

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA**

Adaptação para Ambiente VR Jogo de Tabuleiro "Aventura na Trilha Lagoa da Mata"

Relatório técnico

Equipe de desenvolvimento:

Andressa dos Santos Oliveira

(Graduação em Ciências da Computação – CEFET/RJ)

Luíz André de Souza

(Graduação em Ciências da Computação – CEFET/RJ)

Joel André Ferreira dos Santos

(Escola de Informática & Computação – CEFET/RJ)

Leonardo de Bem Lignani

(Coordenação de Biologia – CEFET/RJ)

**Rio de Janeiro
Dezembro de 2024**

SUMÁRIO

Sumário

1. Introdução	7
1.1 Objetivos.....	7
1.2 Metodologia.....	8
2. Fundamentação Teórica.....	10
2.1 Bioma Amazônico	10
2.2 Educação Ambiental	10
2.3 Jogos Didáticos	11
2.4 Fotogrametria.....	12
3. Trabalhos Relacionados	13
4. Jogo original “Trilha Lagoa da Mata”	15
4.1 Objetivos do Jogo.....	15
4.2 Objetos do jogo	16
4.3 Mecânica do jogo	18
5. Jogo “Trilha Lagoa da Mata”: Versão em Realidade Virtual	19
5.1 Mecânica da versão TLM-V2	21
5.2 Objetos do jogo virtual.....	22
5.3 Pontuação.....	24
5.4 Movimentação	24
5.5 Jogadores	25
5.6 Mediador.....	26
5.7 Tempo	26
5.8 Acessibilidade.....	27
5.9 Pontos e Fim de jogo	28
5.10 Ambientes virtuais	29
5.11 Virtual X Real	29
6. Estado Atual do Trabalho	31

Referências Bibliográficas.....33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Tabuleiro	12
FIGURA 2:	Carta Desafio e Carta de Ação	12
FIGURA 3:	Recriação na Trilha Lagoa da Mata Versão 2 (TLM-V2) da ponte presente na região de lagoa da trilha.	15
FIGURA 4:	Mapa do tabuleiro da primeira versão do jogo em RV.	15
FIGURA 5:	Mapa do tabuleiro da segunda versão do jogo em RV	16
FIGURA 6:	Flor de Carajás após a fotogrametria	17
FIGURA 7:	Carta Desafio Correta	18
FIGURA 8:	Pontos de Teletransporte	20
FIGURA 9:	Área com conjunto de pontos de exploração	20

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Dificuldade x Relevância	19
TABELA 2:	Cronograma de desenvolvimento da dissertação	27

LISTA DE ABREVIACOES

FLONA Floresta Nacional	vi, vii, 2, 5, 10
RV Realidade Virtual	vi, x, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 20, 21, 24, 25
TLM-V2 Trilha Lagoa Da Mata Versão 2	x, 2, 14, 15, 16
TLM-V1 Trilha Lagoa Da Mata Versão 1	3, 14

1. Introdução

Com sua origem pouco conhecida, a expressão Realidade Virtual (RV) é citada pela primeira vez por Antonin Artaud na peça “O Teatro Alquímico” do livro *“Le Théâtre et son Double”*, em 1938. Este termo é entendido como uma extensão da criatividade, como o teatro, que não é palpável e compreende-se como uma outra realidade, tão vívida e consciente quanto a que vivemos, apesar de ser subjetiva [Artaud, 1938].

O conceito que possuímos atualmente sobre RV é similar ao modo em que esta é retratada no livro, compreendendo-se como algo que excede o mundo físico [Artaud, 1938]. Isso traz uma gama de benefícios para a sociedade, como poder se conectar e interagir com outras pessoas à distância, aprender sobre diversos assuntos utilizando-se de uma outra perspectiva e de modo imersivo [Cecotti et al., 2024]. Traz também a possibilidade de realizar treinamentos, como para cirurgias de alto nível de complexidade [Chan et al., 2024; Cecotti et al., 2024; Zhang et al., 2022].

Essa utilização só é possível quando combinada com as técnicas e equipamentos corretos. Com os recursos que dispomos atualmente, é possível utilizar a RV em conjunto com estímulos multissensoriais para recriar diferentes situações em um ambiente controlado, o que reduz consideravelmente o risco na atividade desenvolvida [Chan et al., 2024; Luo et al., 2024]. Pode-se reunir pessoas de diferentes regiões e reproduzir elementos que só podem existir de forma virtual (como animais que entraram em extinção) e traz a possibilidade de obter experiências que combinam aprendizado, diversão e segurança [Cecotti et al., 2024; Papadopoulou et al., 2024; Jones et al., 2023; Kowalski et al., 2023].

A RV é capaz de unir a vontade e a curiosidade das pessoas com sua capacidade de realizar feitos não antes possíveis no ambiente real. Pretendemos neste projeto utilizar estes recursos para permitir às pessoas aprender sobre questões ambientais (especialmente associadas ao bioma Amazônico). Consideramos que a educação ambiental é fundamental para manutenção da vida no planeta. Incentivar boas práticas e noções de sustentabilidade é crucial para um maior cuidado com o planeta em que vivemos, ainda mais tendo em vista os impactos ambientais existentes (ex. mudanças climáticas). [Manik et al., 2022; Srivastava, 2021]. A RV pode ter um grande impacto neste processo de aprendizagem, tornando-o mais dinâmico e divertido.

1.1 Objetivos

O presente projeto tem como objetivo elaborar uma versão em RV para o jogo de tabuleiro

“Aventura na Trilha da Lagoa da Mata”, desenvolvido pela equipe do Laboratório de Limnologia da UFRJ. O jogo original é baseado na trilha *Lagoa da Mata*, localizada na FLONA de Carajás [Guimarães et al., 2022; da Silva et al., 2021]. A versão em RV do jogo (doravante chamado de TLM) foi desenvolvida com a intenção de aprimorar a imersão do jogador, integrando características presentes na trilha para fazê-lo ter uma experiência mais próxima da realidade.

1.2 Metodologia

O ambiente virtual objeto deste trabalho foi desenvolvido para uma experiência em 6DoF (“*Six degrees of freedom*”), em que a interação do jogador com o ambiente e seus respectivos movimentos são fundamentais. Partindo deste princípio, para desenvolver o ambiente em realidade virtual RV foi utilizado o Framework Unity 3D e, para a conexão entre jogadores, o nodeJS.

O unity 3D possui ferramentas que permitem uma construção simplificada do ambiente virtual, necessitando apenas dos objetos 3D. Os objetos foram divididos em dois tipos, os simples, que foram retirados da própria loja do Unity 3D, e os específicos, dos quais foram feitos a partir da fotogrametria dos objetos reais.

A fotogrametria consiste em recriar objetos reais a partir de fotos dos mesmos. Através de um processamento de software, o objeto é recriado de forma virtual seguindo a correspondência entre imagens do mesmo objeto, comparando todas as similaridades entre as fotos para criar uma malha geométrica, que corresponde ao formato do objeto, e uma textura, que retrata seus detalhes e suas respectivas cores [Holuša et al., 2023].

