Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Computação e Sistemas

Jogo para Reabilitação do Pé Torto Congênito

Eufrasio Júnio Da Silva Pereira

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ORIENTAÇÃO:
Gilda Aparecida De Assis

COORIENTAÇÃO:
Tiago França Melo De Lima

Janeiro, 2022
João Monlevade–MG

Eufrasio Júnio Da Silva Pereira

Jogo para Reabilitação do Pé Torto Congênito

Orientador: Gilda Aparecida De Assis
Coorientador: Tiago França Melo De Lima

Monografia apresentada ao curso de Sistemas de Informação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na Disciplina "Trabalho de Conclusão de Curso II".

Universidade Federal de Ouro Preto
João Monlevade
Janeiro de 2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P436j Pereira, Eufrasio Junio da Silva.
Jogo para reabilitação do pé torto congênito. [manuscrito] / Eufrasio Junio da Silva Pereira. - 2022.
43 f.: il.: color..

Orientadora: Profa. Dra. Gilda Aparecida Assis.
Coorientador: Prof. Me. Tiago França Melo Lima.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Sistemas de Informação .

1. Jogos eletrônicos. 2. Medicina de reabilitação - Inovações tecnológicas. 3. Fisioterapia - Gameterapia. I. Assis, Gilda Aparecida. II. Lima, Tiago França Melo. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 004.775:615.8

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIENCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTACAO E SISTEMAS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Eufrasio Júnio Da Silva Pereira

Jogo para Reabilitação do Pé Torto Congênito

Monografia apresentada ao Curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em Sistemas de Informação

Aprovada em 13 de janeiro de 2022

Membros da banca

[Dr.] - Gilda Aparecida de Assis - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
[MSc.] - Tiago França Melo de Lima - Coorientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr.] - George Henrique Godim da Fonseca - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr.] - Thiago Luange Gomes - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Gilda Aparecida de Assis, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/01/2022

Documento assinado eletronicamente por **Gilda Aparecida de Assis**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/01/2022, às 16:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0271017** e o código CRC **42D66040**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.000839/2022-59 SEI nº 0271017

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: - www.ufop.br

Resumo

O uso de jogos sérios para reabilitação de pacientes tem sido explorado, com objetivo de melhorar a capacidade física e cognitiva das pessoas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo sério para uso na reabilitação de crianças com pé torto congênito, que é a deformidade congênita de maior prevalência na ortopedia. O jogo proposto consiste em mini jogos desenvolvidos para que o jogador realize os exercícios de abdução e adução dos pés usando um dispositivo vestível (papete) como controle do jogo, ela é acoplado com acelerômetro e giroscópio para entrada de dados. Para o desenvolvimento do jogo foram utilizadas a game engine Unity juntamente com a linguagem de programação C#, onde foram implementados 03 mini jogos tridimensionais, de modo que o número de repetições é determinado pelo terapeuta e o controle do tempo de permanência em cada pose é realizado através da contagem de quadros da aplicação gráfica. O jogo utiliza um feedback visual para informar à criança dos erros e acertos. Os testes do jogo foram realizados com uma interface baseada em teclado, entretanto, o projeto e a implementação foram conduzidos para permitir a troca da interface do teclado para o vestível de forma simples e interoperável. Sendo assim, neste trabalho foi desenvolvido um jogo sério de nome Huano juntamente com sua história e documentação, gerando protótipos e uma versão de teste que contêm 3 minijogos.

Palavras-chaves: jogos sérios. gameterapia. reabilitação motora

Abstract

The use of serious games for rehabilitation of patients has been explored, with the aim of improving people's physical and cognitive capacity. This work presents the development of a serious game for rehabilitation of children with congenital clubfoot, which is the most prevalent congenital deformity in orthopedics. The proposed game consists of mini games developed for the player to perform foot abduction and adduction exercises using a wearable device (papet) as game control, it is coupled with an accelerometer and gyroscope for data entry. For the development of the game, the Unity game engine was used together with the C# programming language, 03 three-dimensional minigames were implemented, the number of repetitions is determined by the therapist and the control of the time spent in each pose. is performed by counting the frames of the graphical application. The game uses visual feedback to inform to mistakes and successes the child. The game tests were performed with a keyboard-based interface, however, the design and implementation were designed to allow switching from the keyboard interface to the wearable in a simple and interoperable way. Therefore, in this work a serious game called Huano was developed along with its history and documentation, generating prototypes and a test version that contain 3 minigames.

Key-words: serious games. game therapy. motor rehabilitation

Lista de ilustrações

Figura 1 – Imagens de apresentação do jogo Foot Piano e Football (LV et al., 2014). 11
Figura 2 – Cenário do jogo Acelera. (FERREIRA et al., 2020) 12
Figura 3 – Papete Inteligente. (FERREIRA et al., 2020) 12
Figura 4 – Plano de referência e movimentos básicos dos pés (CAETANO, 2019). . 14
Figura 5 – Unity Interface. 17
Figura 6 – Forma original Huano. 21
Figura 7 – Transição de telas do menu protótipo de baixa fidelidade. 22
Figura 8 – Menu Inicial. 23
Figura 9 – Menu de Seleção. 23
Figura 10 – Reações do Huano (Erro/Acerto). 24
Figura 11 – Protótipo de baixa fidelidade do mini jogo Pênalti. 24
Figura 12 – Protótipo de baixa fidelidade do mini jogo Pênalti com escolha de um lado errado. 25
Figura 13 – Protótipo na Unity do mini jogo Pênalti. 25
Figura 14 – Mini Jogo Pênalti, acerto. 26
Figura 15 – Fluxograma Pênalti. 27
Figura 16 – Mini Jogo Pênalti com objetivo do lado esquerdo. 29
Figura 17 – Mini Jogo Pênalti com escolha errada de direção. 29
Figura 18 – Mini Jogo Polar. 30
Figura 19 – Mini Jogo Lhama. 31
Figura 20 – Protótipo de baixa fidelidade, Golfe. 32
Figura 21 – Protótipo de baixa fidelidade, Esquilo. 32
Figura 22 – Protótipo de baixa fidelidade, Gorila. 33
Figura 23 – Protótipo de baixa fidelidade, Ping-Pong. 33
Figura 24 – Protótipo de baixa fidelidade, Rugby. 34
Figura 25 – Protótipo de baixa fidelidade, Canguru. 34
Figura 26 – Mini Jogo Polar, cena criada 39
Figura 27 – Mini Jogo Polar, cena criada chamada pelo *LoadScene()*. 39

Sumário

1 INTRODUÇÃO . . . 8
1.1 Objetivos . . . 9

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . 10
2.1 Gameterapia . . . 11
2.2 Pé Torto congênito . . . 13
2.3 Jogos Sérios . . . 14
2.4 Considerações finais . . . 16

3 DESENVOLVIMENTO . . . 17
3.1 Ferramentas . . . 17
3.1.1 Unity . . . 17
3.1.2 Papete Inteligente . . . 18
3.2 Requisitos . . . 18
3.3 Game Design . . . 19
3.3.1 Metas . . . 19
3.3.2 História . . . 20
3.3.3 Personagem . . . 20
3.3.4 Jogabilidade . . . 21
3.4 Fases do jogo . . . 22
3.4.1 Sequência das fases . . . 22
3.4.2 Fase 1 . . . 23
3.4.3 Fases adicionais . . . 31

4 RESULTADOS . . . 35

5 CONCLUSÃO . . . 40

REFERÊNCIAS . . . 41

1 Introdução

Jogos eletrônicos são uma ferramenta que pode auxiliar na reabilitação de pessoas com necessidades físicas e cognitivas, potencializando os resultados das técnicas de reabilitação atuais. Esses jogos têm ganhado grande aceitabilidade ao ponto de surgir uma nova área da terapia, chamada de gameterapia, uma técnica que utiliza jogos para auxiliar o tratamento e reabilitação de pacientes como explicado por Adamovich et al. (2009). A gameterapia tem se mostrado eficaz em casos como citado em Silva et al. (2011), onde foi utilizada no controle da postura de uma criança com paralisia cerebral hemiplégica espástica e os autores afirmam que o jogo se mostrou um recurso valioso para utilização terapêutica. Em contexto semelhante, Pereira et al. (2018) utilizaram jogos de esporte, agilidade e raciocínio do Nintendo WII® e Pichierri, Murer e Bruin (2012) utilizaram um jogo de dança, ambos os trabalhos com resultados satisfatórios para aumento do equilíbrio em idosos. A gameterapia muitas vezes está associada ao uso de jogo sério, que em Djaouti et al. (2011) é definido como um jogo "projetado para um propósito de ir além do entretenimento".

