilizados (TAUCEI, 2019), como mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Cartas de dimensão de processos cognitivos



Fonte: Taucei (2019)

Seguem os objetivos de aprendizado elaborados para o Cred Carbon Game:

- ENTENDER mudanças climáticas CONCLUINDO que planeta sofre com isso e elas precisam diminuir
- ANALISAR fatores geradores de mudanças climáticas SELECIONANDO emissões para redução
- ANALISAR redução certificada de emissões SELECIONANDO compra de emissões para redução
- ANALISAR causas do aumento de emissões de GEE SELECIONANDO reduzir emissão de um tipo

- CRIAR consciência ambiental PLANEJANDO construir fontes renováveis, tratar resíduos, aplicar medidas de reflorestamento, reciclagem e limpeza de poluição

#### 5.1.1.5 História

A história é responsável por fornecer propósito, engajamento, definir cenários e transmitir o conteúdo e também é um meio para transmitir o conteúdo pedagógico (TAUCEI, 2019).

Trata-se de uma forma de narrativa, cujo objetivo principal é engajar a fim de transmitir o conteúdo que se propõe a ensinar. Um dos grandes desafios de qualquer jogo é criar uma história cativante. O que se torna ainda mais difícil quando o objetivo é transmitir conhecimento.

O fluxo inicial da história, colocado no quadro Endo-GDC para o Cred Carbon Game é o seguinte:

1. Usinas poluentes começam a ser construídas para suprir a demanda de energia.
2. As emissões de GEE começam a aumentar de forma descontrolada.
3. Medidas de redução de emissões são necessárias para salvar o planeta.

A história do será melhor elaborada mais adiante, com mais detalhes sobre o papel do jogador e suas ações.

#### 5.1.1.6 Objetivos do Jogo

Segundo Taucei (2019), na seção objetivos do jogo são descritos os objetivos que o jogador deve alcançar no jogo. Esses objetivos devem estar alinhados com a história do jogo e na medida possível devem estar alinhados também aos objetivos de aprendizado.

Como objetivos do Cred Carbon Game, temos: redução de emissões de carbono; substituição de fontes não renováveis; e limpeza de poluição.

#### 5.1.1.7 Estéticas

Na seção Estéticas devem ser definidas as emoções que se deseja evocar no jogador, assim como deve-se caracterizar o design geral do jogo (TAUCEI, 2019).

Para preencher esta seção do quadro para o Cred Carbon Game, foram utilizadas as emoções e instintos descritas por Dillon (2010) como base de seleção.

As emoções que queremos evocar dentro do jogo são: medo, orgulho, alegria e tristeza. Estas, por sua vez, despertam os instintos: identificação, proteção, curiosidade, coleta e apreciação da cor.

#### 5.1.1.8 Dinâmicas

As dinâmicas descrevem o comportamento em tempo de execução da mecânica que atua sobre as entradas dos jogadores e as outras saídas ao longo do tempo. Elas são a ponte entre a estética e a mecânica (TAUCEI, 2019).

Para auxiliar no preenchimento desta seção, utilizaram-se 29 dinâmicas encontradas por Kritz (2020) para jogos de tabuleiro, que podem também ser aplicadas a jogos digitais.

Dentre as dinâmicas propostas, foram escolhidas as seguintes:

- **Efeito indireto:** executar algo quando se deseja a consequência de seus eventos.
- **Obter informações:** usar uma ação para descobrir algo.
- **Mudança de estado do jogo:** usar uma ação para provocar propositalmente uma mudança no jogo.
- **Sobrevivência:** jogar somente para evitar eliminação.
- **Planejamento de ação:** jogar de acordo com as suas próximas ações, planeja uma sequência de ações.
- **Apressar o jogo:** acelerar o fim do jogo.
- **Estratégia flexível:** mudar estratégia baseado no estado do jogo.

#### 5.1.1.9 Mecânicas

Segundo Taucei (2019), as mecânicas estabelecem os procedimentos e as regras do jogo que vão definir o comportamento do jogador face ao jogo, ou seja, vão informar como o jogador poderá alcançar os objetivos do game e também vão definir como funciona o mundo do jogo.

Na seção mecânicas devem ser definidas as principais mecânicas do jogo, ou seja as regras e procedimentos que regem o gameplay do jogador e o do mundo do game. É importante relacioná-las com os objetivos de aprendizado pensados para o jogo, de forma que possibilite o desenvolvimento de um jogo endógeno. Essa mistura de conteúdo pedagógico com o as mecânicas e outros elementos do jogo possibilita que o jogador aprenda através do gameplay (TAUCEI, 2019).

Como mecânicas dentro do jogo Cred Carbon Game, temos:

- Selecionar item/evento no mapa
- Comprar recursos
- Aplicar ação de redução de emissões
- Aplicar ações positivas secundárias

#### 5.1.1.10 Inspirações

O objetivo dessa seção é reunir referência de jogos para o game que será desenvolvido. Da mesma forma como ocorre com outros produtos, pesquisar sobre jogos similares pode mostrar o que já deu certo ou errado, para o jogo do mesmo tipo ou com a mesma temática e também pode ajudar a construir diferenças para o projeto (TAUCEI, 2019).

Como principal inspiração para o Cred Carbon Game, temos o jogo Plague Inc., que trata-se de um jogo de estratégia em que o jogador controla um patógeno com o objetivo de infectar e eliminar toda a população mundial. O objetivo, neste caso, é diametralmente oposto ao proposto com o jogo tema deste trabalho. Porém, as mecânicas e dinâmicas foram grandes inspirações para o desenvolvimento do jogo.

Além desse, podemos citar outros jogos que contribuíram como inspiração para o Cred Carbon Game, entre eles: The cure, Pandemica, Banco imobiliário sustentável e CO2 Second Chance.

#### 5.1.1.11 Feedbacks Educativos

A seção feedback procura descrever as informações ou dados fornecidos ao jogador quando este interage com o mundo do jogo ou quando elementos desse mundo interagem entre si. O foco desta seção é descrever os feedbacks focados na motivação do jogador e no seu aprendizado (TAUCEI, 2019).

Como feedbacks do jogo Cred Carbon Game, temos a capacidade de elaborar estratégias de redução e o fato de que vencer indica absorvimento do conteúdo pedagógico.

#### 5.1.1.12 Modelo final

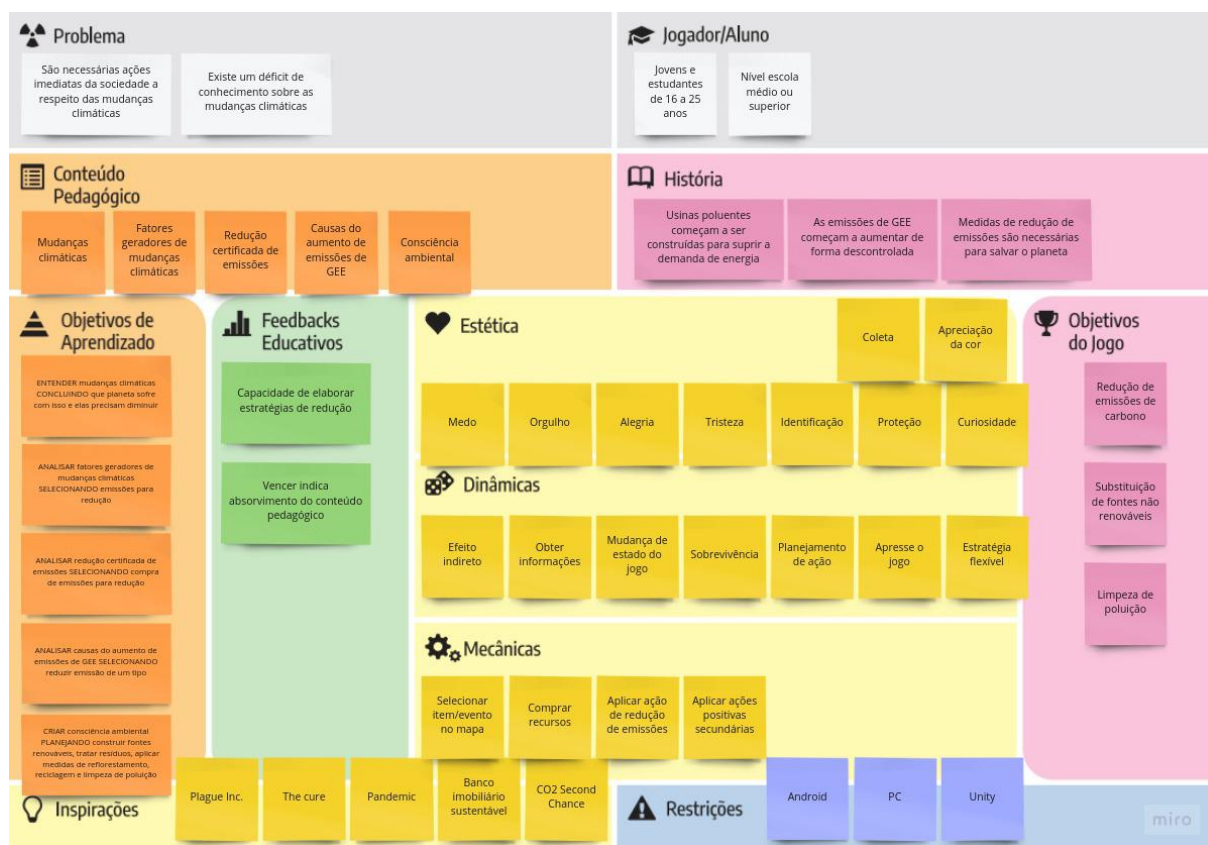
O resultado final do preenchimento do quadro Endo-GDC para o jogo é mostrado na Figura 6.