Com o ambiente construído, foi necessário desenvolver os conceitos de jogabilidade e mapear onde estaria o maior interesse do jogador e como proporcionar um melhor aprendizado de forma dinâmica, com cartas, pontos e com o design do ambiente.

Para compor esses conceitos foram realizadas reuniões com educadores e os desenvolvedores do jogo de tabuleiro original. A partir das informações coletadas, pudemos identificar os requisitos e objetivos com maior clareza e construir protótipos para validar as funcionalidades esperadas e averiguar potenciais requisitos não atendidos.

Após a criação dos protótipos, foi desenvolvida a primeira versão virtual do jogo, que contava com um ambiente virtual elaborado de acordo com um tabuleiro em escala real onde o jogador passaria por todas as regiões da trilha conforme se seguia o jogo pelo tabuleiro.

A proposta do Trilha Lagoa da Mata Versão 1 (TLM-V1) era criar um ambiente virtual que pudesse ser utilizado com facilidade em diversos lugares sem necessitar dos objetos do jogo de tabuleiro propriamente dito, apenas utilizando o óculos de RV. Nesta versão, contamos

com estímulos visuais e sonoros em um ambiente virtual, que se estende a um pouco mais do tamanho do tabuleiro e elementos como cartas interativas, trazendo uma jogabilidade próxima ao jogo de tabuleiro.

Para trazer elementos que despertassem o interesse do jogador e simultaneamente atendesse a proposta relacionada ao aprendizado na RV, foi necessário mapear a forma que os jogadores se comportavam durante o andamento do jogo de tabuleiro. Esse mapeamento foi realizado através de relatos da equipe do Laboratório de Limnologia da UFRJ, que foram fundamentais para entender as características de cada versão do jogo, assim como suas limitações e diferenças.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Bioma Amazônico

A partir da segunda metade do século XX, o crescimento exponencial de atividades econômicas produziu maior demanda de recursos e gerou uma série de consequências para o meio ambiente, como o aumento da emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera e a contaminação de corpos d'água através do descarte de resíduos [Nicole M. Ardoin and Holthuis, 2018]. O cenário não é diferente no Brasil, que apesar de ainda possuir parte significativa da maior floresta tropical do mundo, ainda sofre constantemente com os problemas derivados do desmatamento e poluição.

O bioma amazônico detém o maior conjunto de ecossistemas do planeta e conta com uma grande variedade de espécies de plantas e animais. Por esses motivos, uma grande parte do bioma amazônico é objeto de estudos e pesquisas [Frederico D. Martins, 2012].

Uma das políticas adotadas para aumentar a proteção do bioma amazônico é a criação de áreas protegidas, o que contribui para reduzir índices de desmatamento e queimadas. Dentre as áreas protegidas estão as Unidades de Conservação, regidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Florestas Nacionais (FLONA) são tipos de Unidades de Conservação de Uso Sustentável, tipologia de unidade que objetiva compatibilizar a conservação com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. A FLONA de Carajás é uma das unidades de conservação encontradas no bioma amazônico, procurando conjugar a proteção à biodiversidade, mas permitindo o acesso de visitante de acordo com o plano de manejo [Daniele Cristina Pries Staut, 2016; Frederico D. Martins, 2012; Soares et al., 2021].

2.2 Educação Ambiental

Conforme apresentado na Seção 2.1, as unidades de conservação são necessárias para proteger a biodiversidade e o ecossistema de um local, tendo em vista as necessidades ambientais e ecológicas. Com essas considerações, é possível perceber a necessidade de uma educação

acerca desses assuntos para que a harmonia do ecossistema permaneça [Marianne E. Krasny, 2010; Nicole M. Ardoin and Holthuis, 2018].

A educação ambiental pode se dar de diversas maneiras, desde aulas do método tradicional, até em artes manuais, como artesanato com materiais recicláveis. Desse modo, a tecnologia pode ser fundamental no desenvolvimento de novas formas de educação [López García et al., 2017; Zhang et al., 2022].

A tecnologia na educação pode ser vista desde um complemento às maneiras tradicionais de aprendizado, como os projetores, até maneiras mais complexas, como jogos em realidade virtual e aumentada [López García et al., 2017]. Outra categoria presente na educação via tecnologia são os jogos educacionais.

2.3 Jogos Didáticos

Saber adaptar o método de aprendizado, deixando-o mais lúdico e dinâmico, é essencial quando se trata de despertar o interesse para um determinado assunto. Tratando-se de engajar o público, os jogos têm suas virtudes e saber usá-las pode diferenciar um interesse a longo prazo de um a curto prazo.

Dentre a categoria de jogos educacionais podemos citar os jogos de tabuleiro convencionais, como o jogo quest, da Grow Jogos e Brinquedos Ltda ©, que ensina assuntos gerais por meio de um jogo de perguntas e respostas, deixando o jogador cativado pela competitividade entre os jogadores.

Os jogos virtuais utilizam uma didática diferente, variando entre suas formas de apresentação. Esses jogos podem ser encontrados na forma de jogos 2D, 3D, realidade aumentada, RV e mista. Cada forma de apresentação possui suas peculiaridades e cabe ao desenvolvedor, juntamente com um educador decidir qual forma atende melhor aos seus objetivos [López García et al., 2017; Tennakoon et al., 2023].

Os jogos em realidade aumentada são relevantes na união entre o que está sendo ensinado e onde e como essas informações encontram-se no mundo real, facilitando o entendimento por parte do usuário em como suas ações impactam o mundo ao seu redor, trazendo elementos virtuais ao mundo real. [López García et al., 2017; Tennakoon et al., 2023].

Dentre os tipos de jogos virtuais, os em RV são diferentes dos outros na forma de interação, trazendo uma realidade diferente ao usuário, tornando possível que este desenvolva diversos tipos de habilidades sem muito esforço, por meio de equipamentos externos, como o óculos e

os controles [López García et al., 2017; Zhang et al., 2022; Chang et al., 2020].

A Realidade mista é a forma de apresentação de jogos virtuais que combina os aspectos das realidades virtual e aumentada. Ao utilizar este método para viabilizar o aprendizado, unindo aspectos do mundo real ao virtual, deixa-o mais intuitivo e promovendo o envolvimento do jogador. [López García et al., 2017].

2.4 Fotogrametria

A fotogrametria é o método mais eficaz de trazer elementos do mundo real ao mundo virtual. Ele funciona por meio do processamento de um conjunto de fotos retiradas do objeto de interesse. O software de processamento de fotogrametria cria malhas a partir de uma correspondência entre similaridades das fotos [Kowalski et al., 2023] que podem ser utilizadas para criação de objetos 3D em uma aplicação de RV.

Cada software de processamento de fotogrametria poderá fazer esse processamento de diferentes formas. Uma delas seria transformar as fotos em matrizes e buscar similaridades entre as mesmas, outra seria buscar padrões por secção de cores das fotos. Quando esses padrões são encontrados, o software reúne as informações através de triângulos, separando o objeto principal de suas texturas e cores [Holuša et al., 2023; Kowalski et al., 2023].