O jogo desenvolvido neste trabalho tem a pretensão da utilização em reabilitação de crianças com pé torto, que é definido por Santin e Filho (1977) como pé que repousa no solo fora de seus pontos normais de apoio de forma viciosa ou permanente. As formas de pé torto congênito (PTC) encontradas na prática médica são: pé equinovaro, pé talo-valgo, pé talo-vertical. De acordo com Ferreira (2018) a cada 2 de 1000 nascidos no Brasil são portadores de PTC e ela é a deformidade congênita de maior prevalência na ortopedia. Maranho e Volpon (2011a) esclarece que apesar de várias teorias para a explicação da origem de PTC a etiologia ainda é desconhecida. Para que o jogo seja utilizado como uma ferramenta de reabilitação é necessário o uso do vestível papete inteligente, um calçado acoplado com acelerômetro para captura dos movimentos do pé do paciente durante a terapia (FERREIRA et al., 2020).

Nesterchuk et al. (2019), Lara et al. (2013) e José et al. (2016) explicam que tratamento para pé torto congênito na maioria dos casos compreende métodos cirúrgicos, colocação semanal de gesso e calçados ortopédicos. Foi observado um nível significativo de resultados insatisfatórios e recidiva da doença, levando à adoção da reabilitação física como parte do tratamento. A pesquisa científica comprovou que o período ideal para a reabilitação física é na idade pré-escolar, envolvendo o uso de ferramentas e métodos para fortalecer os músculos das extremidades inferiores e melhorar a posição da articulação do tornozelo.

A longo prazo a reabilitação física se torna repetitiva e tediosa. Pensando nisso

Mingrone e Correa (2020) apresentaram um dispositivo *wearable* (papete) com a intenção de detectar os movimentos do pé e ser utilizado como controle para jogos. No trabalho, a papete é usada em um jogo com objetivo de controlar um carro em uma pista com o movimento do pé e, a partir disso, coletar recompensas, de modo que o jogador faça os exercícios propostos de maneira involuntária e lúdica. Buscando proporcionar mais alternativas de jogos para uso com a papete na reabilitação do pé torto congênito, foi proposto o presente trabalho.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver um jogo sério para reabilitação de crianças com PTC, cujo nome foi definido como Huano e deve permitir a integração com a papete inteligente para ser usado durante as sessões de terapia. Fazem parte do escopo a elaboração e revisão da documentação referente ao desenvolvimento do jogo, construção e avaliação de protótipos e a implementação de uma versão de teste do jogo. Os objetivos específicos são:

- Revisão da literatura sobre pé torto congênito, jogos sérios e sobre o vestível utilizado. Juntamente com apropriação do conhecimento técnico necessário;
- Desenvolver *Game Design Document* (GDD);
- Gerar e validar protótipos.

2 Revisão bibliográfica

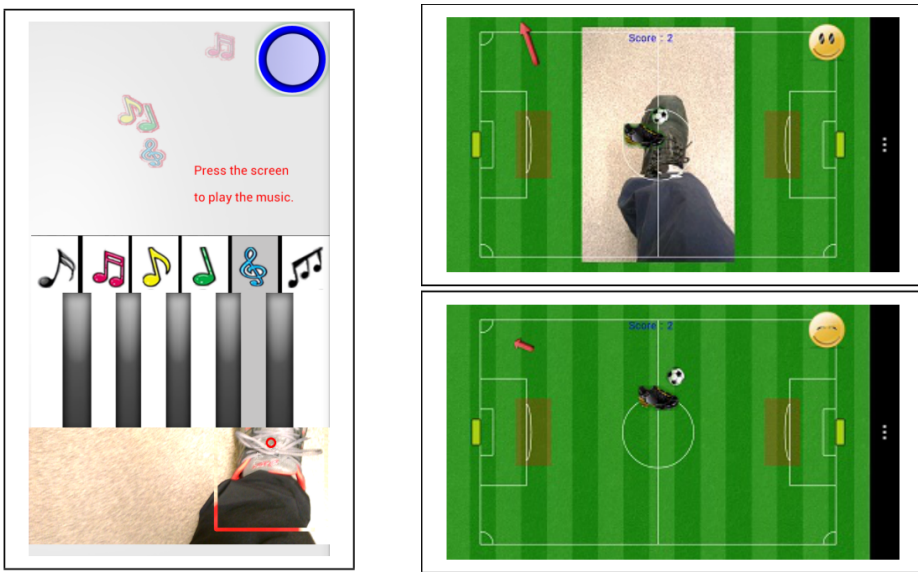
A utilização da reabilitação virtual por meio de videogames visa simular situações de entretenimento e diversão, com um objetivo terapêutico bem definido. Salienta-se que a utilização deste afasta o paciente do foco de dor ou desconforto, melhora a funcionalidade dos membros afetados e muitas vezes os leva a retomar as atividades nas áreas de atuação profissional (GRANDE; GALVÃO; GONDIM, 2011), esclarecem também que o exercício por meio de jogos não é mais uma novidade no campo dos terapeutas ocupacionais, mas o uso da reabilitação virtual ainda não foi muito explorado. Além do mais, o artigo relata o estudo de caso de um paciente de 09 anos de idade, sexo masculino, diagnosticado com lesão nervosa que após 13 encontros, passou a realizar as atividades da vida diária de forma independente e retornou às suas atividades cotidianas de forma plena. A amplitude de movimento ficou dentro da faixa normal da função desempenhada pelo paciente após o término da terapia. Reabilitação virtual por meio de videogames representa um novo recurso da terapia ocupacional onde o terapeuta pode indicar os recursos que serão utilizados e variar de acordo com os objetivos traçados. Jogos sérios são capazes de melhorar as habilidades cognitivas e físicas das pessoas. Jogos sérios para reabilitação física são projetados de forma a estimular movimentos motores.

Em Lv et al. (2014) foram desenvolvidos dois jogos, apresentados na figura 1, para demonstrar uma interface inovadora baseada na abordagem de detecção de movimento do pé para *smartphone*. Na interface proposta, o método de detecção e rastreamento híbrido baseado em visão computacional forneceu um suporte central para a interface de interação do pé. Ambos os jogos, empregam tecnologia de realidade aumentada para renderizar os gráficos e as informações de status na tela dos *smartphones*. Os jogadores interagem com o jogo usando a interação dos pés em direção à câmera traseira, que aciona o evento de interação. O lúdico é apresentado como um elemento condutor no processo de reabilitação e juntamente com todos os recursos disponíveis no jogo, forma um ambiente de suporte para aumentar a motivação do paciente. Entretanto, esta abordagem deve ser monitorada, visto que desarmonia com outros elementos do tratamento pode ter o efeito oposto como afirma Dias, Sampaio e Taddeo (2009).