## 5.2 DIAGRAMA DE EMOÇÕES

Como já mencionado anteriormente, ao descrever a experiência de jogos, pode-se usar o framework 6-11, proposto por Dillon (2010). Baseado no modelo MDA, Dillon (2010) também relaciona as emoções e instintos descritos acima em um diagrama para descrição de jogos. Nesse diagrama, relacionam-se os três elementos do MDA e as emoções e instintos propostos pelo autor. Nesse caso, os instintos são responsáveis por ativar o uso das dinâmicas. Estas por sua vez, precisam de mecânicas para serem realizadas. Além disso, os instintos também geram emoções.

A partir dessas informações, foi montado o diagrama de instintos e emoções do Cred Carbon Game, mostrado na Figura 7.

Figura 6 – Quadro Endo-GDC preenchido



Como se pode ver, a estética começa com a identificação do jogador e a vontade de colecionar créditos de carbono. A partir disso, desenvolvem-se outros instintos, de proteção para com o meio ambiente e, ao mesmo tempo, de ganância pela coleta de mais créditos de carbono.

Estes instintos, por sua vez, despertam emoções de medo e tristeza pela situação em que o planeta se encontra devido ao avanço rápido dos efeitos das mudanças climáticas. Além de orgulho e excitação por estar coletando créditos e conseguir executar ações para impedir a extinção da espécie humana.

Os instintos de identificação e proteção sugerem as dinâmicas de sobrevivência e apresse o jogo, assim como planejamento de ação, estratégias flexível e mudança de estado do jogo. Estes, por sua vez, relacionam-se às mecânicas de aplicar ações de redução de emissão e secundárias e comprar recursos.

Outros caminhos possíveis podem ser observados no diagrama final, que descreve diversas associações dos instintos e emoções com os componentes que descrevem o jogo.

### 5.3 PROTOTIPAGEM

No início do desenvolvimento do jogo, a equipe optou por começar com um modelo mais completo, que se baseava em um sistema de economia que possuíam diversos gases

Figura 7 – Diagrama de emoções para Cred Carbon Game

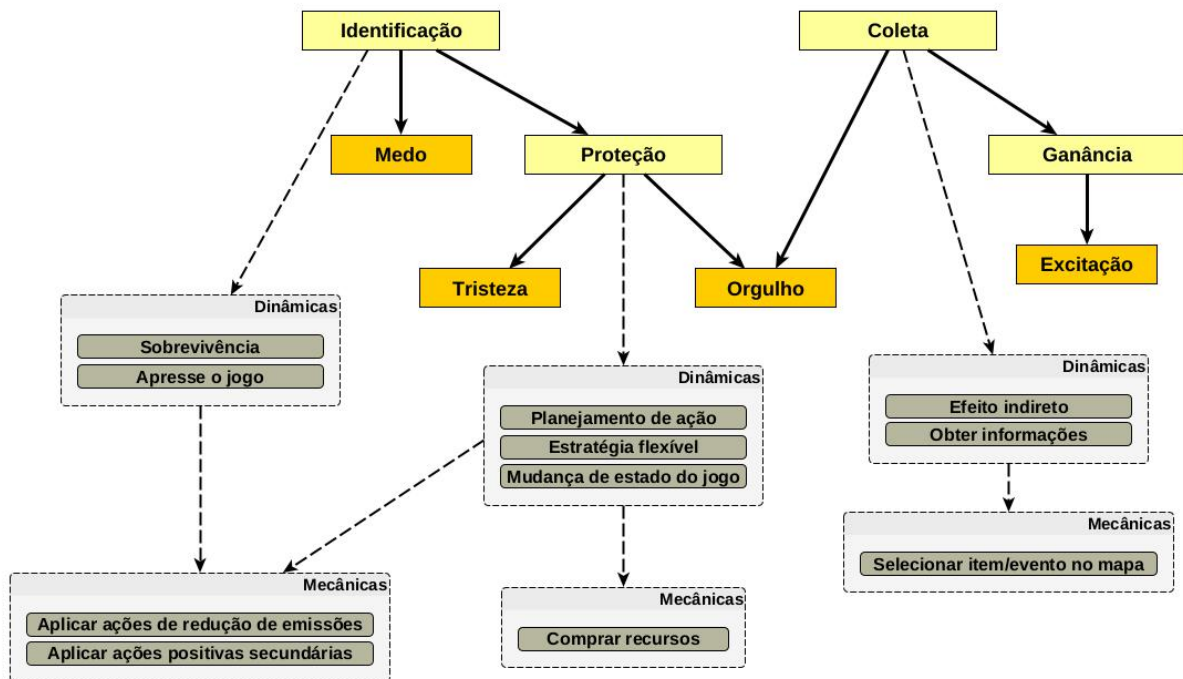
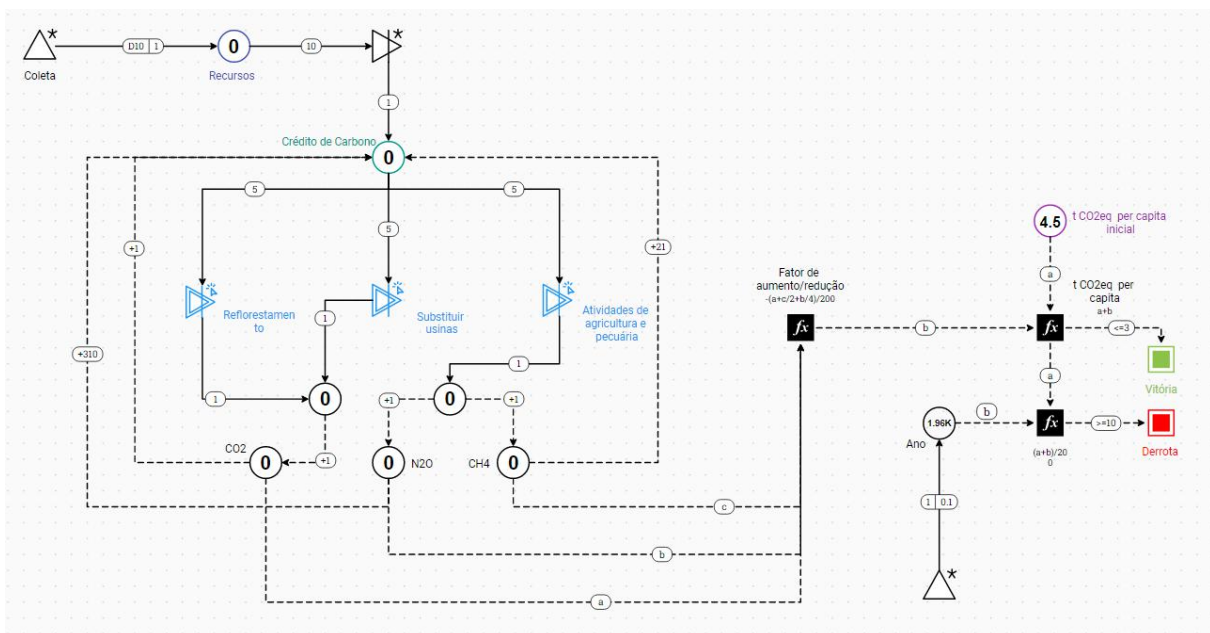


Figura 8 – Modelo Inicial no Machinations

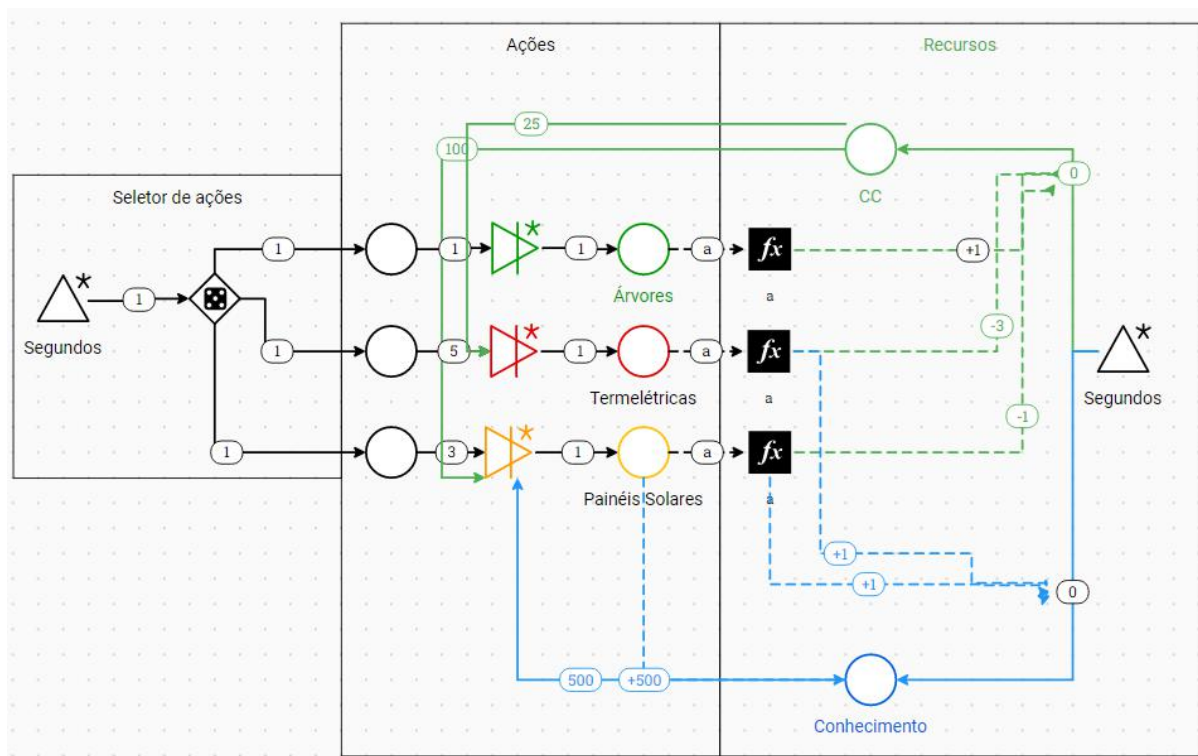


do efeito estufa, cada um com seu equivalente em CO<sub>2</sub>, onde as ações eram pontuais e realizadas apenas com um clique.