Após o processamento, o usuário terá uma visualização prévia do objeto. Caso a quantidade de fotos enviadas não tenham sido suficientes para criá-lo com uma definição adequada, o usuário poderá adicionar mais fotos ou reparar o objeto, esta última requer conhecimento prévio. A escolha do formato de exportação do objeto impactará em sua utilização, como o formato da malha, das cores, dentre outros atributos do objeto [Holuša et al., 2023; Kowalski et al., 2023].

3. Trabalhos Relacionados

Fazer com que o usuário absorva o conteúdo ministrado em um tempo razoável, ao passo que este mantenha-se motivado a buscar conhecimento é uma tarefa árdua. Mesmo com os recursos da RV, é necessário analisar qual técnica se adéqua à atividade proposta. Visando entender o estado da arte na educação ambiental implicada pela RV, foram realizadas buscas no acervo da Elsevier. As buscas foram realizadas entre abril de 2024 e agosto de 2024.

Na busca foram utilizadas as *strings* de busca:

learning^reality^virtual

learning^in^reality^virtual^board^games

reality ^virtual^importance^environment^learning

Como critério de inclusão foram considerados os trabalhos publicados nas áreas *computer science* e *earth and planetary Sciences*. Os resultados obtidos foram ordenados por número de citações, sendo consideradas as referências de maior relevância. Após selecionarmos os trabalhos que se aproximam da nossa proposta, foi necessário observar a forma em que o conteúdo era apresentado, a capacidade de absorção desses conteúdos atrelado ao método utilizado e comparar com nosso trabalho.

Chang et al. [2020] apresentam um ambiente utilizando a RV para auxiliar no aprendizado em pares. A técnica utilizada consiste em dividir a turma em pares e revezar em avaliador e avaliado, onde o avaliador fornece pensamentos e opiniões e o avaliado decide se aceita a opinião e modifica o trabalho de acordo com as mesmas. A técnica acima consiste em um ambiente virtual onde o design será realizado pelo avaliado e pelo avaliador em conjunto, e eles deverão fazer o ambiente virtual de acordo com o que foi aprendido anteriormente. Após a criação do ambiente, deverão desenvolver perguntas e respostas, fazendo com que seus pares respondam as perguntas, armazenando as respostas corretas para o professor verificar o aprendizado do aluno. Ou seja, nessa técnica o aprendizado é obtido através da criação do ambiente, design e questionário desenvolvido por um integrante do par e respondido pelo remanescente.

Sandamas et al. [2009] apresentam um outro modo de gerar um aprendizado mais efetivo em um estudo realizado com crianças de 7 e 8 anos. Neste estudo, foram realizados testes com equipamentos de realidade virtual para tarefas de organização de objetos no ambiente. Cada participante teve direito a duas tentativas, onde eles utilizaram o ambiente virtual duas vezes e o reconstruíram no espaço real em cada ocasião usando o plano e os modelos descritos.

As crianças foram divididas em dois grupos, onde o grupo 1 seria ativo no ambiente e poderia interagir com o mesmo e o grupo 2 veria um filme de alguém interagindo com o ambiente virtual. Em resultado, foi constatado que interagir com o ambiente trouxe um ganho significativo quando comparado com apenas a visualização do ambiente, e foi demonstrado que, enquanto a variação de tempo em que a criança via o filme interferiu pouco nos experimentos, essa mesma variação de tempo com a criança interagindo com a RV trouxe um ganho significativo, de quase o dobro de acerto.

Šašinka et al. [2019] criaram um ambiente virtual colaborativo com o intuito de auxiliar no aprendizado sobre geografia. O ambiente criado consiste em um jogo de tabuleiro colaborativo em que os jogadores são divididos em grupos e os membros de cada grupo deverão fazer tarefas, envolvendo um mini tabuleiro em realidade virtual, que muda conforme as interações dos usuários. O objetivo é colocar bandeiras de sinalização ao longo do tabuleiro para chegar ao fim da fase, seja para sinalizar tipos de relevo, locais de enchente, dentre outros. A avaliação desse projeto demonstrou que o aprendizado gamificado expandiu o conhecimento dos alunos muito rapidamente, e fez com que o interesse deles por aprender jogando de forma dinâmica fosse muito maior.

Em comparação com outras técnicas de ensino, nosso trabalho desenvolve um tabuleiro em larga escala no formato de trilha, com aspectos vívidos da mesma e aspectos de gamificação de um jogo de tabuleiro. Neste trabalho utilizamos a união de diversas técnicas aplicadas nos trabalhos citados acima, como a validação das perguntas, a interação com os objetos do ambiente para aprendizado e a união da interação do ambiente com a visualização de imagens e vídeos 360° para proporcionar mais elementos de aprendizado.

Diferentemente dos trabalhos citados, neste projeto contamos com uma movimentação mais dinâmica, lúdica e otimizada. Para interagir com o ambiente virtual é necessário que o jogador se locomova pelo tabuleiro, ao invés de executar as ações parado ou somente pelo *joystick*. A competitividade é apresentada no decorrer do jogo, uma vez que é necessário interagir com o ambiente para absorver melhor o conteúdo apresentado e, conseqüentemente, ganhar a partida.

4. Jogo original “Trilha Lagoa da Mata”

A FLONA de Carajás é uma Unidade de Conservação situada na Amazônia, no estado do Pará. Ela desempenha um importante papel na conservação da biodiversidade, garantindo habitat para diversas espécies de animais e plantas em risco de extinção.

A trilha lagoa da mata é uma das trilhas presentes na FLONA de Carajás, que possui uma biodiversidade única. Nela estão contidos diferentes tipos de ambientes, que variam entre região de floresta, região de canga e região de lagoa. Esta última é sazonal, ou seja, a lagoa fica aproximadamente seis meses com um nível de água razoável, criando um ecossistema diferente dos outros seis meses, que estará seca [Soares et al., 2021; da Silva et al., 2021].

A biodiversidade da FLONA de Carajás inclui espécies como o anfíbio *Amphisbaena amazonica*, a ave *Harpia harpyja* e a flor de carajás (*Ipomoea Cavalcantei*) que atualmente estão em risco de extinção. Sendo a flor de carajás uma flor endêmica da região, devido ao seu solo ferruginoso [Frederico D. Martins, 2012; Daniele Cristina Pries Staut, 2016].

Devido as suas características únicas e tendo em vista a degradação do meio ambiente, que ocorre muitas vezes por interferência humana como o desmatamento e a exploração de minérios, ensinar sobre essa região e estimular o interesse acerca dos assuntos ambientais se torna necessário para a melhora de vida a longo prazo. Para isso foi desenvolvido o jogo de tabuleiro da trilha lagoa da mata.