Em Ferreira et al. (2020) é apresentado o desenvolvimento de um jogo de obstáculos de nome Acelera (Figura 2) para exercícios de dorsiflexão e flexão plantar dos pés. A execução dos exercícios e controle do jogo é realizada com o uso de um dispositivo *wearable* (papete) (Figura 3) onde acelerômetros são responsáveis por detectar a movimentação do pé. Testes foram realizados com uma criança com e outra sem pé torto congênito para avaliar a possibilidade do dispositivo como entrada para o jogo. Ambas as crianças reagiram da mesma forma às propostas, procurando cumprir os objetivos de cada fase do jogo,

Figura 1 – Imagens de apresentação do jogo Foot Piano e Football (LV et al., 2014).

(a) Foot Piano. (b) Football.



executando os movimentos necessários e manutenção da amplitude de movimento. O jogo Acelera é constituído de obstáculos posicionados em uma pista de forma a fazer com que o jogador permaneça o tempo necessário com pé flexionado na posição dorsal ou plantar, o jogador deve movimentar o carro para cima e para baixo com o objetivo de desviar dos obstáculos. O *wearable* que foi denominado "Papete Inteligente", é um calçado do tipo papete equipado com um acelerômetro posicionado para melhor capturar parâmetros de movimento dos pés. A proposta do Acelera pode ser um importante aliado para estimular e favorecer a realização de movimentos repetitivos e controlados, usando uma interface lúdica e com isso envolver o interesse da criança em se divertir e ao mesmo tempo apoiar a necessidade terapêutica. A necessidade terapêutica da manutenção do alongamento dos tecidos conjuntivos do pé e perna harmoniza com uma série de movimentos ativos com elementos distrativos e envolventes estabelecendo uma rotina que o meio digital é capaz de proporcionar.

2.1 Gameterapia

A gameterapia é uma técnica que utiliza jogos para auxiliar o tratamento e reabilitação de pacientes, também pode ser definida como técnica de interação entre o usuário e um sistema (videogame) que recria um ambiente por meio de uma interface virtual (ADAMOVICH et al., 2009), podendo ser utilizada em conjunto com os métodos já adotados na reabilitação.

Em Silva et al. (2011) a técnica é utilizada para reabilitação de crianças com paralisia cerebral e foi concluído que a gameterapia serve de recurso de grande valia na

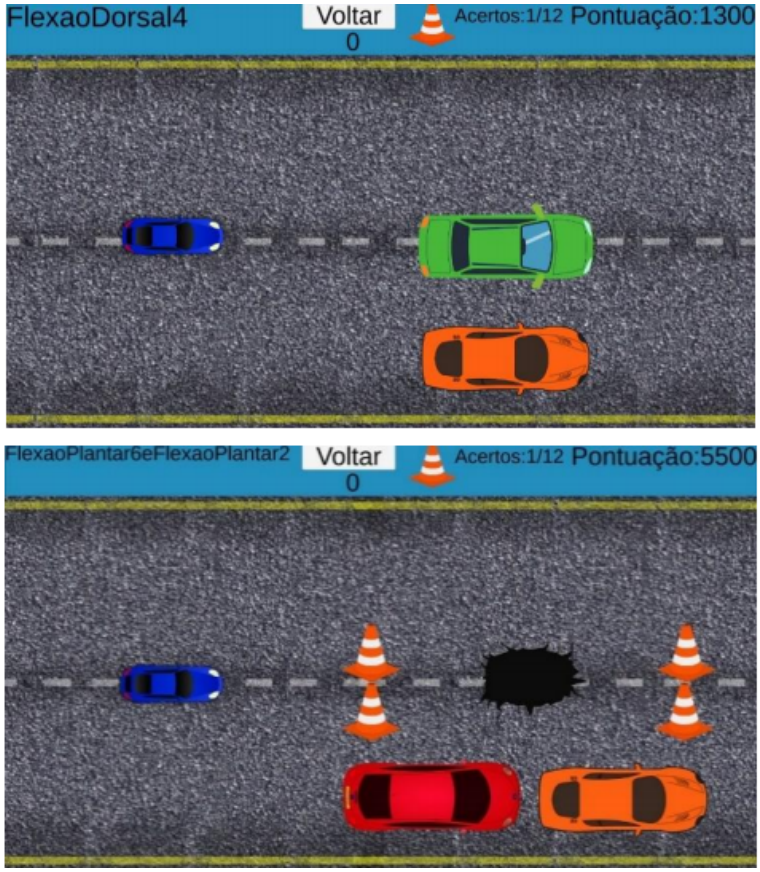


Figura 2 – Cenário do jogo Acelera. (FERREIRA et al., 2020)

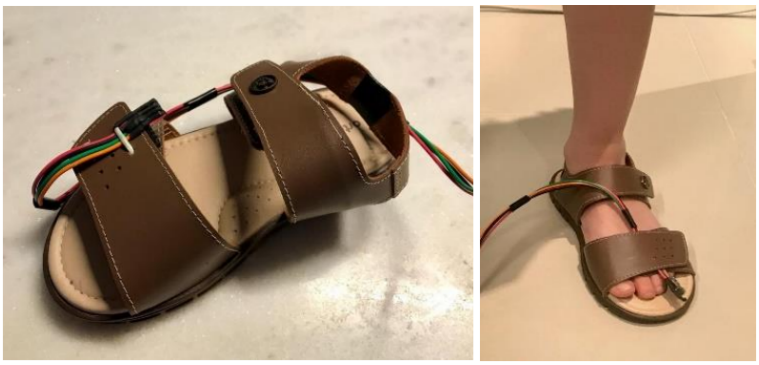


Figura 3 – Papete Inteligente. (FERREIRA et al., 2020)

utilização da estratégia terapêutica, na melhoria do ajuste postural e equilíbrio, devendo ser considerada entre as opções no tratamento. Dias et al. (2017) é um estudo com objetivo de analisar a utilização de um videogame como recurso de reabilitação motora para indivíduos com paralisia cerebral, foram realizadas 10 sessões de gameterapia com um participante do sexo masculino com 12 anos de idade e paralisia cerebral, estas sessões ocorrerão no período de fevereiro a março de 2013 com duração de aproximadamente 40 minutos, o participante foi avaliado antes e reavaliado após as sessões. Nesta reavaliação notou-se uma melhora de 10% na pontuação gerada na avaliação inicial de suas funções motoras, com isso, conclui-se que as sessões de gameterapia gerou resultados satisfatórios e pode

ser componente de um programa de reabilitação e que o uso de videogame pode gerar melhoras no desempenho de atividades da vida cotidiana que exigem coordenação motora.

A técnica foi aplicada também para o tratamento de portadores de doença de Parkinson (PIMENTEL et al., 2015), onde foi observado que após 14 sessões de gameterapia apresentaram melhora significativa no equilíbrio, marcha e foi capaz de modular o equilíbrio dos portadores de Parkinson mesmo após 30 dias da última sessão. Outro trabalho onde a gameterapia foi utilizado com intuito de melhorar equilíbrio é Frade et al. (2014), este trabalho é focado em avaliar o equilíbrio dos deficientes visuais antes e após gameterapia, como resultado é citado um ganho de equilíbrio satisfatórios após 16 sessões, confirmando a hipótese da gameterapia na melhora desta capacidade física.