No entanto, conforme o projeto avançava, a equipe começou a perceber algumas limitações desse modelo. O único componente necessário para a realização de ações era créditos de carbono, o que levava a uma jogabilidade muito pobre, onde o único objetivo



Figura 9 – Modelo Final no Machinations



era clicar o maior número de vezes possível para progredir.

Com isso, o grupo decidiu reavaliar suas opções e considerar a adoção de um modelo alternativo, que possuía um sistema de economia mais complexo, com elementos positivos e negativos para cada ação e trazendo dois novos recursos: energia e o tempo para realização de ações. Apesar de ser mais difícil de balancear e implementar, este modelo oferece uma experiência de jogo mais rica e envolvente, além de ilustrar melhor o mundo real.

Nesse modelo, temos algumas principais diferenças:

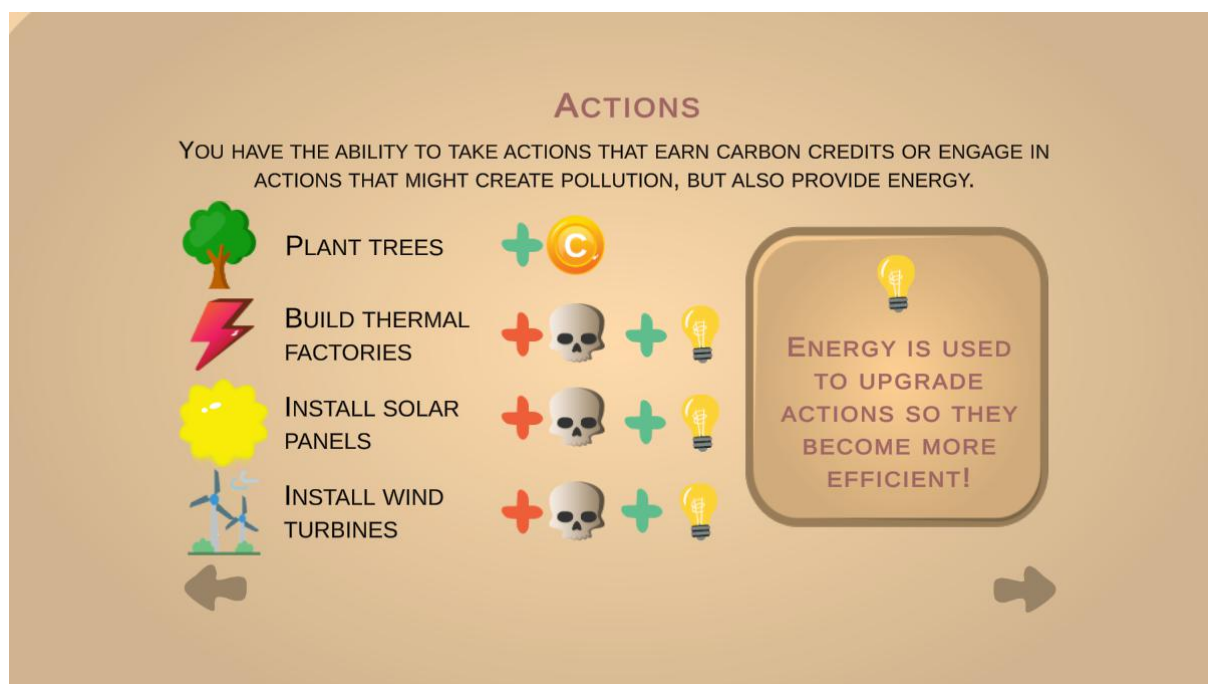
- Ações precisam de tempo para serem concluídas
- Tecnologias mais avançadas precisam de conhecimento para serem desbloqueadas
- Algumas ações possuem efeitos negativos consideráveis

Na parte esquerda, temos o contador de tempo do jogo, ao meio temos as ações que podem ser desempenhadas pelos jogadores e por fim, na direita temos os recursos utilizados no jogo.

No modelo, a cada segundo ele decide em gastar tempo para realizar uma ação aleatória, na prática, não acontece desse jeito. Para o jogador começar a ação que ele deseja empenhar, ele pode precisar de recursos para essa ação, que podem ser créditos de carbono



Figura 10 – Tela inicial de ações do jogo



e/ou energia. Quando ele começa a ação, ele gasta os créditos de carbono e só obtém o retorno desses recursos após completar a ação.

Essa forma de modelo foi a mais fidedigna a ideia de jogo que possuíamos, existe também o caso de não aproveitar o tempo gasto em ações que ele não possui recursos para executar, acreditamos que esse efeito tem um lado positivo de simular uma pessoa real, onde não necessariamente ela estará sempre executando a ação com o melhor retorno no momento.

## 5.4 O JOGO

### 5.4.1 Resumo

O jogador vive um ativista ambiental preocupado com mudanças climáticas. Ao longo de sua jornada, adquire conhecimento, o transforma em energia, realizando ações de conscientização e de grande impacto que geram créditos de carbono. Seu objetivo é reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> no planeta, utilizando para isso os créditos gerados.

### 5.4.2 Introdução

O jogador passa por telas introdutórias que apresentam os itens mais importantes do jogo, tais como as ações (Figura 10) e indicadores de progresso (Figura 11) do jogo.

Logo em seguida, o jogador passa por um tutorial onde os elementos são apresentados de forma mais dinâmica, passando por uma "fase inicial" onde temos uma versão reduzida

Figura 11 – Tela inicial de indicadores de progresso do jogo



dos objetivos de jogo com o propósito de familiarizar o jogador com as mecânicas do jogo, como pode ser visto na Figura 12.

### 5.4.3 Ações

O jogador inicia com a opção de ações simples que lhe são apresentadas como possíveis soluções para problemas ambientais. Algumas ações lhe rendem uma quantidade de Crédito de Carbono e são representadas por exemplo como Plantar árvores. Outras, como a instalação de uma usina termelétrica fazem o jogador perder Crédito de carbono dado o impacto negativo. As ações são executadas clicando nela, sendo esta a mecânica principal do jogo. Ao clicar no ícone do lado direito de cada ação, um texto informativo sobre a importância da ação e uma breve descrição são mostrados ao jogador, bem como os efeitos e recompensas concedidos por executá-la, como pode ser visto na Figura 13. Algumas ações geram também energia, que é um recurso limitante dentro do jogo. É importante mencionar que, uma vez executada a ação, ela se repete continuamente, sendo exibidos no mapa ícones que indicam que a ação está sendo executada, o que pode ser visto na Figura 14. Gerando e/ou perdendo os recursos referentes as consequências dela.

Ao atingir uma determinada quantidade de energia, o jogador agora está apto a realizar ações que antes não poderia, pois exigem uma quantidade mínima. Ações deste tipo são mais benéficas pois tem um aproveitamento maior dos recursos. Geram mais energia e quase não perdem crédito de carbono. Uma ação deste tipo por exemplo, é a instalação de painéis solares.

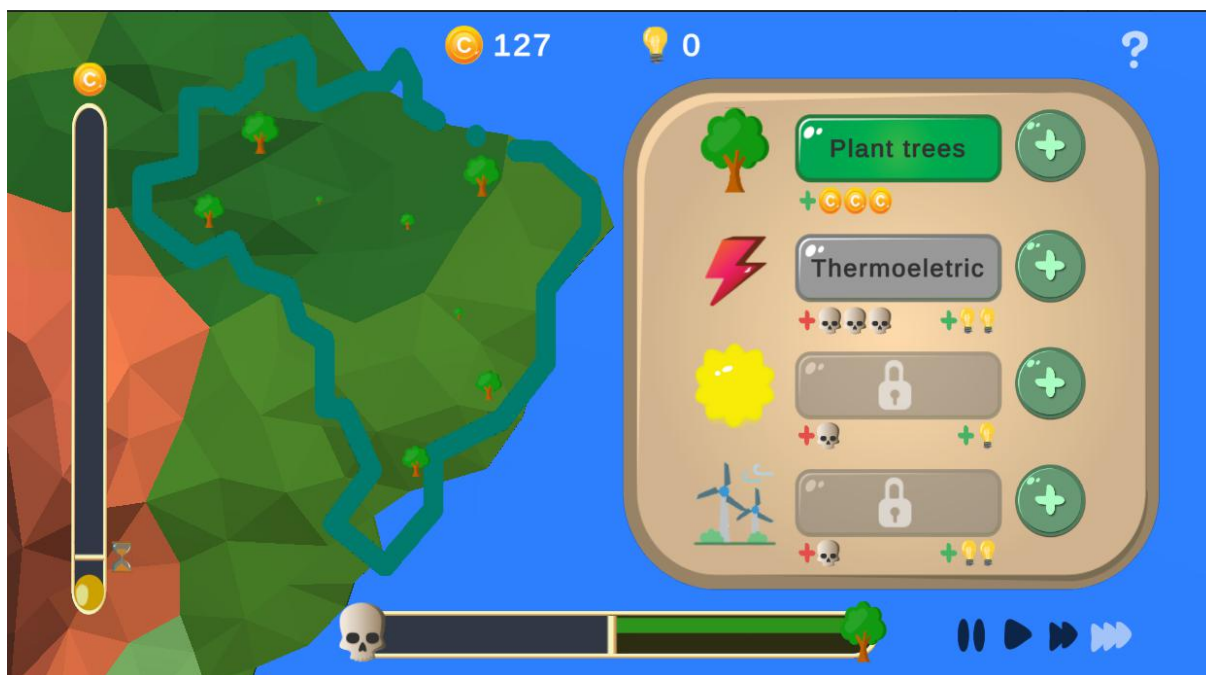
Figura 12 – Tela em que o tutorial está sendo executado



Figura 13 – Tela com informações sobre ação



Figura 14 – Tela onde ação está sendo executada



#### 5.4.4 Crédito de Carbono

A motivação pela escolha remete à realidade onde o Crédito de Carbono é concedido às empresas, em geral pelo Governo, na proporção de um Crédito para cada tonelada de CO<sub>2</sub> que deixou de ser emitida na atmosfera.