4.1 Objetivos do Jogo

O jogo de tabuleiro desenvolvido pela equipe do Laboratório de Limnologia da UFRJ (conduzido pela prof^a Laise Freire) tem como objetivo estimular a percepção de características presentes na trilha, apresentar informações sobre atividades exercidas na FLONA, sobre os diferentes ambientes encontrados e sobre os povos indígenas que habitam a região. A proposta do jogo de tabuleiro é promover o aprendizado enquanto o usuário se diverte, seja na interação entre os jogadores ou destes com os diversos elementos presentes no jogo.

4.2 Objetos do jogo

O tabuleiro e as cartas são os objetos principais (mas não os únicos) que compõem o jogo. Cada um dos objetos que compõem o jogo de tabuleiro trazem informações sobre a trilha, seja por sua história agregada ou pelas curiosidades que eles trazem.

O tabuleiro é impresso em lona para ser disposto no chão e utiliza os próprios jogadores como peões. No tabuleiro estão presentes casas com informações ou com a indicação para acessar algum dos dois tipos de cartas presentes no jogo. O tabuleiro também conta com desenhos e figuras por toda sua extensão, auxiliando no processo imaginativo e trazendo mais ludicidade, como visto na Figura 1. Na medida em que percorrem as casas, os jogadores vão interagido com o mediador do jogo e entre si.

Na Figura 2 pode-se observar um exemplo de Carta Desafio que fará com que o jogador tenha que responder a sua pergunta, onde a sua resposta lhe dará castanhas que são usadas como pontuação. Essas perguntas variam entre temas específicos sobre trilha e perguntas gerais ecologia e conservação ambiental. Podemos ver um exemplo de Carta Ação, a qual traz uma informação e uma ação a ser realizada pelo jogador (ex. como imitar um animal, jogar novamente e ações envolvendo objetos de jogo, como usar o colar de miçangas).

O colar de miçangas determinará quem não poderá jogar. Ele serve como um distintivo que marca o jogador que deverá ficar de uma a duas jogadas sem se movimentar pelo tabuleiro.

No jogo de tabuleiro, o mediador tem papéis bem definidos. O mediador será responsável por guiar o processo de aprendizado do jogo, apresentando o conteúdo das cartas selecionadas, passar informações relevantes acerca do tema e tirar respectivas dúvidas dos jogadores. Portanto, é necessário ter conhecimentos prévios sobre a temática para poder assumir esse papel.



Figura 1: Tabuleiro

Fonte: Equipe do Laboratório de limnologia - UFRJ

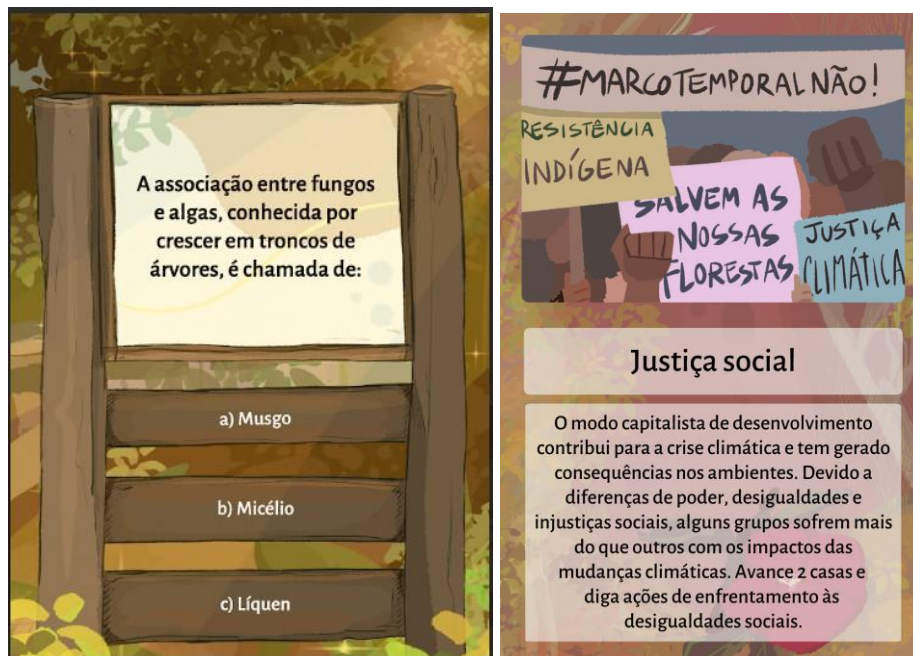


Figura 2: Carta Desafio e Carta de Ação

Fonte: Equipe do Laboratório de limnologia - UFRJ

O mediador também é responsável por manter o interesse dos jogadores ao longo da partida, isto é, será ele quem mudará o ritmo da partida, acelerando-a ou desacelerando-a caso necessário. É o mediador que estabelece a relação dos jogadores com o jogo, propondo a dinâmica da partida, verificando respostas, auxiliando no processo de imaginação dos conceitos apresentados. Em resumo, é responsável direto para que o potencial pedagógico seja realizado.

4.3 Mecânica do jogo

Os pontos do jogo são bonificações dadas pelo mediador, que podem variar entre responder perguntas corretas ou realizar as ações do jogo corretamente. Por ser um jogo colaborativo, as castanhas contam como uma métrica de aprendizado da partida, ou seja: se houver mais castanhas em uma partida, se comparado a outra, o aprendizado coletivo foi maior. Esses pontos são recebidos individualmente, mas podem ser realizadas atividades ao longo do jogo que façam com que o jogador tenha que distribuir seus pontos entre os jogadores da partida, ensinando também sobre compartilhar.

Ao contrário de um jogo de tabuleiro tradicional, quando mais tempo os jogadores permanecerem na trilha, maior oportunidade terão de pontuar (ie. Coletar mais castanhas). Desta forma, chegar rápido ao final das casas não configura uma vantagem.

O tempo de jogo pode ser também influenciado pela dinâmica estabelecida pelo mediador. Caso este perceba certa dispersão ou perda de interesse dos participantes, o mediador poderá fazer uma escolha mais assertiva das Cartas Desafio e das Cartas Ação a serem realizadas pelos jogadores. Normalmente o jogo poderá durar mais de uma hora.

O fim de jogo acontece quando todos os jogadores atingem a casa final, passando por todo o tabuleiro. Será nesse momento que os jogadores contabilizarão seus pontos e irão debater sobre o aprendido.

5. Jogo “Trilha Lagoa da Mata”: Versão em Realidade Virtual

O objetivo deste projeto foi elaborar uma versão em Realidade Virtual do jogo “Trilha da Lagoa da Mata”, propondo a imersão do jogador em um ambiente dinâmico e lúdico, com diversos elementos visuais e característicos da trilha.

A criação de ambientes virtuais representativos do jogo de tabuleiro e da trilha permite abordar diversos tipos de jogabilidade e de formas de ensino e imersão. Neste projeto, duas versões do jogo foram criadas, com distintos ambientes virtuais e características de interatividade. A 1ª versão (doravante chamada de *TLM-V1*) abordava o ambiente virtual focado no tabuleiro, desenvolvendo uma ambientação em torno do mesmo, como pode ser visto na figura 4. Já na 2ª versão em Realidade Virtual do jogo Trilha Lagoa da Mata (doravante chamada de *TLM-V2*), como vista na figura 5, abordamos a gamificação de um ambiente representativo da trilha, sem perder os aspectos de um jogo de tabuleiro, mas sem limitar-se ao seu formato e *design*.