Visto o domínio do uso da gameterapia para a estimulação de aspectos motores, (DIAS et al., 2019) realizou um estudo para analisar as contribuições da gameterapia para as habilidades cognitivas. É realizado um estudo de caso em um adolescente de 12 anos com paralisia cerebral, o estudo faz a análise das habilidades cognitivas antes e após 10 sessões de gameterapia utilizando cinco mini jogos. Nota-se que após as sessões ocorreu progressão na maioria das habilidades cognitivas avaliadas, deste modo, é concluído que a gameterapia pode se apresentar como estratégia terapêutica ocupacional.

2.2 Pé Torto congênito

Pé torto pode ser definido como uma atitude viciosa e permanente do pé em relação à perna, na qual o pé repousa no solo fora de seus pontos normais de apoio. Esta definição engloba todas as deformidades permanentes do pé, sejam elas adquiridas ou congênitas. As formas de pé torto congênito (PTC) encontradas na prática médica são: pé eqüinovaro que é a mais conhecida e estudada e a causa exata do aparecimento continua indeterminada, pé talo-valgo, pé talo-vertical e pé metatarso-varo. Alterações genéticas ou adquiridas são sugeridas como fatores patogênicos primários do PTC, mas como nenhuma alteração foi encontrada com frequência significativa não foi possível chegar a uma conclusão sobre a origem. O tratamento para essa deformidade ainda é desafiador, pois obter um pé funcional e com resultados permanentes ainda é um desafio perante as técnicas da medicina atual. Vários tratamentos podem ser aplicados na procura de resultados positivos em relação a deformidade. Estes tratamentos podem ser mais conservadores e entre esses se destaca o método *Ponseti* que é composto, em resumo, por manipulações e trocas gessadas seriadas, secção percutânea do tendão calcâneo e uso de órtese de abdução. Caso os tratamentos conservadores falhem então um tratamento cirúrgico é indicado, a tendência é evitar as extensas liberações cirúrgicas e, caso a cirurgia realmente se torne necessária, deve ser realizada de forma localizada (SANTIN; FILHO, 1977; MARANHO; VOLPON, 2011a).

Para o tratamento de PTC, durante a terapia são realizados exercícios com intenção

de realizar movimentos básicos do pé. Esses movimentos são demonstrados na Figura 4, como exemplo podemos citar:

- Abdução: Rotação do pé lateralmente para fora;
- Adução: Rotação do pé lateralmente para dentro;
- Flexão Dorsal: Movimento do pé para cima (na direção da tíbia);
- Flexão Plantar: Movimento do pé para o solo.

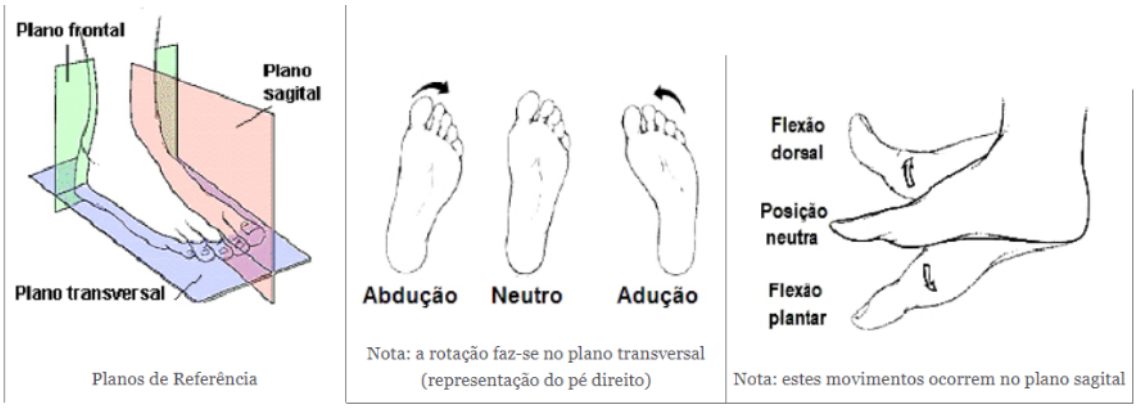


Figura 4 – Plano de referência e movimentos básicos dos pés (CAETANO, 2019).

Neste trabalho foram considerados os movimentos de abdução e adução para realizar as ações dentro dos mini jogos.

Para diagnóstico são considerados vários fatores, como anomalias nos ligamentos posteriores do tornozelo, dentre outros ligamentos musculares que exercem forças deformantes que estão encurtados ou ainda se os músculos da panturrilha e tamanho do pé são menores (MARANHO; VOLPON, 2011b). Em Santin e Filho (1977) é mostrado que o tratamento, cirúrgico e não cirúrgico, deve começar o mais precoce possível e demanda de uma grande gama de profissionais, que conforme o portador da deformidade vai crescendo haverá necessidade da adoção de novos métodos e cirurgias.

2.3 Jogos Sérios

Jogos sérios começaram a se popularizar por volta do ano de 2002, apesar de muitos jogos terem sido concebidos para fins sérios antes desta data, jogos sérios são definidos como, qualquer jogo digital "projetado para um propósito de ir além do entretenimento" (DJAOUTI et al., 2011). Um jogo sério é caracterizado por dois principais pontos, primeiramente, combina jogos e uma ou várias funções utilitárias como transmitir uma mensagem, fornecendo treinamento, facilitando o intercâmbio de dados. Segundo, tem como alvo um mercado diferente do simples entretenimento: defesa, treinamento, educação, saúde,

comércio, comunicação (ALVAREZ; DJAOUTI et al., 2011). Visto que a repetição de exercícios físicos diminuí a motivação dos jovens, o que acarreta um alto risco de abandono da terapia, é fundamental o uso de técnicas de gameficação, baseada em mecanismos naturais de interação e no uso de métodos não intrusivos e dispositivos para personalizar o processo de reabilitação para cada indivíduo, juntamente com uma metodologia para promover a reabilitação de precisão no contexto dos jovens (GMEZ-PORTES et al., 2020). Um estudo conduzido por (CORRÊA et al., 2014) sobre a utilização clínica de um software de Realidade Aumentada para uso interdisciplinar nas áreas da saúde, onde foi observado que cada área desenvolve sua estratégia de forma preponderante ao seu objetivo terapêutico, estratégias essas que buscam maior motivação, facilitando o processo terapêutico, de modo que, a mesma ferramenta possa ser usada de maneira interdisciplinar, com diferentes objetivos e em áreas distintas.

Jogos sérios são jogos usados com a finalidade de ensino, aprendizagem ou treinamento e não apenas entretenimento, seu desenvolvimento é, no entanto, um processo complexo, pois diferentes áreas do conhecimento devem ser integradas, e para isso necessita de profissionais qualificados que estejam familiarizados com a ferramentas e processos próprios Balci (2012)

Para a classificação dos jogos sérios, Silva et al. (2012) apresenta a classificação por gênero, onde gênero nesse contexto é definido por um conjunto específico de características, como aventura que são jogos baseados em história e uma jornada, de modo que o jogador deverá passar grande parte desta jornada explorando. Gênero educacional que tem como objetivo ensinar um conteúdo de conhecimento específico, exemplo o X-Dengue que será citado posteriormente no texto. Outra classificação possível citada em (BUCHINGER; HOUNSELL, 2013) é a por interação entre jogadores e sociabilidade, ou seja, se o jogo permite um, dois ou vários jogadores simultâneos, onde haverá a interação e socialização entre os jogadores. A também a classificação proposta por (SAWYER; SMITH, 2008), que consiste em uma matriz de dois critérios principais: mercado (o domínio de aplicação) e propósito. Para o mercado está incluso governo, defesa, marketing, educação, corporativo etc. Já para propósito está *advergames* que são jogos utilizados para divulgar e promover marcas ou produtos, jogos para a saúde, jogos no trabalho etc.