A principal diferença entre energia e Crédito de Carbono está no fato de que o Crédito pode ser usado para executar novas ações de maior impacto, sendo este um recurso consumível.

#### 5.4.5 Interface e elementos

O jogo conta com uma interface de proposta simples e amigável. Contadores de energia, de Crédito de Carbono e de tempo, além de uma barra de progresso que informa ao usuário o quão distante ele está de cumprir seus objetivos. A barra é preenchida de acordo com passar dos anos e as emissões de gás carbônico na atmosfera, podendo avançar ou diminuir a depender das ações executadas ao longo do jogo. Além destes elementos, um menu lateral revela as ações apresentadas ao jogador até aquele momento. Todos estes elementos podem ser vistos na Figura 15.

#### 5.4.6 Objetivo

Dentro do Jogo, o objetivo do jogador é neutralizar as emissões de CO<sub>2</sub>e ou “CO<sub>2</sub> equivalente”. Uma medida que leva em conta não apenas o dióxido de carbono, mas

Figura 15 – Tela principal do jogo



também outros gases de efeito estufa que contribuem para o aquecimento global, como metano, óxido nitroso, entre outros.

Vale ressaltar que, a neutralização de emissões de CO<sub>2</sub>e leva em consideração diversos parâmetros. Traduzir todos estes parâmetros em mecânicas dentro do jogo seria uma tarefa extremamente complicada. Por isso, considera-se aqui uma versão bastante simplificada do que seria a neutralidade de carbono, utilizando o conceito de créditos de carbono.

O Jogo torna-se então uma corrida contra o tempo, onde a meta é que o objetivo de créditos de carbono seja alcançado até o ano limite de 2050, quando os danos aos planetas seriam irreversíveis. Atingir o objetivo deve exigir que o jogador faça escolhas sábias de onde e quanto investir de crédito de Carbono ou se é melhor investir em adquirir energia.



## 6 AVALIAÇÃO E RESULTADOS

O jogo foi publicado com os builds (Windows, Android) em um ambiente aberto para criadores de jogos independentes que permite a execução e reprodução dos mesmos <sup>1</sup>, como mostrado na Figura 16.

### 6.1 AVALIAÇÃO

Para a avaliação do projeto, foi realizado um levantamento de feedbacks através de um questionário, aplicado a usuários em potencial. O questionário, bem como as respostas coletadas podem ser vistos nos apêndices A e B. Foram coletadas 14 respostas até a data da publicação deste documento e as mesmas foram utilizadas para ajustes, melhorias e trabalhos futuros. O questionário foi aplicado em usuários em um momento após a experimentação do jogo e também contou com dados demográficos a fim de estudar melhor o público-alvo.

Foi atribuído um valor de 1 a 5 para as respostas seguindo escala Likert, sendo 1 como discordo fortemente, e 5 como concordo fortemente. As informações estão dispostas na tabela 1.

Através da tabela, podemos observar que a dificuldade do jogo é um aspecto relevante. A maioria dos entrevistados indicou que o jogo não apresentou um aumento gradual de dificuldade, o que acabou por afetar negativamente a experiência e o entusiasmo pelo jogo. Essa constatação pode ser justificada pela avaliação da versão do jogo analisada,

<sup>1</sup> <<https://ludesufrj.itch.io/credcarbongame>>

Figura 16 – Cred Carbon Game no itch.io



Pergunta	Média	Moda
Você concorda que jogos educacionais são divertidos?	3.14	4
Senti entusiasmo durante a minha experiência com o jogo	3.21	4
Achei as mecânicas, ações permitidas pelo sistema para os jogadores, relevantes para os conceitos sendo ensinados.	3.57	5
Consegui estabelecer conexões entre o conteúdo passado pelo jogo com conceitos ou experiências anteriores.	3.79	5
A introdução de conceitos e conteúdos novos foi feita em um ritmo adequado, de forma que não demandou esforço excessivo nem foi entediante.	3.29	3
Entendi com clareza os objetivos de aprendizagem que o jogo espera e os critérios que foram usados para avaliar o meu desempenho.	3.43	5
Exemplos ou representações visuais me ajudaram a entender conceitos sendo ensinados pelo jogo	3.50	4
O jogo começou fácil e gradativamente ficou mais difícil.	1.86	1
Fiquei curioso de aprender mais sobre o tema sendo ensinado por conta de algum aspecto do conteúdo do jogo.	2.64	1
O aspecto audiovisual do jogo despertou uma curiosidade de querer aprender e descobrir mais sobre a temática do jogo.	3.21	3
O jogo possui uma linguagem compreensível para pessoas da minha área, houve poucos ou nenhum termo que eu não entendi.	4.43	5
Aprendi ou reforcei o aprendizado de conceitos que considero importantes para o meu ensino	3.00	4
O jogo ensinou-me a jogar através de um tutorial ou manual, permitindo um domínio dos controles, antes que se tornasse desafiador.	3.00	1
O jogo se ajustou ao tamanho da tela do meu dispositivo, mantendo a nitidez da imagem.	4.21	5

Tabela 1 – Resultados da Pesquisa

na qual a barra de objetivo não funcionava de maneira adequada, criando a percepção de que o tempo não era um fator preocupante. Além disso, realizamos a mudança da escala utilizada na barra, passando de linear para logarítmica. Essa adaptação se deve ao fluxo do jogo, que torna a geração de créditos de carbono difícil no início e mais fácil no final. Essa alteração visa refletir de forma mais precisa a situação real do objetivo do jogo.

Também podemos ressaltar o interesse do jogador em explorar sobre questões ambientais. Embora o jogo aborde superficialmente questões ambientais, somente isso não é o suficiente para fazer com que desperte uma curiosidade. Algumas ideias que o grupo propôs, mas acabou por não implementar devido a falta de tempo seria o levantamento

de informações sobre efeitos ambientais de suas ações ao longo do jogo, mostrando que tipo de impacto suas ações estão tendo ou também eventos externos baseados em fatos reais, como a ratificação de protocolos ambientais que influenciaram na jogabilidade do usuário.

Outro ponto importante que foi amplamente mencionado nos comentários foi a falta de compreensão dos elementos visuais do jogo e a necessidade de um tutorial. No primeiro momento, são apresentadas ao jogador diversas opções do que fazer, porém o efeito delas e o objetivo não são claros de imediato. Para isso, foi criado um tutorial interativo. Nele cada elemento da interface é explicado, por meio de um mini-jogo, onde o objetivo é mais simples, garantindo que o usuário compreendeu as ações iniciais.

Também foram relatados na avaliação bugs de interface e na jogabilidade, como mudanças de cor nas barras de progresso e cliques de mouse atravessando painéis de diálogo. Tais bugs foram corrigidos pelo grupo, sendo gerada uma nova versão.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 7.1 DESAFIOS ENCONTRADOS

Dentre as dificuldades encontradas podemos citar o processo de modelagem em si, envolvendo a definição de mecânicas, regras e objetivos. Essa fase foi bem desafiadora, pois era importante que tudo fosse bem pensado para que o jogo funcionasse de maneira adequada e no tempo correto.

Nesse caso, a utilização do Machinations (MACHINATIONS, 2023) tornou-se muito útil para simular e testar diferentes cenários, mas este exigiu um esforço considerável para ser aprendido e utilizado com eficiência. Parte desta dificuldade se deu por se tratar de um jogo com interações constantes e isso exigiu um esforço adicional por parte da equipe, pois tivemos que compreender como as mecânicas do jogo poderiam ser traduzidas para o Machinations.

Foi um processo de tentativa e erro, mas com a ajuda da própria documentação da ferramenta, conseguimos compreender melhor como criar e manipular os elementos do modelo, garantindo que o modelo do jogo refletisse adequadamente as regras e mecânicas que tínhamos em mente, além de possibilitar a realização de simulações para testar diferentes cenários e ajustar o modelo conforme necessário.

Também foi necessária maior dedicação para desenvolvimento com a ferramenta Unity (TECHNOLOGIES, 2023). Embora tivéssemos conhecimentos de programação e das linguagens utilizadas, o Unity apresenta uma série de particularidades e recursos específicos que exigiram um esforço adicional para serem aprendidos e aplicados adequadamente.