Acreditamos que ao trazer o jogo de tabuleiro para o ambiente virtual, possibilitaremos a inserção de diversos elementos que possibilitem dinamismo e liberdade de ação aos jogadores – os quais poderão explorar um ambiente virtual caracterizado com objetos da vida real. Dentre esses elementos podemos citar os efeitos sonoros (como som de pássaros), vídeos e imagens do ambiente retratado e cartas interativas. Procuramos explorar aspectos característicos da trilha através de um ambiente imersivo, como a ponte presente na Lagoa, representada no ambiente virtual através de um objeto que permite que o jogador a atravesse como uma ponte virtual, trazendo essa proximidade ao mundo real, como visto na Figura 3.

Detalharemos a seguir a versão *TLM-V2*. Nela procuramos explorar as características acima mencionadas, mantendo os objetivos de educação ambiental presente no jogo original.



Figura 3: Recriação na TLM-V2 da ponte presente na região de lagoa da trilha.



Figura 4: Mapa do tabuleiro da primeira versão do jogo em RV.



Figura 5: Mapa do tabuleiro da segunda versão do jogo em RV

5.1 Mecânica da versão TLM-V2

Para elaborar um ambiente virtual, onde um dos objetivos é despertar a consciência ambiental nos jogadores, é importante desenvolver o interesse das pessoas. A forma de apresentação do conteúdo, disposição dos objetos na cena, assim como suas características são fundamentais para manter o engajamento dos jogadores por toda a partida [da Silva et al., 2021].

Como a proposta do ambiente virtual é trazer maior autonomia na exploração, acreditamos não ser essencial a figura do mediador. O jogo em sua versão TLM-V2 agora é retratado em formato de trilha, com as casas do tabuleiro representadas por ladrilhos na trilha e as atividades designadas nas Cartas de Ação (como indicar a exploração a ser realizada) sendo validadas durante a realização da mesma. Para garantir maior dinâmica, entendemos ser necessário trazer certa competitividade como uma adaptação ao jogo de tabuleiro.

Para incentivar a exploração do ambiente por parte do jogador e aumentar sua imersão, foram escondidos alguns objetos presentes na própria trilha, obtidos por meio da fotogrametria. Encontrar esses objetos, ou acertar as questões dispostas nas Cartas de Desafio, fará com que o jogador pontue mais, estimulando o aprendizado do jogador de forma vívida.

Outras adaptações, como a criação dos objetos presentes na trilha citado acima, foram necessárias para criar o ambiente virtual. Dentre elas, a modificação das cartas presentes no

jogo de tabuleiro, que anteriormente se encontravam em formato de imagem, sendo necessário transformá-las em objetos virtuais.

5.2 Objetos do jogo virtual

Os objetos de jogo são os elementos que compõem o ambiente virtual, podendo ou não ser interativos e gerar pontos com base em sua interação. Neste projeto, os objetos foram retirados da *Unity Asset Store*, com exceção dos criados a partir da fotogrametria de elementos presentes na trilha. Os objetos retirados da fotogrametria estão presente principalmente na forma de objetos interativos. Dentre os objetos criados podemos citar a flor de carajás, como pode-se observar na figura 6, que é uma flor característica da região de canga.

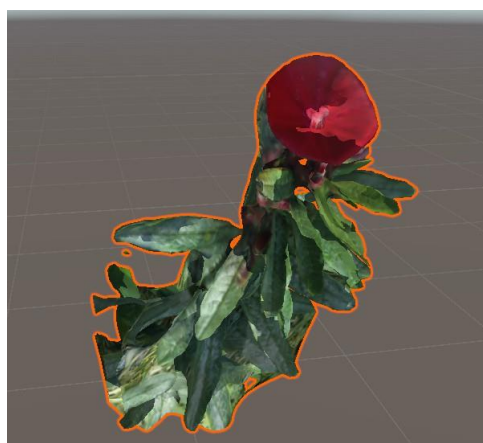


Figura 6: Flor de Carajás após a fotogrametria
Fonte: Ambiente Virtual

A Figura 1 mostra o tabuleiro criado originalmente, onde, para os jogadores se movimentarem, precisariam agir como peões, parados em suas respectivas casas até que haja um movimento a ser feito. Neste tabuleiro, além das casas dinâmicas e comuns, isto é, casas em que o jogador interage com outros jogadores e elementos do jogo, e casas em que o jogador não possui ações, respectivamente, há também desenhos e elementos visuais para trazer proximidade do jogador à trilha.

As casas dinâmicas, demarcadas com desenhos no tabuleiro, apresentam dois tipos de cartas. As cartas de curiosidade e desafio que trazem, respectivamente, informações e perguntas acerca do bioma da trilha e das atividades que são exercidas localmente. No jogo de tabuleiro, a leitura dessas cartas é realizada pelo mediador, no ambiente virtual as cartas aparecem em frente ao jogador, no momento em que este posiciona seu peão sobre a casa, para que possa ler e interagir com as mesmas.

As cartas, como pode-se observar na Figura 2, trazem informações e interações valiosas para o jogador. As cartas desafio, são cartas de perguntas que valem pontos para o jogo e trazem questões acerca dos assuntos abordados e vistos ao longo da partida, sejam nas próprias cartas desafio e de ação ou pela exploração do ambiente virtual. Já as cartas de Ação, são cartas com informações sobre o meio ambiente, com informações únicas da trilha e ensinamentos comuns sobre o meio ambiente. Estas cartas também podem trazer ações para o jogador, como solicitar que este imite um animal, divida seus pontos com os outros jogadores, ou no caso das cartas de ação virtuais, pedir que o jogador procure por um objeto na cena ou recolha um lixo na trilha.

Como citado anteriormente, no ambiente virtual, as cartas são interativas. Para que o jogador possa responder às questões apresentadas é necessário que o mesmo toque na opção que deseja marcar. Como podemos observar na Figura 7, caso a resposta esteja correta é aplicado uma tonalidade de verde na carta em questão, sinalizando ao jogador, caso a resposta esteja incorreta a carta apresenta uma tonalidade de vermelho.



Figura 7: Carta Desafio Correta

Fonte: Ambiente Virtual

Para construir o ambiente virtual, foram utilizados dois tipos de objetos, os objetos de ambiente e objetos explorativos. Os objetos de ambiente são objetos que compõem o cenário, como as árvores, arbustos e pedras, e os objetos explorativos são aqueles que o jogador pode ter algum nível de interação e geram pontuação. Essa pontuação obtida a partir da interação com os objetos está condicionada à dificuldade para encontrar esse objeto e sua relevância, isto é, se o objeto é uma representação de um elemento endêmico da trilha ou está a beira da extinção, por exemplo. Além disso, os objetos explorativos, quando acometidos de interação mostram placas

de informações sobre o objeto, o ambiente em que este se encontra ou alguma curiosidade local.