Um exemplo de jogo sério é o X-Dengue, proposto como uma estratégia alternativa para vigilância e controle de vetores, promovendo a conscientização e mudanças de comportamento na população e servindo como um meio para coleta de dados (LIMA et al., 2017). Um outro exemplo é dado em Corrêa et al. (2019), que apresenta uma interface de jogo sério que usa um sensor acoplado ao fone de ouvido, Gear VR, para a reabilitação das funções da mão. Foi desenvolvido um sistema de monitoramento para que o paciente possa utilizar o jogo em casa sem perder seus dados. Foi levado em consideração o desempenho individual de cada participante, a satisfação, os sintomas de *cybersickness* e o nível de

participação. Os testes apresentaram resultados que permitem considerar que o sistema tenha uma boa aceitação para ser utilizado em reabilitação, é mencionado também que os sistemas de realidade virtual que usam interfaces gestuais estão se tornando comuns no tratamento de pessoas com deficiência.

Outro jogo sério proposto para a área de reabilitação do PTC é apresentado em Corrêa et al. (2019) onde é utilizado um sistema composto de três componentes principais, o próprio jogo sério, uma aplicação para configurar e mostrar o desempenho do paciente e uma base de dados que guarda informações do paciente e do histórico terapêutico. Em sua conclusão é apontado que o jogo tem boa usabilidade, porém necessita de ajustes pois alguns dos pacientes relataram dificuldades no entendimento das tarefas do jogo, foi relatado também um certo incômodo com os aparatos necessários para realizar a sessão, o óculos e os fones de ouvido. Outro ponto observado nos resultados foi que para alguns casos é necessário ajuda do terapeuta, isto quando o paciente tem baixa estabilidade de tronco.

2.4 Considerações finais

Essa seção tem intuído de apresentar as principais diferenças do jogo desenvolvido neste trabalho dos já citados neste capítulo.

O jogo desenvolvido, Huano, é totalmente criado em Unity com características de ser em três dimensões, pensado para ser utilizado juntamente do vestível papete inteligente em sessões de reabilitação de pé torto congênito e utilizado em computadores. O jogo Acelera, que também faz uso do mesmo vestível, é baseado em movimentos verticais ou no plano sagital e desenvolvido em duas dimensões, já o jogo desenvolvido neste trabalho é construído para utilizar movimentos horizontais ou no plano transversal do pé, desta maneira contemplando exercícios diferentes durante a reabilitação dos pacientes.

3 Desenvolvimento

Nesta seção será apresentado as ferramentas utilizadas e documentação para a criação do jogo Huano.

3.1 Ferramentas

3.1.1 Unity

Unity é um *software* para a criação de conteúdo 2D e 3D interativo em tempo real, fornecendo ferramentas para desenvolver jogos e publicá-los em uma ampla variedade de dispositivos Unity (2021).

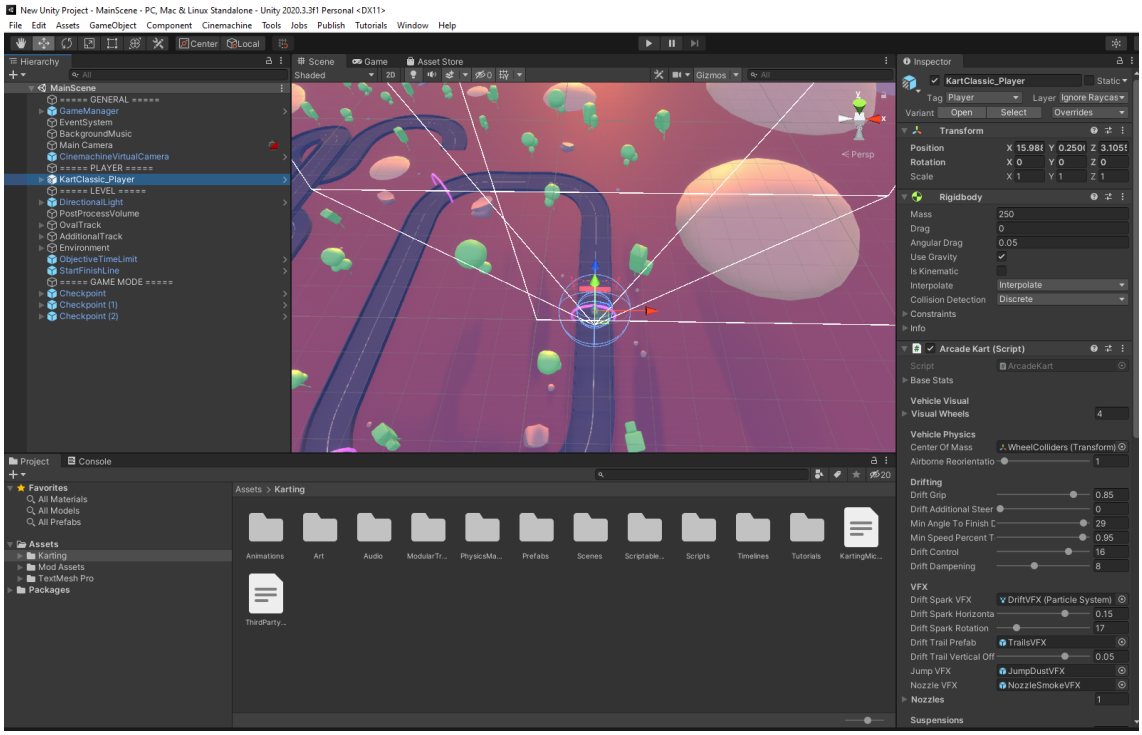


Figura 5 – Unity Interface.

Na Figura 5 é mostrada a interface da Unity, que tem seções separadas com objetivos e ferramentas diferentes. Dentre as seções, a *MainScene* e *Inspector* têm o maior destaque, sendo a primeira responsável por demonstrar como o jogo vai ser visualizado pelo jogador enquanto a segunda é onde se permite editar as propriedades dos objetos dentro do jogo. Na parte inferior da imagem vemos a hierarquia de pastas onde fica disponível os *assets*, que são os objetos, *scripts* e animações. Dentre as linguagens de programação aceitas pela ferramenta está C# que é a linguagem escolhida para este trabalho, C++ e Javascript.

3.1.2 Papete Inteligente

Um calçado do tipo Papete foi equipado com um acelerômetro que é um dispositivo eletrônico que mede a aceleração do movimento corporal em um, dois ou três planos (anteroposterior, médiolateral e vertical). Permitem quantificar objetivamente a frequência, duração e intensidade de uma atividade física em função das características dos sinais de aceleração, como o intervalo de tempo, o padrão de oscilação e a magnitude dos mesmos (CHEN; BASSETT, 2005). Junto com ao acelerômetro está um giroscópio, dispositivo que determina a variação na orientação, este mede a taxa de variação de ângulo de rotação em torno de um eixo específico e diferente do acelerômetro não é afetado pela gravidade, suas variações são medidas em rotação por minuto ou graus por segundo (ENGERS et al., 2021). A papete também é equipada com uma placa de prototipagem Arduino baseada no microcontrolador ATmega328P. A comunicação da Papete com os jogos é feita via serial UART *(Universal Asynchronous Receiver/Transmitte)*. As taxas de transmissão entre a Papete e a Unity são previamente configuradas em 115200 *bps* (bits por segundo). O acelerômetro foi posicionado na papete entre o segundo e o terceiro metatarso de forma a melhor capturar parâmetros de movimento dos pés em flexão plantar e flexão dorsal Mingrone e Correa (2020). A integração é feita dentro da Unity via porta serial e configurando seus valores, feito isso somente é necessário a captura e tratamento dos valores recebidos. Está integração já está concluída para Unity, sendo necessário que os jogos criados para a papete realizem apenas configurações de nível de compatibilidade e estabeleçam a conexão com a porta serial.