Um dos principais desafios que encontramos durante o desenvolvimento do jogo com o Unity foi a sua interface gráfica complexa. O Unity possui diversas janelas, painéis e ferramentas que podem ser difíceis de navegar, especialmente para o grupo que não possuía nenhuma experiência prévia com a criação de jogos.

Durante o desenvolvimento do jogo, o grupo também enfrentou o desafio de otimizar o desempenho do jogo. Com diversos cálculos sendo realizados a cada segundo, foi necessário identificar e corrigir problemas que afetavam o desempenho, como cálculos desnecessários e alocação excessiva de memória. Para isso, o grupo utilizou ferramentas de otimização e técnicas de programação adequadas para tornar a programação do jogo mais eficiente. Essa etapa foi crucial para desenvolver um jogo que oferecesse uma experiência de jogo satisfatória para os jogadores.

## 7.2 TRABALHOS FUTUROS

Algumas propostas tiveram sua implementação adiadas devido ao prazo. Uma delas refere-se a expansão do mapa, a qual era a proposta inicial. O jogo passa a ter escala global e as regiões delimitadas pelos continentes com ações relacionadas à problemas que a região enfrenta.

Outra proposta seria a adição de personagens no jogo. O jogador inicia sozinho mas ao longo da jornada, outros personagens se juntam e formam um time. Ao executar determinada ação, um personagem é enviado para executá-la. Os personagens possuem diferentes ocupações e há um melhor aproveitamento de recursos, caso o personagem for condizente com a ação.

Durante o desenvolvimento, o grupo percebeu a dificuldade em se retratar assuntos tão complexos como mudanças climáticas de forma concisa. Muitos conceitos extremamente complexos são aqui simplificados em favor de uma jogabilidade mais agradável. Assim, outra melhoria pensada para o jogo consiste na incorporação de outros conceitos importantes no ensino sobre mudanças climáticas, seus efeitos e ações de redução de emissões de gases de efeito estufa. Com isso, o jogo seria mais completo e cumpriria ainda melhor seu papel educativo no contexto da área. Entre os conceitos que podem ser expandidos no jogo, podemos destacar: efeito das alterações de temperatura no ecossistema, ações de redução de emissões, fontes alternativas de energia e transição energética, entre outros. Também foram pensadas contextualizações históricas e fatos relevantes do passado no formato informativo a fim de ensinar através do que já vivemos ou aprendemos.

Do ponto de vista de jogabilidade, outra melhoria possível e pensada pelo grupo inclui a adição de níveis de progresso dentro do jogo. Assim, o jogador pode ter senso de progresso e conquista maiores enquanto joga. Toda a implementação foi feita em torno de variáveis de dificuldade que podem aumentar ou diminuir o objetivo de créditos de carbono, além de alterar a função de progresso do jogo. Portanto a introdução de novos níveis de jogo foi pensada desde o começo do projeto, porém não pôde ser implementada. Além disso, a implementação também visava facilitar a introdução de níveis de dificuldade dentro do jogo. Assim o jogador poderia escolher jogar no modo fácil ou difícil, por exemplo.

## 7.3 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho a todo momento foi o de ensinar e estimular a conscientização ambiental, motivando o público a adotar práticas sustentáveis e ações em prol do meio ambiente.

O projeto chega em seu estado atual após unir ideias e habilidades além das motivações pessoais de cada integrante da equipe que já se encontravam envolvidos com estas questões nas suas ocupações, cientes hoje do quanto ele pode crescer ainda.

Impulsionados também pelas percepções individuais da falta de discussão sobre o tema em locais importantes como o meio acadêmico, esperamos que nosso trabalho possa ter um impacto positivo na sociedade, expandindo a percepção sobre problemas reais. Acreditamos que jogos educativos podem ser ferramentas eficazes para envolver as pessoas nesse tipo de questão.

O jogo desenvolvido revela sua utilidade em estimular a educação dos jogadores em questões ecológicas, incentivando-os a refletir sobre o futuro e estimulando a criação de soluções inovadoras para os desafios hoje. Durante seu desenvolvimento, aprendemos também sobre a importância de abordar a temática de forma clara e concisa, de modo a cativar o público alvo e estimular o pensamento crítico.

Em resumo, este trabalho nos engrandeceu enormemente como humanos e profissionais conscientes e desejamos o mesmo para cada um dos que tiverem a oportunidade de contato com ele.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, E.; DORMANS, J. **Game Mechanics: Advanced Game Design**. 1st. ed. USA: New Riders Publishing, 2012. ISBN 0321820274.
- ALURA. **Kanban: o que é, o Método Kanban, principais conceitos e como funciona no dia a dia**. 2023. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/metodo-kanban>.
- ATLASSIAN. **O que é Git**. 2023. Disponível em: <https://www.atlassian.com/br/git/tutorials/what-is-git>.
- BODO, T.; GIMAH, B. G. Oil crisis in the niger delta region of nigeria: Genesis and extent. **European Scientific Journal**, p. 17, 2019. Acessado em 12 de Agosto de 2023. Disponível em: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12617>.
- CHANGE, U. N. F. C. on C. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. 1997. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Accessed: 2023-1-04.
- CODY, M. J.; VORDERER, P.; RITTERFELD, U. **Serious games: mechanisms and effects**. London;New York: Routledge, 2009.
- DILLON, R. **On the Way to Fun: An Emotion-Based Approach to Successful Game**. Natick, Massachusetts: A K Peters Ltd, 2010.
- FELDMAN, D. R. et al. Observational determination of surface radiative forcing by co2 from 2000 to 2010. **nature**, p. 16, 2015. Acessado em 12 de Agosto de 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature14240>.
- HALVERSON, R. What Can K-12 School Leaders Learn from Video Games and Gaming? **Innovate: Journal of Online Education**, v. 1, n. 6, 2005. ISSN 1552-3233.
- HOSTINGER. **O Que é GitHub e Como Usá-lo**. 2023. Disponível em: <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-github>.
- HUIZINGA, J. **Homo Ludens: O Jogo Como Elemento da Cultura**. 5. ed. São Paulo, SP: Perspectiva, 1938.
- HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. Mda: A formal approach to game design and game research. **AAAI Workshop - Technical Report**, v. 1, 01 2004. Acessado em 1 de Abril de 2023. Disponível em: <https://users.cs.northwestern.edu/~hunicke/MDA.pdf>.
- JIANG, Y.; TANG, X. Mitigation strategies of air pollution: case studies of china and the united states from a consumption perspective. **Environmental Science & Policy**, v. 128, p. 10, 02 2022. Acessado em 12 de Agosto de 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901121003269>.
- KRITZ, J. S. An ontology of board games based on the mda framework. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. Acessado em 1 de Abril de 2023. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/2955.pdf>.

- MACHINATIONS. **Machinations is the browser-based tool to design and balance game systems**. 2023. Disponível em: <https://machinations.io/>.
- MICROSOFT. **Documentação do C#**. 2023. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/>.
- MIRO. **Take ideas from better to best**. 2023. Disponível em: <https://www.miro.com>.
- NEVES, P. P. et al. Games and learning: Consolidating and expanding the potential of analogue and digital games. e **International Journal of Film and Media Arts**, v. 8, p. 4, 2023. Acessado em 12 de Agosto de 2023. Disponível em: <https://revistas.ulusofona.pt/index.php/ijfma/article/view/8900>.
- PERROTTA, C. et al. **Game-based Learning: Latest Evidence and Future Directions**. 2013. Disponível em: <https://www.nfer.ac.uk/publications/game01/game01.pdf>.
- RAU, T.; URZÚA, S.; REYES, L. Early exposure to hazardous waste and academic achievement: Evidence from a case of environmental negligence. **Journal of the Association of Environmental and Resource Economists**, v. 2, 12 2015. Acessado em 14 de Abril de 2023. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/683112>.
- SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004.
- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The 2020 Scrum Guide**. 2020. Disponível em: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>.
- TAUCEI, B. B. Endo-gdc: Desenvolvimento de um game design canvas para concepção de jogos educativos endógenos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. Acessado em 31 de Março de 2023. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/2928.pdf>.
- TECHNOLOGIES, U. **Plataforma de desenvolvimento em tempo real do Unity**. 2023. Disponível em: <https://unity.com/pt>.
- XEXÉO, G. et al. O que são jogos, uma introdução ao objeto de estudo do ludes. 2017. Acessado em 20 de Março de 2023. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/2766.pdf>.
- YWORKS. **yEd - graph editor: High-quality diagrams made easy**. 2023. Disponível em: <https://www.yworks.com/products/yed>.

**APÊNDICE A – AVALIAÇÃO CRED CARBON GAME.**

1. Inclua o horário de início do preenchimento deste formulário, por favor. (Horário)
2. Nome (Texto simples)
3. E-mail (Texto simples)
4. Ano de nascimento (Texto simples)
5. Cidade/Estado de residência (Texto simples)
6. Gênero
  - a) Masculino
  - b) Feminino
  - c) Prefiro não responder
  - d) Outro (Texto simples)
7. Faixa etária
  - a) 16 a 19
  - b) 20 a 24
  - c) 25 a 29
  - d) 30 a 34
  - e) 35 a 39
  - f) 40 a 49
  - g) Mais de 50 anos
8. Com qual raça ou cor você se identifica?
  - a) Branca
  - b) Parda
  - c) Preta
  - d) Amarela
  - e) Indígena
  - f) Prefiro não responder
9. Qual é a sua área de formação?