5.3 Pontuação

O jogador pode obter pontos durante a partida de duas maneiras: ao responder Cartas Desafio corretamente ou ao encontrar objetos na trilha através da exploração do ambiente virtual. Os pontos por responder corretamente uma Carta Desafio é de 200 pontos, tendo em vista a importância de seguir a trilha e jogar o jogo principal. Caso responda incorretamente não há punições. Os pontos por exploração, seguem uma relação entre dificuldade e relevância, em níveis de 1 a 3. A dificuldade representa a dificuldade em encontrar o objeto no ambiente virtual, e a relevância se refere a importância relativa ao item, seja para o aprendizado ou para prosseguir melhor no jogo. A pontuação considerando a dificuldade e relevância é definida na Tabela 1.

Tabela 1: Dificuldade x Relevância

Dificuldade \ Relevância	1	2	3
	1	10	30
2	30	50	70
3	60	80	100

5.4 Movimentação

Durante o jogo, os jogadores deverão se mover para explorar o ambiente virtual. Essa movimentação se dá de uma combinação de maneiras, reduzindo o tamanho total do espaço real para se jogar.

A intenção é fazer com que o jogador se movimente também no mundo real, utilizando a área de um círculo como objeto de exploração, representado na Figura 8 e que haja pontos a cada 45° do raio do círculo para onde o jogador poderá se mover, via teletransporte, a partir do centro.

Isto significa que, o jogador poderá explorar toda área deste círculo. Uma vez que esteja no centro do mesmo, aparecerão pontos de teletransporte ao longo do raio do mesmo para onde o jogador se teletransportará. Dessa forma, o jogo atualiza a área de exploração do jogador.

O objetivo é limitar o campo para que o jogo possa ser jogado com a mínima área física possível. Isso sem limitar a exploração e incentivar a movimentação do jogador ao longo da

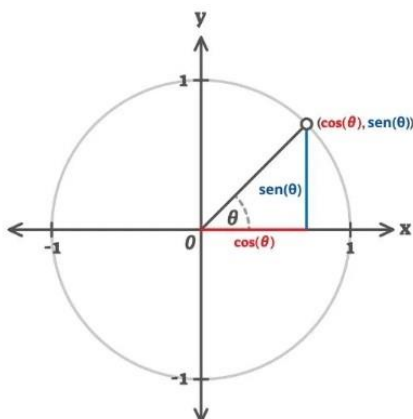


Figura 8: Pontos de Teletransporte

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/funcoes-trigonometricas-1.htm>

área de exploração, permitindo uma exploração assertiva e possibilitando um ambiente virtual com uma extensibilidade muito maior do que o ambiente real nos oferece. Um exemplo de um conjunto de pontos de exploração pode ser visto na Figura 9.

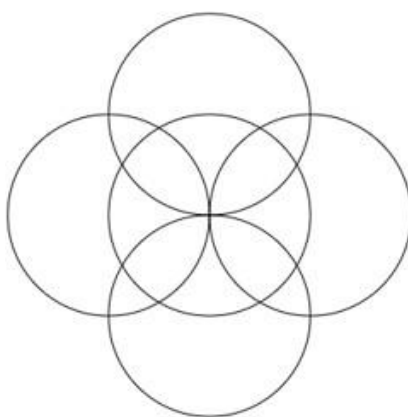


Figura 9: Área com conjunto de pontos de exploração

5.5 Jogadores

Como o jogo de tabuleiro usa as pessoas como peões, é possível observarmos que além do contato uma com as outras, a proximidade delas também ocorre. Infelizmente esse contato humano se perde quando se joga o jogo virtual.

O jogo real une os jogadores através de cartas de ação, jogabilidade e através do ambiente e do mediador. Ao trazer o tabuleiro para a RV, percebemos que esse contato e conexão criados seria perdido. Pensando neste problema, foram criadas contra-medidas para minimizar essa perda.

Dentre as contra-medidas possíveis, escolhemos os mini games colaborativos, isto é, ações dentro do jogo dos quais todos os jogadores interagem com os mesmos objetos, eventualmente interagindo entre si. Um exemplo de mini game seria um quebra-cabeças colaborativo, onde as peças estariam espalhadas pelo cenário.

5.6 Mediador

A existência de um mediador é um aspecto fundamental no jogo de tabuleiro físico, pois além de participar ativamente no jogo, o mesmo também tem o papel de fazer os participantes interagirem e influenciar na dinâmica da partida quando necessário. A versão virtual não conta com a presença do mediador.

Para suprir a ausência do mediador, a adaptação para RV trouxe consigo uma automaticidade não antes presente no processo de gamificação. A versão virtual conta com informações dinâmicas ao longo da interação com o ambiente virtual e a verificação das respostas e das interações de forma automatizada.

Uma figura equivalente ao mediador aparecerá na versão virtual no pré jogo, onde acontece a apresentação do jogo e os objetivos são explicados (como a coleta de pontos e a aparição de informações). Ao final da partida (no pós jogo), sugerimos a presença de um professor disposto a sanar dúvidas remanescentes acerca das informações vistas ao longo da partida e ao se analisar as respostas e taxas de acerto e erro dos jogadores, tal como seus respectivos pontos.

Em resumo, entendemos que o papel do mediador deve aparecer indiretamente na construção da versão virtual do jogo. Para atingir este objetivo, realizamos reuniões com a equipe do Laboratório de Limnologia da UFRJ buscando compreender como a figura do mediador poderia ser realocada. Tendo em vista essas informações, não negligenciamos a importância do mediador, mas foi necessário repensar sua presença a fim de automatizar processos, tornando-o parte do processo de criação.

5.7 Tempo

Tendo em vista a automatização dos processos do jogo que a realidade virtual nos proporciona, o tempo de jogo dependerá apenas do número de jogadores, uma vez que a ociosidade do jogador é resolvida com avisos de tempo para que o mesmo volte a trilha e jogue, caso contrário o mesmo perderá sua vez. A ociosidade pode ser devido a desconexão, a exploração do ambiente ou apenas a falta de interesse em seguir a trilha. Isso tudo é capaz de gerar problemas

na hora de seguir o jogo, ainda mais em um ambiente onde o controle desse problema precisa ser mapeado e resolvido na teoria, para poder ser aplicado na prática, um problema que não está presente no jogo real.

O jogo real tem um tempo de jogo com uma variância grande, que dependerá do número de jogadores e das ações que eles terão que realizar, desde ficar sem jogar até imitar algum animal, e quem precisa observar o andamento do jogo é o mediador, ele quem deverá guiar o caminho do jogo, seja por meio das perguntas ou dando dicas sobre como prosseguir.

Como o tempo é relativo ao interesse do jogador, trabalhar de forma a combater o tédio ao mesmo tempo que o jogo é um jogo extenso é algo complexo, pois cada jogador estará jogando da sua maneira, seja no virtual ou no real. No jogo real, o mediador é a pessoa que deverá acelerar o jogo caso ele esteja muito demorado ou monótono, ele deverá colocar perguntas mais fáceis, ações mais rápidas e guiar as pessoas para finalizar o jogo da melhor maneira possível.