3.2 Requisitos

O levantamento de requisitos é uma parte importante de um projeto, ajudando a diminuir problemas no desenvolvimento de software e sendo uma atividade relevante para que o desenvolvimento do software seja bem-sucedido (DOURADO, 2014). Pensando neste quesito foram levantados os requisitos funcionais e não funcionais a seguir:

Requisitos Funcionais:

- O software deve ter um módulo de entrar no jogo;
- O software deve permitir ao jogador iniciar um jogo;
- O software deve permitir ao jogador escolher o nível do jogo;
- O software deve permitir controles de interação convencionais e Papete;
- O software deve permitir ao jogador escolher qual pé será utilizado;
- O software deve permitir ao jogador desistir no meio de um mini jogo;

- O software deve dar a opção de continuar para próxima fase ou voltar para o menu após a conclusão de uma fase;
- O software deve permitir ao usuário voltar para o menu durante o mini game;
- O software deve fazer com que os movimentos nas direções tenham um tempo mínimo de 2 segundos;
- O software deve manter um intervalo de ociosidade entre os movimentos direcionais de 2 segundos.

Requisitos Não Funcionais:

- O software deve ser desenvolvido para computadores e *tablets*;
- O software deve ter interface gráfica;
- O software deve ser desenvolvido no Unity;
- O software deve ter controle de versão.

3.3 Game Design

O jogo de nome Huano é um jogo sério desenvolvido com o objetivo de ajudar na reabilitação de crianças com pé torto congênito. O jogo sério proposto tem muitos requisitos em comum com o jogo Acelera apresentado em Mingrone e Correa (2020),que como ele, deve ser controlado pela papete. Huano segue uma estória, mecânicas, personagens, arte e *game design* diferentes, de modo a proporcionar um universo mais lúdico e interessante aos jogadores.

3.3.1 Metas

As metas para Huano são:

- Ser de classificação etária *Everyone (E)* - O jogo contém conteúdo apropriado para maiores de seis anos de idade. Normalmente contém fantasia, desenho e pouca violência;
- *Single Player*. Um jogo voltado para reabilitação de crianças, deste modo o foco deve ser um jogo individual;
- Fazer bem para o ego do jogador. O jogador tem que se sentir bem ao ajudar o personagem a chegar ao final da fase, completando seu objetivo;

- Data de finalização no final do segundo semestre de 2021. Elaborado como um trabalho de conclusão de curso deve seguir as datas do mesmo;
- Controlado com uma papete. Possível de ser jogado através de um controle vestível para os pés.

3.3.2 História

A estória do jogo tem como enredo a trajetória de Huano que é um alienígena pequeno, com formato de geleia arredondada (*Slime*). Sua família sai de seu planeta natal *Ci* para conhecer o universo, com isso eles descobrem que a Terra é um bom lugar para visitar, admirar suas belezas e seus habitantes.

Logo quando chegam à Terra, Huano já fica admirado com seus habitantes e com toda fauna e flora desse planeta novo e desconhecido aos seus olhos. Sua família tem a intenção de não interferir no planeta; porém, o pequeno alienígena, que tem a capacidade de tomar qualquer forma desejada não consegue ver aquilo tudo somente pelas câmeras de sua nave e resolve fazer as coisas divertidas que ele assiste. Com essa interação com a Terra, ele cada vez mais gosta do planeta novo. Ele tem interesse em brincadeiras de crianças, florestas e animais e quer viver o momento como se fosse verdadeiro. Huano espera sua família sair de perto da sala de vigia para direcionar as câmeras da nave para algum lugar divertido e depois se teletransportar até lá. Inicialmente ele começa com brincadeiras simples como esportes e voar como um pássaro ou nadar como um peixe. Conforme o tempo de estadia dele na órbita da Terra termina e seus pais querem visitar outras partes do universo, cabe ao Huano mostrar que a Terra pode ser seu novo lar.

Para provar para sua família que o planeta precisa deles, ele começa a mostrar as atividades que eles podem realizar, como brincar com uma criança solitária, conscientizar sobre a importância de não poluir e ajudar até na manutenção da flora local. Com esses objetivos ele vai conhecendo cada vez mais amigos terráqueos. Depois de mostrar as belezas e como o planeta é divertido, diversificado e que ele e sua família devem ajudar os terráqueos a manter essa beleza por um tempo maior, Huano consegue convencer os seus pais a ficarem na Terra e a ajudar a conscientizar os humanos a preservar e cuidar melhor do planeta. Eles pousam sua nave e resolvem morar em um lugar isolado e disfarçados de humanos.

3.3.3 Personagem

O jogo conta com personagens principais que interagem com o jogador e secundários que fazem parte da composição do cenário e imersão do jogador na estória. O personagem principal é Huano.

Huano:

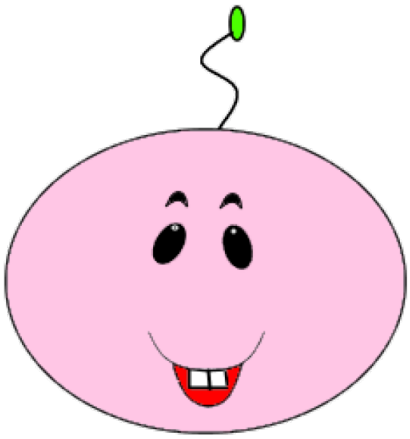


Figura 6 – Forma original Huano.

Um alienígena criança, curiosa e destemida (Figura 6). Tem como características marcantes sua forma redonda com textura gelatinosa e antena de ponta verde que tem a capacidade de mudar de cor conforme suas emoções. Nasceu no planeta *Ci* e agora viaja pelo cosmo com sua família.

3.3.4 Jogabilidade

Huano é um jogo de 3 dimensões com controles e movimentação simples. O jogo contém fases que são compostas por mini jogos. Estes mini jogos têm como objetivo levar um objeto na tela até certa posição, desviar de obstáculos ou coletar recompensas. Todos esses mini jogos têm as mesmas condições de controle dos acontecimentos que são as direções direita e esquerda. Inicialmente planejado para quatro direções, porém por causa das limitações da papete foram mantidas somente as direções laterais. O jogo é baseado em tempo, caso o jogador não desvie de um obstáculo ou colete uma recompensa isso afetará o seu tempo final, os mini jogos são finalizados ao se completar todos os objetivos. Será contabilizada também a quantidade de erros para uma melhor análise sobre o rendimento do jogo.

Na Figura 7 é mostrada uma primeira visão do menu. No menu inicial é possível escolher as configurações do jogo, como qual pé e quantidade de repetições, esse valor de repetição é referente a quantidade de vezes o movimento terá que ser realizado para cada lado, ou seja, o valor final será o dobro do valor escolhido (Figura 8). Ao clicar em iniciar o jogador é direcionado para o globo onde deve escolher o mini jogo (Figura 9), ao selecionar o mini jogo, o jogo se iniciará.