- a) Ciências Exatas e da Terra
  - b) Ciências Biológicas
  - c) Ciências da Saúde
  - d) Ciências Agrárias
  - e) Ciências Sociais Aplicadas
  - f) Ciências Humanas
  - g) Linguística, Letras e Arte
  - h) Outro (Texto simples)
10. Qual é a sua maior titulação acadêmica?
- a) Ensino Fundamental
  - b) Ensino Médio
  - c) Ensino Técnico
  - d) Superior de Graduação / Ensino Superior
  - e) Especialização (MBA ou similar)
  - f) Mestrado
  - g) Doutorado
11. Qual é a renda mensal total de todos os residentes da sua casa?
- a) No máximo 2 (dois) salários mínimos
  - b) De 2 (dois) a 4 (quatro) salários mínimos
  - c) De 4 (quatro) a 10 (dez) salários mínimos
  - d) De 10 (dez) a 20 (vinte) salários mínimos
  - e) Acima de 20 salários mínimos
  - f) Prefiro não responder
12. Você sabe o que é um jogo educacional? (Sim ou Não)
13. Você já jogou um jogo educacional? (Sim ou Não)
14. Você concorda que jogos educacionais são divertidos?
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente

- e) Concordo fortemente
15. Em quais plataformas você costuma jogar? (Múltipla escolha)
- a) Smartphone
  - b) Videogame (Console)
  - c) Computador / Notebook
  - d) Tablet
  - e) Videogame portátil
  - f) Outro (Texto simples)
16. Com qual frequência você costuma jogar jogos digitais (em qualquer plataforma)?
- a) Diariamente
  - b) De 3 a 6 dias por semana
  - c) Ao menos uma vez por semana
  - d) Ao menos uma vez por mês
  - e) Não tenho jogado recentemente
17. Senti entusiasmo durante a minha experiência com o jogo
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
18. Achei as mecânicas, ações permitidas pelo sistema para os jogadores, relevantes para os conceitos sendo ensinados.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
19. Consegui estabelecer conexões entre o conteúdo passado pelo jogo com conceitos ou experiências anteriores.
- a) Discordo fortemente



- b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
20. A introdução de conceitos e conteúdos novos foi feita em um ritmo adequado, de forma que não demandou esforço excessivo nem foi entediante.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
21. Entendi com clareza os objetivos de aprendizagem que o jogo espera e os critérios que foram usados para avaliar o meu desempenho.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
22. Exemplos ou representações visuais me ajudaram a entender conceitos sendo ensinados pelo jogo.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
23. O jogo começou fácil e gradativamente ficou mais difícil.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente

- e) Concordo fortemente
24. Fiquei curioso de aprender mais sobre o tema sendo ensinado por conta de algum aspecto do conteúdo do jogo.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
25. O aspecto audiovisual do jogo despertou uma curiosidade de querer aprender e descobrir mais sobre a temática do jogo.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
26. O jogo possui uma linguagem compreensível para pessoas da minha área, houve poucos ou nenhum termo que eu não entendi.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
27. Aprendi ou reforcei o aprendizado de conceitos que considero importantes para o meu ensino.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
28. O jogo ensinou-me a jogar através de um tutorial ou manual, permitindo um domínio dos controles, antes que se tornasse desafiador.

- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
29. O jogo se ajustou ao tamanho da tela do meu dispositivo, mantendo a nitidez da imagem.
- a) Discordo fortemente
  - b) Discordo moderadamente
  - c) Não concordo, nem discordo
  - d) Concordo moderadamente
  - e) Concordo fortemente
30. Comentários (Texto simples).
31. Inclua o horário de conclusão do preenchimento deste formulário, por favor. (Horário)

## APÊNDICE B – RESPOSTAS DO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO.

As repostas para as perguntas do formulário, exceto as de cunho pessoal e comentários, encontram-se abaixo.

Figura 17 – Resposta do formulário de avaliação: Ano nascimento

Ano de Nascimento

 Copiar

14 respostas

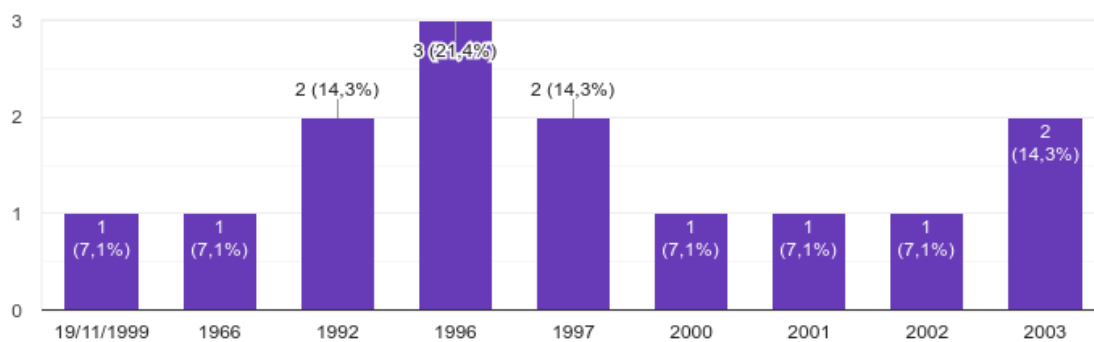


Figura 18 – Resposta do formulário de avaliação: Cidade e estado

### Cidade / Estado de Residência

 Copiar

14 respostas

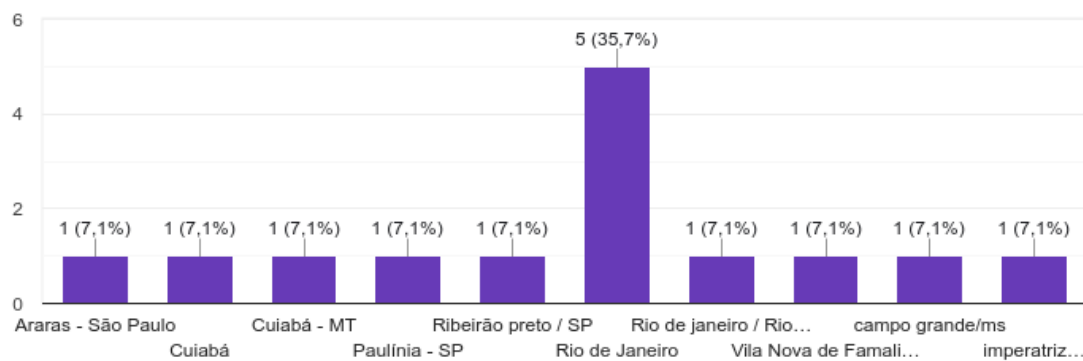


Figura 19 – Resposta do formulário de avaliação: Gênero

### Gênero

 Copiar

14 respostas

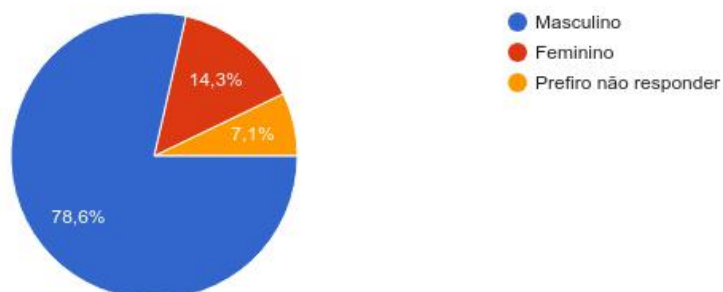


Figura 20 – Resposta do formulário de avaliação: Faixa etária

Faixa Etária

14 respostas

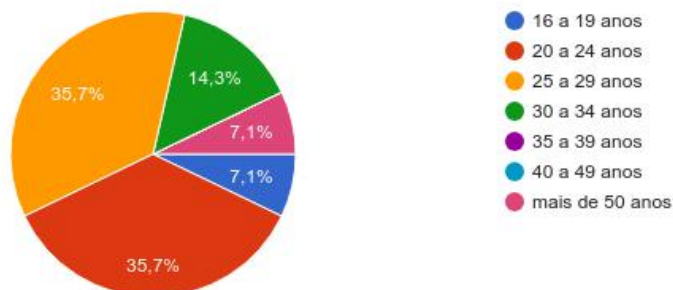
 Copiar

Figura 21 – Resposta do formulário de avaliação: Raça

Com qual raça ou cor você se identifica? <sup>1</sup>

14 respostas

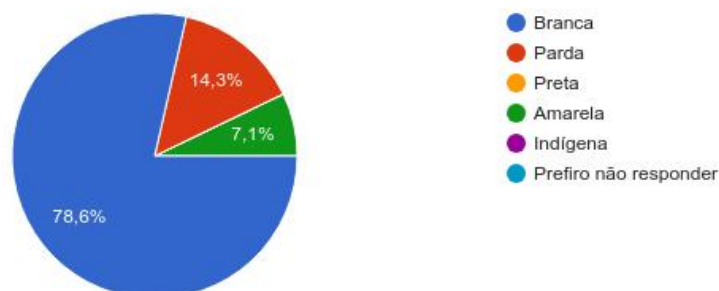
 Copiar

Figura 22 – Resposta do formulário de avaliação: Área de formação

Qual é a sua área de formação? <sup>2</sup>

14 respostas

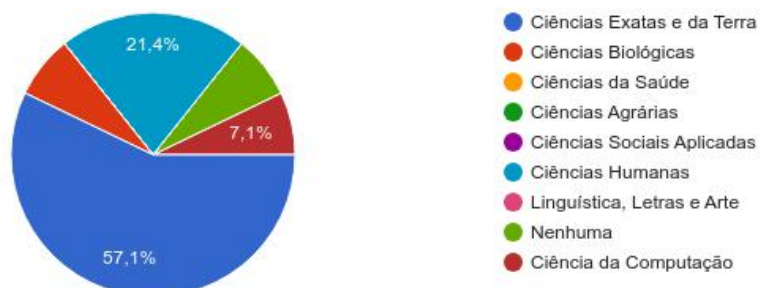
 Copiar

Figura 23 – Resposta do formulário de avaliação: Titulação acadêmica

Qual é a sua maior titulação acadêmica? <sup>1</sup>[Copiar](#)