No jogo virtual foi utilizado um número maior de diferentes tipos de interação e a verificação dos jogadores para ver se estão ativos para contornar o problema de tempo. O jogo real também conta com uma contagem de pontos que depende do jogador se manter em campo para que ele ganhe mais, fazendo com que o jogador se depare com mais ações que fazem ele voltar casas, aspecto esse que foi retirado no jogo virtual.

5.8 Acessibilidade

No quesito acessibilidade ambos jogos tem suas limitações, apesar da implementação em ambos não terem sido implementadas, é sempre relevante pensar nos conceitos de acessibili-

dade. Para a versão virtual, a acessibilidade se estende para as deficiências visual, auditiva e motora (desde que tenha movimento dos braços), sendo resolvidas da seguinte maneira:

Visual

Com efeitos sonoros ao longo de todo o ambiente virtual, com as informações lidas e movimentação fundamentalmente sendo realizada por *joystick* para melhorar a interação dos jogadores e fazer com que tenham acesso a todo tipo de informação presente no ambiente virtual.

Auditiva

Como o ambiente contendo todas as suas informações principalmente visuais, os jogadores que tiverem deficiência auditiva continuarão o jogo normalmente.

Motora

Para a deficiência motora, se envolver mãos e braços o jogo não terá como ser jogado, pois precisaria de movimento para utilizar os controles. Caso contrário, como o caso do movimento inferior do corpo, a movimentação por *joystick* seria uma solução viável para este problema.

No caso da deficiência intelectual o jogo teria que ser pensado para o próprio jogador, não havendo uma solução 100% viável para abordar esse problema, generalizando-o, pois cada pessoa pensa e age de jeitos diferentes, e dependerá da profundidade e da gravidade da deficiência.

Para o jogo de tabuleiro, a acessibilidade é vista de forma diferente, tratando a inclusão de forma mais humana, sendo tratada principalmente pelo mediador, que será o responsável por incluir a respectiva pessoa no jogo da melhor maneira possível.

5.9 Pontos e Fim de jogo

A versão real espera todos os jogadores chegarem ao final do tabuleiro para então finalizar a partida e contabilizar os pontos. Quanto mais tempo os jogadores se mantiverem em jogo, mais pontos ganharão. Na versão virtual, quando um dos jogadores chegar ao final do tabuleiro, todos os jogadores terminarão o jogo.

É importante saber que terminar o jogo primeiro não define o ganhador. No jogo real sendo um jogo colaborativo, todos se ajudam a conquistar mais pontos, logo, a vitória do companheiro também é a sua vitória, e tudo isso se dá pela quantidade de pontos total do grupo. No jogo virtual, apesar de ter sido focado em um modelo mais competitivo, explorar o ambiente e responder perguntas lhe renderão pontos. Portanto, uma exploração mais detalhada

lhe renderá mais pontos.

5.10 Ambientes virtuais

O desenvolvimento da versão em Realidade Virtual necessitou da criação de três ambientes virtuais distintos, os quais permitem respectivamente: (i) conexão dos jogadores, (ii) realização da partida, (iii) término e conexão de jogadores para nova partida.

A primeira sala é a sala de menu, onde é realizado o controle de acesso dos jogadores, efetuando as ações de conexão e alocamento de sala de jogo (onde o jogador cria ou escolhe um ambiente compartilhado apenas com os jogadores que irão jogar com ele), e é por onde os jogadores darão seu nome a ser exibido no jogo.

Em seguida o jogo começará e todos os jogadores serão levados para a sala de jogo, o objeto de pesquisa efetivo, onde estarão todos os objetos de jogo virtuais. Nesse ambiente, cada jogador terá acesso a sua própria instância do ambiente virtual, onde suas ações não interferem no ambiente de outros jogadores, a fim de não atrapalhar na sua exploração individual.

Todavia, para o jogo ser realmente efetivo, é necessário certa interação entre os jogadores, e isto ocorre por meio de uma malha compartilhada, comum a todos os jogadores, que fará com que os peões e outros objetos interativos estejam disponíveis para interação entre todos os jogadores.

As salas de jogo contam com aspectos do jogo de tabuleiro, como as casas, os peões e o dado, mas também contam com objetos interativos, dos quais a pessoa poderá encontrar ao explorar o ambiente virtual, onde aparecerão informações sobre o objeto e o jogador ganhará pontos.

Ao fim de uma partida todos os jogadores serão levados para a sala de espera, que realiza o controle de permanência dos jogadores, verificando quais desejam jogar novamente e quais desejam sair do jogo.

5.11 Virtual X Real

Ao trazer elementos reais para o virtual, foram necessárias realizar adaptações que implicam em perdas e ganhos em relação ao jogo físico.

Como o jogo original é baseado em uma trilha que existe em uma Unidade de Conservação na Amazônia, a possibilidade de explorar um ambiente de forma dinâmica aumenta a interação e pode trazer um interesse maior por parte do jogador na exploração dos objetos da trilha. A RV nos proporciona essa possibilidade, que, em conjunto com as cartas

desafio adaptadas para serem maiores e com interação direta com o jogador, pode aumentar a curiosidade do jogador e potencializar o aprendizado.

No jogo de tabuleiro, os objetos visuais e a interação com as outras pessoas é o que estimula a proximidade do jogador com a trilha. Os desenhos no tabuleiro, as perguntas que precisam ser respondidas e as ações das Cartas de Ação (ex. como imitar uma paxiúba ou falar sobre o meio ambiente) são exemplos destes estímulos. Diferentemente da realidade virtual, ambas as cartas são lidas por um professor, para que o jogador responda, e no caso de resposta errada, é também o professor que ajudará no processo de aprendizado do jogador, ou seja, o professor é um mediador.

Durante o jogo, muitas ações são distintas entre a versão física e a versão virtual, trazendo consigo suas características únicas, seja em forma de interação, de acesso a informação ou conquistar pontos. Essas diferenças podem trazer novas perspectivas para o modo com que o jogador aprende e internaliza conceitos.

6. Estado Atual do Trabalho

Atualmente temos um ambiente virtual com o cenário completo, com objetos de ambiente, contando com estímulos visuais completos e sons do ambiente que trazem estímulos sonoros, como as árvores e o som do vento movimentando as folhas, respectivamente. A ornamentação das regiões da cena está completa.

As cartas já estão presentes, conforme o jogador segue a trilha, as cartas de ação e de desafio aparecerão, com sua interação e validação. Conforme o jogador responde as perguntas das cartas desafio, deverão ser contabilizados pontos. A exibição dos pontos estão em processo de desenvolvimento.

Como os pontos estão em desenvolvimento, os objetos explorativos também não dão pontos. Os objetos explorativos, que estão presentes juntamente com a ambientação do cenário virtual já estão presentes, mas suas interações, dos quais apareceriam placas de curiosidades com informações relevantes dos objetos ainda estão em desenvolvimento.