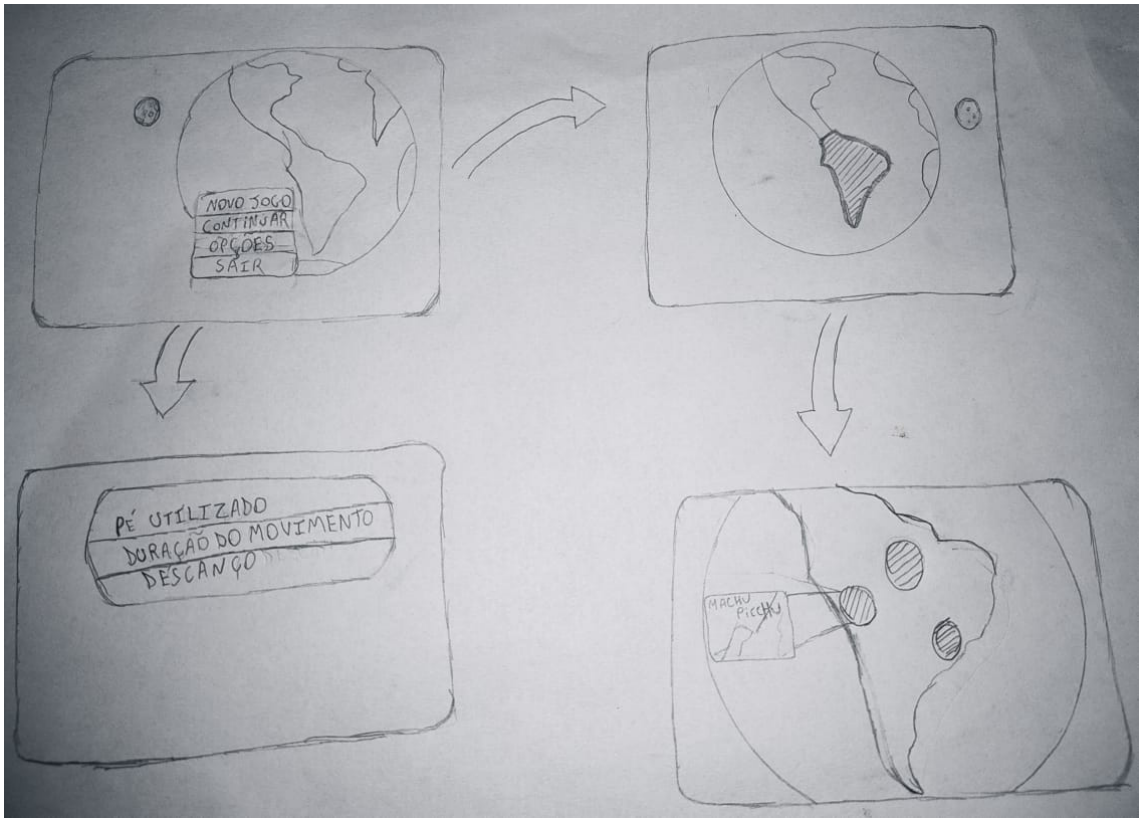


Figura 7 – Transição de telas do menu protótipo de baixa fidelidade.

3.4 Fases do jogo

Cada fase do jogo se passa em um lugar do planeta, uma fase para cada continente e as fases mostram características do local onde serão realizadas. Cada fase é composta por subfases ou mini jogos, os quais são ambientados dentro do conceito da fase com características visuais e culturais de onde serão executadas com a intenção de imersão, neste trabalho foi finalizado somente a fase um, América, ficando a continuação do desenvolvimento para trabalhos futuros. A representação das localidades de países será de forma caricata para ser atraente ao público-alvo. Nos mini jogos, Huano sempre estará presente servindo como ligação entre eles participando da cena, demonstrando reações com os erros e acertos do jogador. A Figura 10 mostra a reação dele quando o jogador acerta (B) e quando erra (A).

Todos os mini jogos são desenvolvidos para que que o jogador realize movimentos de reabilitação de adução e abdução (Figura 4).

3.4.1 Sequência das fases

O jogo foi proposto para que as fases fossem livres, lineares e tenham ilimitado número de repetições ou seja, dentro da fase para seguir para um novo objetivo ou mini jogo não é necessário realizar o anterior.

Figura 8 – Menu Inicial.

Figura 9 – Menu de Seleção.

3.4.2 Fase 1

A primeira fase do jogo se passa no continente americano. Esta fase conta com três mini jogos. O primeiro mini jogo tem como objetivo acertar uma bola no gol e se passa no Brasil. O segundo é no Alasca e tem como objetivo guiar um urso polar em um mergulho. Já o terceiro mini jogo tem como objetivo conduzir uma lhama para seu alimento.

Mini jogo 1 / Pênalti: As Figuras 11 e 12 apresentam uma primeira visão de como o mini jogo Pênalti foi projetado e na Figura 13 é mostrado primeiro protótipo na

Figura 10 – Reações do Huano (Erro/Acerto).

Unity, inicialmente ainda com as quatro direções. O objetivo do mini jogo é acertar um alvo posicionado em um dos cantos de um gol, para que o jogador vá até a bola e chute na direção apontada é necessário que seja mantido o movimento para o lado certo pela quantidade de tempo necessária (Figura 14), esse tempo é escolhido no menu inicial. As direções para o alvo são destacadas em cor diferente, o alvo só se moverá se a direção escolhida for uma direção válida para o alvo. O objetivo é acertar todos os cantos com isso totalizando 4 repetições, uma em cada um dos cantos.

.

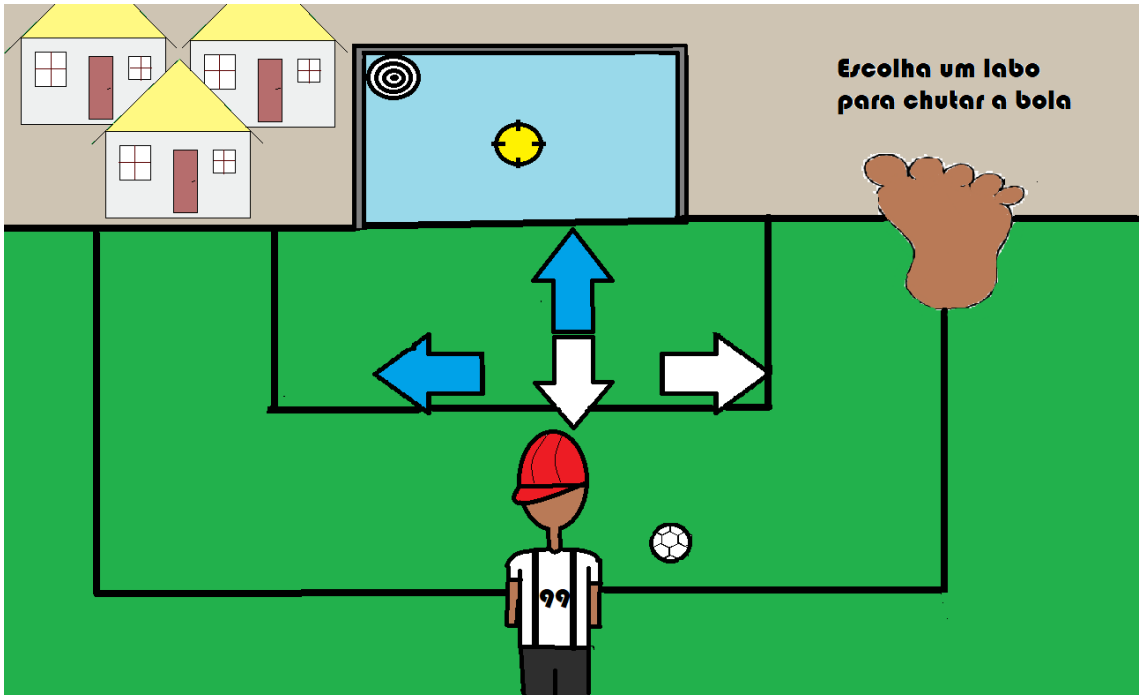


Figura 11 – Protótipo de baixa fidelidade do mini jogo Pênalti.

Regras: Pré condições: o tempo, quantidade de acertos e erros iniciam em zero.