14 respostas

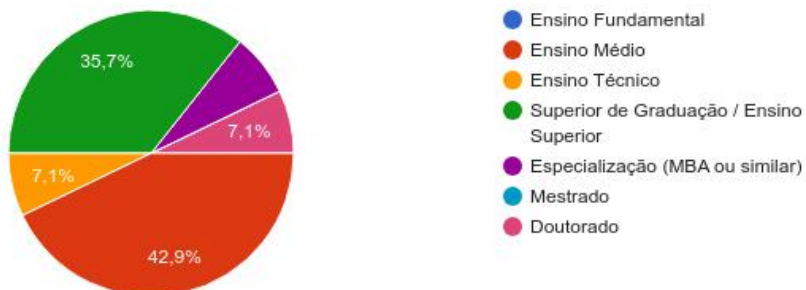


Figura 24 – Resposta do formulário de avaliação: Renda mensal

Qual é a renda mensal total de todos os residentes da sua casa? <sup>1</sup>[Copiar](#)

14 respostas

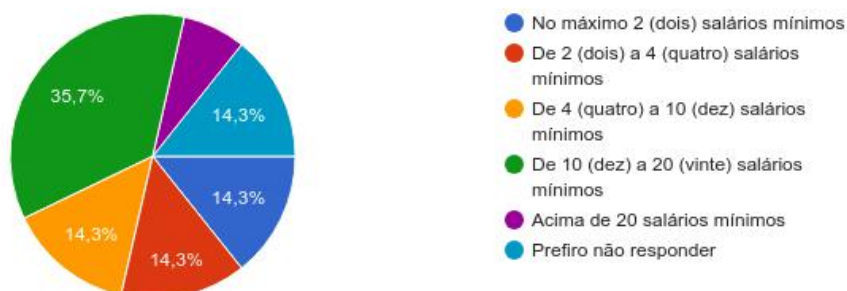


Figura 25 – Resposta do formulário de avaliação: Conhecimento de jogos educacionais

Você sabe o que é um jogo educacional?

[Copiar](#)

14 respostas

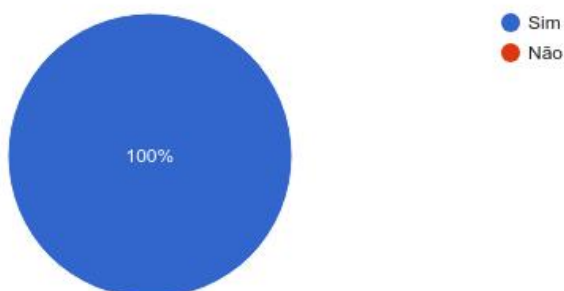


Figura 26 – Resposta do formulário de avaliação: Relacionada a ter jogado jogos educacionais

Você já jogou um jogo educacional?

 Copiar

14 respostas

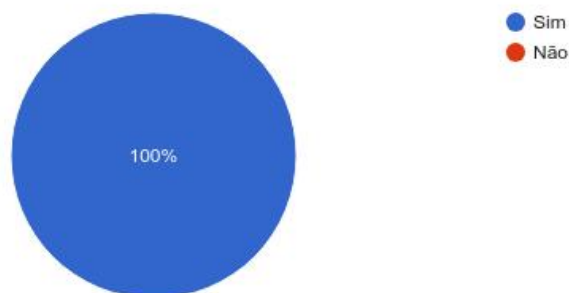


Figura 27 – Resposta do formulário de avaliação: Diversão de jogos educacionais

Você concorda que jogos educacionais são divertidos?

 Copiar

14 respostas

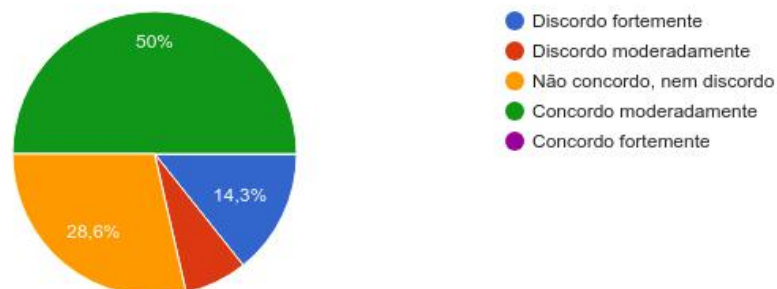




Figura 28 – Resposta do formulário de avaliação: Plataformas de jogo

Em quais plataformas você costuma jogar? (Marque todas as respostas aplicáveis) [Copiar](#)

14 respostas

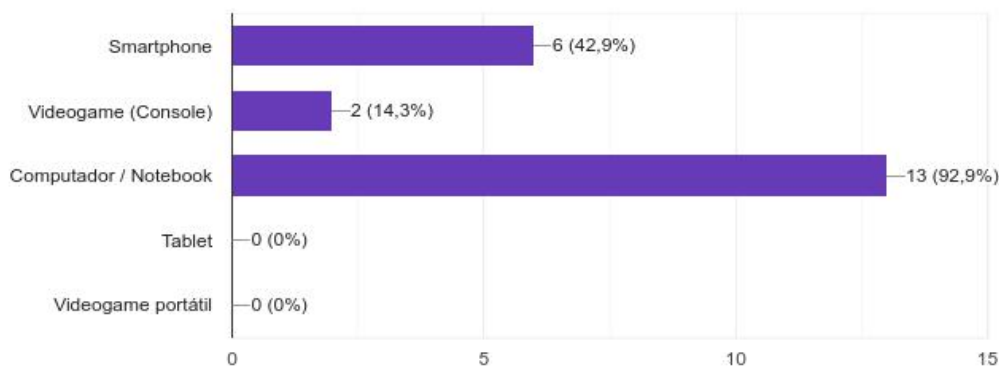


Figura 29 – Resposta do formulário de avaliação: Frequência com que joga

Com qual frequência você costuma jogar jogos digitais (em qualquer plataforma)? [Copiar](#)

14 respostas

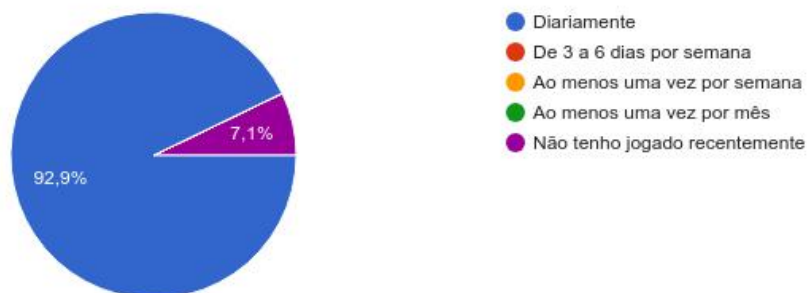


Figura 30 – Resposta do formulário de avaliação: Entusiasmo

Senti entusiasmo durante a minha experiência com o jogo

[Copiar](#)

14 respostas

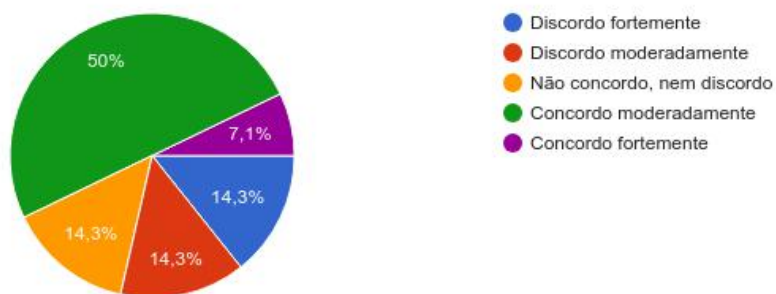


Figura 31 – Resposta do formulário de avaliação: Relevância do elementos do jogo para objetivo educacional

Achei as mecânicas, ações permitidas pelo sistema para os jogadores, relevantes para os conceitos sendo ensinados.

[Copiar](#)

14 respostas

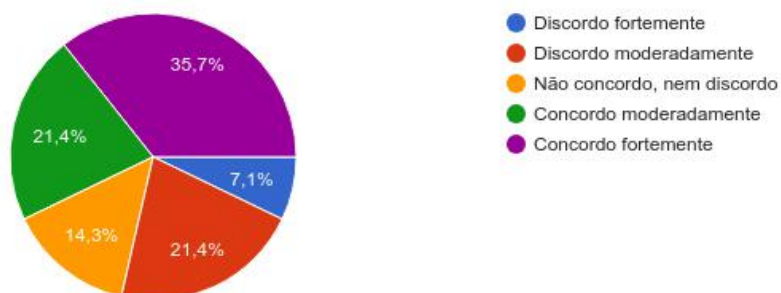


Figura 32 – Resposta do formulário de avaliação: Conexão conteúdo do jogo com experiências anteriores

Consegui estabelecer conexões entre o conteúdo passado pelo jogo com conceitos ou experiências anteriores.