A movimentação do jogador, atualmente, é feita pelo processo de teletransporte durante toda a cena, não sendo necessário se movimentar fisicamente. A movimentação a ser implementada está presente na Seção 5.2.3, e deverá ser livre, mas os peões somente deverão ser movidos em seus respectivos turnos.

Os turnos estão em desenvolvimento, tal como o tempo dos turnos de cada jogador, que deverão jogar dentro de um determinado tempo para evitar tempos ociosos muito grandes. Os turnos deverão ser implementados juntamente com a visualização da malha compartilhada para visualização compartilhada dos objetos colaborativos e peões entre os jogadores.

A cena de menu está completa, tal como o servidor em NodeJS, está sendo feita a conexão do jogador na sala e seus dados são lidos pelo jogo e o jogador só é levado para a sala de jogo quando todos os jogadores se encontram prontos para jogar. A visualização dos nomes dos jogadores na sala de menu está sendo desenvolvida.

A sala de espera está completa. Quando o jogador terminar a partida todos os jogadores vão para a sala de espera, e quem quiser sair do jogo, pode sair e quem quiser jogar novamente poderá jogar. Os jogadores só jogarão novamente quando todos os jogadores quiserem jogar

novamente, ou seja, deverão esperar os jogadores estarem prontos para jogar e aqueles que não quiserem jogar, sair do jogo.

Tabela 2: Cronograma de desenvolvimento da dissertação

Atividade	set	out- nov	dez- jan	jan- fev
1: Visualização Multi-Jogador			X	X
2: Turnos			X	X
3: Placas de curiosidades	X			
4: Movimentação do jogador		X	X	
5: Pontuação		X		
6: Testes de aceitação	X			X
7: Nome dos jogadores na sala		X		
8: Defesa				X

Referências Bibliográficas

Artaud, A. (1938). *Le théâtre et son double* (1938).

Cecotti, H., Huisinga, L., and Peláez, L. G. (2024). Fully immersive learning with virtual reality for assessing students in art history. *Virtual Reality*, 28(1). Cited by: 0; All Open Access, Hybrid Gold Open Access.

Chan, I. Y., Dong, Z., and Chen, H. (2024). Impacts of connections to the outside on underground space occupants' psychophysiological health: A virtual reality-based experimental approach. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 147. Cited by: 0.

Chang, S.-C., Hsu, T.-C., and Jong, M. S.-Y. (2020). Integration of the peer assessment approach with a virtual reality design system for learning earth science. *Computers and Education*, 146. Cited by: 109.

da Silva, C., Figueiredo, T., Rodrigues, B., Bozelli, R., and Freire, L. (2021). Em busca de uma Ética do viver: Narrativas de professores e educadores ambientais em experiências didáticas em uma trilha interpretativa na amazônia. *Tecné Episteme y Didaxis TED*.

Daniele Cristina Pries Staut, STCP Engenharia de Projetos Ltda, M. R. C. S. (2016). *Plano de manejo da Floresta nacional de carajas - VI - Diagnostico*.

Frederico D. Martins, Alexandre F. Castilho, J. C. F. M. H. S. G. R. (2012). *Fauna da Floresta Nacional de Carajás*.

Guimarães, L. M., Figueiredo, T. F., Silva, C. A., Sousa, R. P. A. F., Gonçalves, V. M. L., Dios, D. A., Santos, R. L. T., and Bozelli, R. L. (2022). Aventura na trilha. Technical Report 3883.

Holuša, V., Vaněk, M., Beneš, F., Švub, J., and Staša, P. (2023). Virtual reality as a tool for sustainable training and education of employees in industrial enterprises. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). Cited by: 2; All Open Access, Gold Open Access.

Jones, V., Gaylord, W., Palitz, A., Auerbacher, I., Csabai, A., Franke, D., Hamilton, M., Hays, K., Lush, A., Mandujano, L., Popescu, R., Rockwell, F., Roellin, Z., Shaham, R., and Smith, S. (2023). Tell me, inge: An interactive interview with a holocaust survivor. Cited by: 0.

- Kowalski, S., La Placa, S., and Pettineo, A. (2023). From archives sources to virtual 3d reconstruction of military heritage-the case study of port battery, gdańsk. volume 48, page 885 – 893. Cited by: 3; All Open Access, Gold Open Access.
- Luo, Y., Liu, C., Lee, Y. J., DelPreto, J., Wu, K., Foshey, M., Rus, D., Palacios, T., Li, Y., Torralba, A., and Matusik, W. (2024). Adaptive tactile interaction transfer via digitally embroidered smart gloves. *Nature Communications*, 15(1). Cited by: 1; All Open Access, Gold Open Access.
- López García, C., Catalina, C., and Rodrigues, H. (2017). Realidade virtual e aumentada: Estratégias de metodologias ativas nas aulas sobre meio ambiente. *Informática na educação: teoria prática*, 20.
- Manik, S., Mandal, M., Pal, S., Patra, S., and Acharya, S. (2022). Impact of climate on covid-19 transmission: A study over indian states. *Environmental Research*, 211.
- Marianne E. Krasny, Cecilia Lundholm, R. P. (2010). Environmental education, resilience, and learning: reflection and moving forward. *Taylor Francis*, 16(5-6):665 – 672.
- Nicole M. Ardoin, Alison W. Bowers, N. W. R. and Holthuis, N. (2018). Environmental education and k-12 student outcomes: A review and analysis of research. *The Journal of Environmental Education*, 49(1):1–17.
- Papadopoulou, A., Mystakidis, S., and Tsinakos, A. (2024). Immersive storytelling in social virtual reality for human-centered learning about sensitive historical events. *Information (Switzerland)*, 15(5).
- Sandamas, G., Foreman, N., and Coulson, M. (2009). Interface familiarity restores active advantage in a virtual exploration and reconstruction task in children. *Spatial Cognition and Computation*, 9(2):96 – 108. Cited by: 8.
- Soares, B. R., Barbosa, A., Silva, C. d., Lopes, V., Bozelli, R., and Santos, L. d. (2021). Jogo “vida na lagoa da mata”: Entrelaçando ensino de ciências e divulgação científica na floresta nacional de carajás (pa). *Anais XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*.
- Srivastava, A. (2021). Covid-19 and air pollution and meteorology-an intricate relationship: A review. *Chemosphere*, 263.

- Tennakoon, D., Di Nunzio, A., and Jadidi, M. (2023). Game-based and virtual reality sandboxes: Inclusive, immersive, accessible, and affordable learning environments. Cited by: 1.
- Zhang, H., Cao, L., Howell, G., and Peng, C. (2022). Vr edufication on historic lunar roving missions. In *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pages 612–613.
- Šašinka, C., Stachoň, Z., Sedlák, M., Chmelík, J., Herman, L., Kubíček, P., Šašinková, A., Doležal, M., Tejkl, H., Urbánek, T., Svatoňová, H., Ugwitz, P., and Juřík, V. (2019). Collaborative immersive virtual environments for education in geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(1). Cited by: 74; All Open Access, Gold Open Access, Green Open Access.