14 respostas

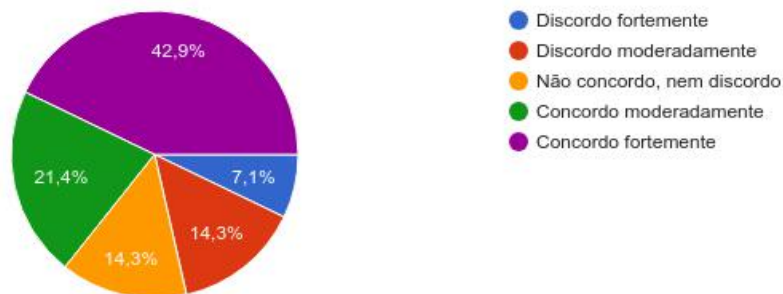


Figura 33 – Resposta do formulário de avaliação: Ritmo de jogo

A introdução de conceitos e conteúdos novos foi feita em um ritmo adequado, de forma que não demandou esforço excessivo nem foi entediante.



14 respostas

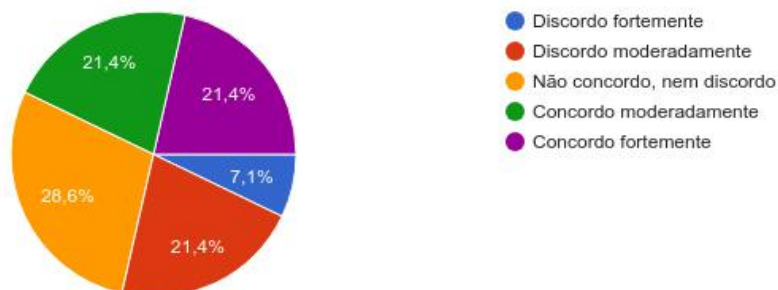


Figura 34 – Resposta do formulário de avaliação: Objetivos de aprendizagem

Entendi com clareza os objetivos de aprendizagem que o jogo espera e os critérios que foram usados para avaliar o meu desempenho.



14 respostas

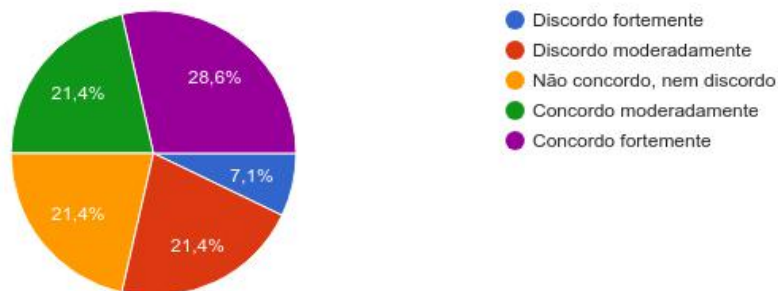


Figura 35 – Resposta do formulário de avaliação: Representações visuais

Exemplos ou representações visuais me ajudaram a entender conceitos sendo ensinados pelo jogo



14 respostas

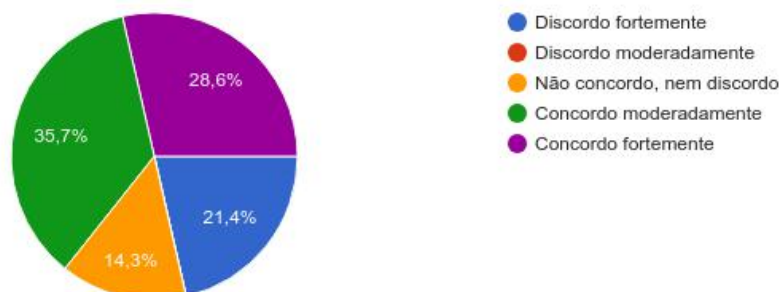


Figura 36 – Resposta do formulário de avaliação: Dificuldade

O jogo começou fácil e gradativamente ficou mais difícil.

 Copiar

14 respostas

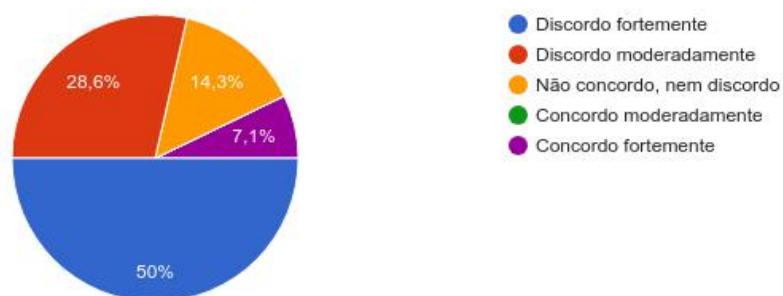


Figura 37 – Resposta do formulário de avaliação: Curiosidade sobre tema

Fiquei curioso de aprender mais sobre o tema sendo ensinado por conta de algum aspecto do conteúdo do jogo.

 Copiar

14 respostas

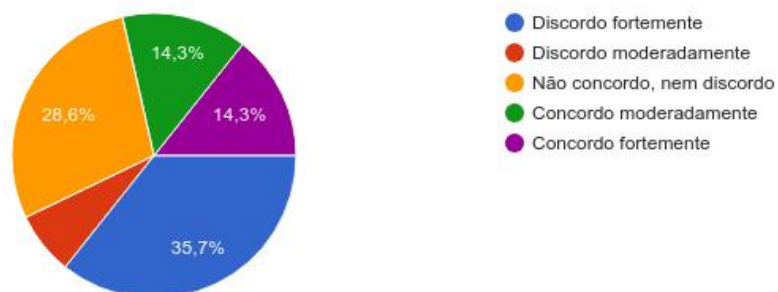


Figura 38 – Resposta do formulário de avaliação: Audiovisual

O aspecto audiovisual do jogo despertou uma curiosidade de querer aprender e descobrir mais sobre a temática do jogo.

[Copiar](#)

14 respostas

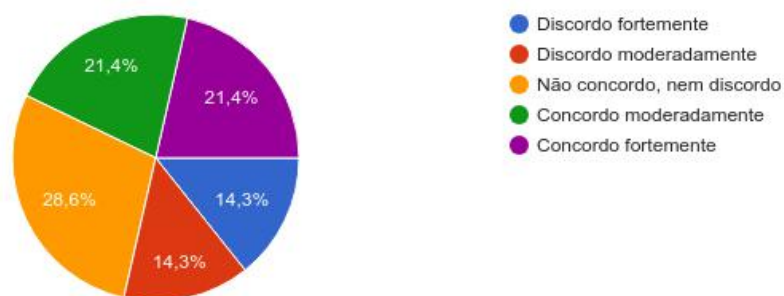


Figura 39 – Resposta do formulário de avaliação: Linguagem

O jogo possui uma linguagem compreensível para pessoas da minha área, houve poucos ou nenhum termo que eu não entendi.

[Copiar](#)

14 respostas

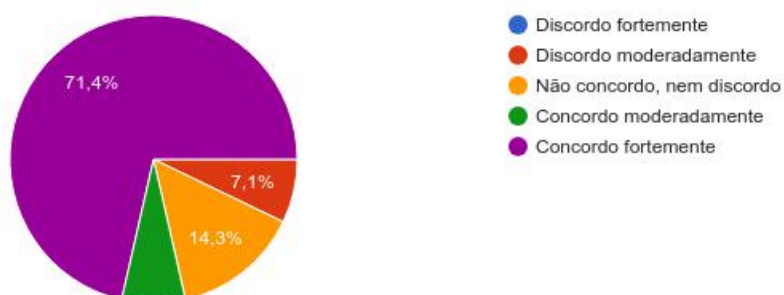


Figura 40 – Resposta do formulário de avaliação: Aprendizado

Apreendi ou reforcei o aprendizado de conceitos que considero importantes para o meu ensino

[Copiar](#)

14 respostas

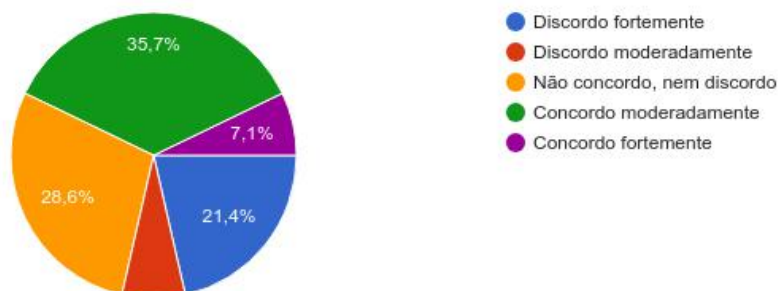


Figura 41 – Resposta do formulário de avaliação: Tutorial

O jogo ensinou-me a jogar através de um tutorial ou manual, permitindo um domínio dos controles, antes de se tornasse desafiador.

[Copiar](#)

14 respostas

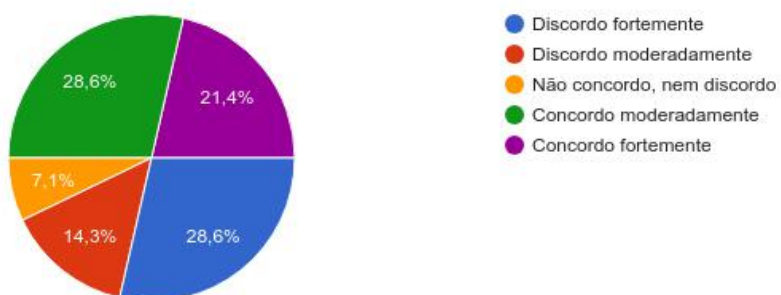


Figura 42 – Resposta do formulário de avaliação: Resolução

O jogo se ajustou ao tamanho da tela do meu dispositivo, mantendo a nitidez da imagem.

 Copiar

14 respostas