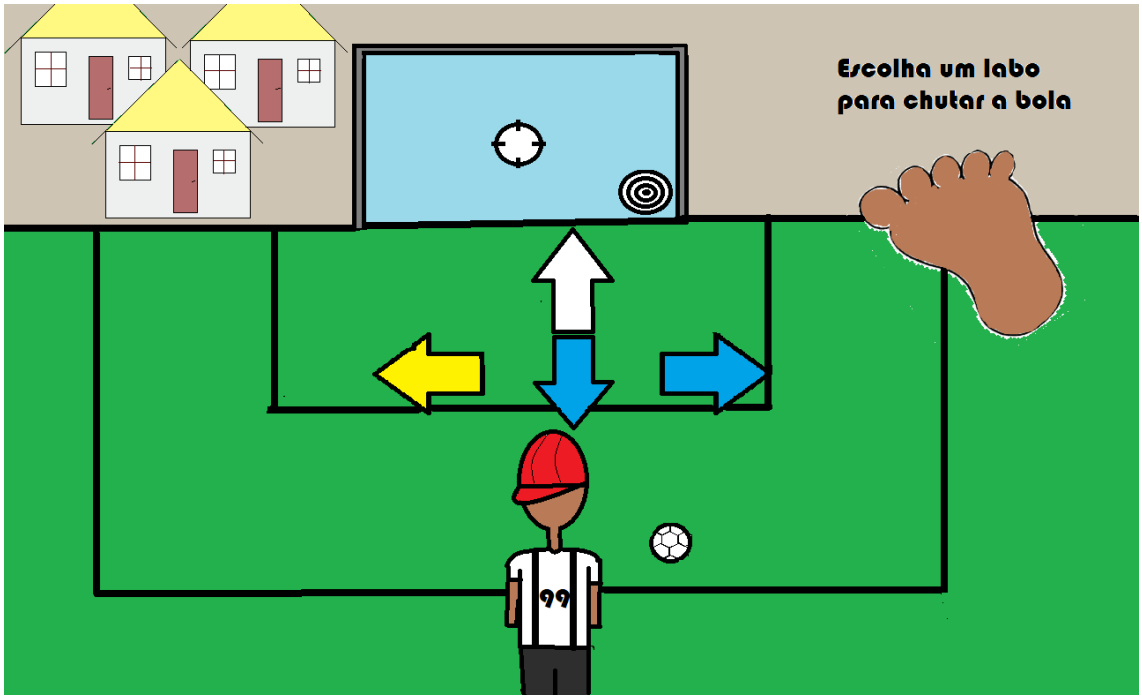


Figura 12 – Protótipo de baixa fidelidade do mini jogo Pênalti com escolha de um lado errado.

Figura 13 – Protótipo na Unity do mini jogo Pênalti.

Pós condições: Os valores serão somados aos valores já existentes na seção de jogo. Com isso o arquivo de *logs* apresentará o resultado de tempo em jogo e a quantidade total de erros e acertos referente aquela sessão de jogo, independente do mini jogo. Na Figura 15 é apresentado o fluxograma para o mini jogo.

A implementação do mini jogo Pênalti utilizou a linguagem C Sharp (C#). O trecho de código 3.1 mostra a inicialização com o sorteio das posições dos alvos e do placar (T, E) bem o controle das direções válidas e limite de tempo para atingir o alvo, onde

Figura 14 – Mini Jogo Pênalti, acerto.

input_tempo é o tempo que o jogador manteve a posição, esse tempo deve ser maior ou igual ao definido como parâmetro pelo fisioterapeuta para que seja considerado um acerto.

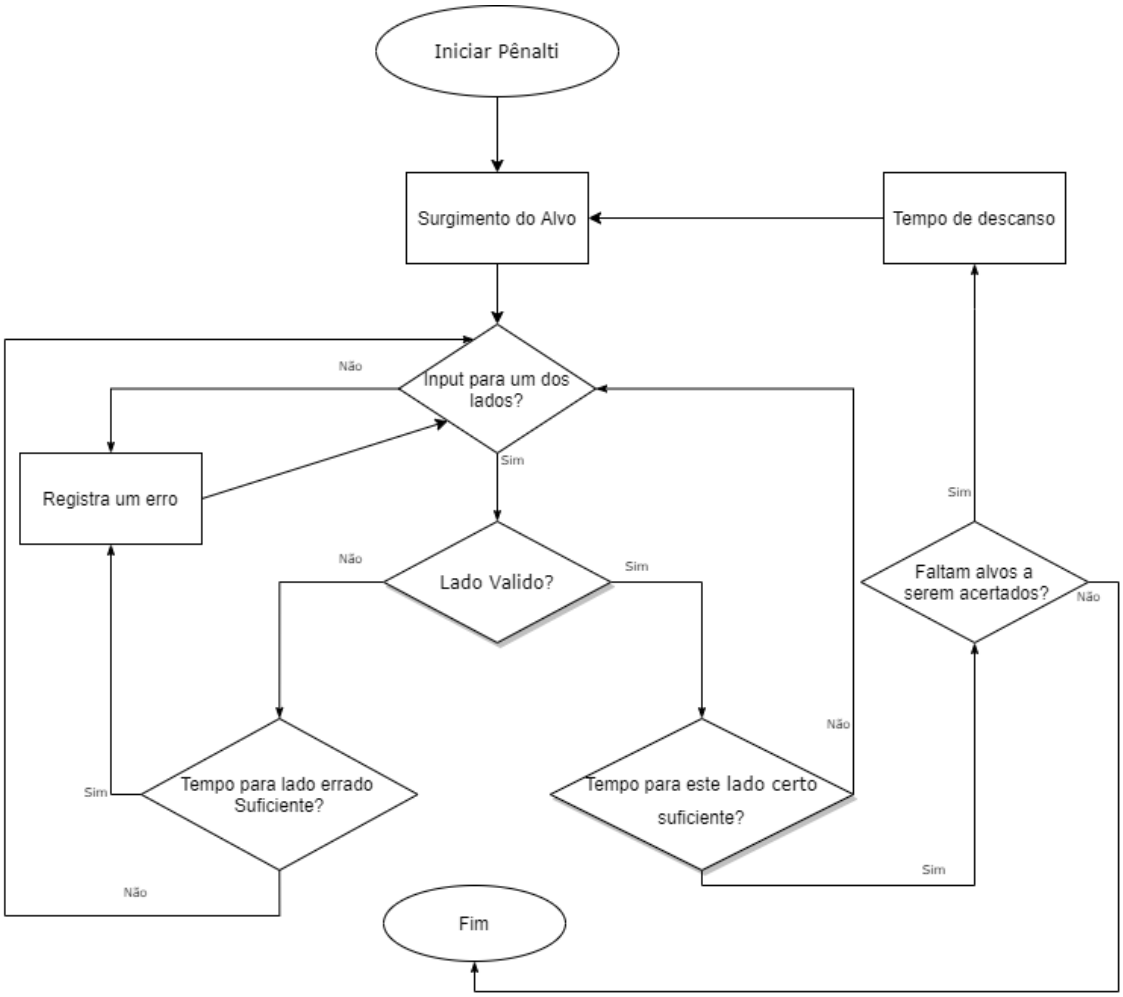


Figura 15 – Fluxograma Pênalti.

Listing 3.1 – Logica para Pênalti

```
1 objetivos[] = alvos(); // Recebe as posicoes para os 4 alvos
2 t= 0 // tempo
3 e = 0 // quantidade de erros
4
5 for (int i = 0; i < objetivos.Length; i++){ // enquanto tiver um alvo
      a ser acertado repita
6     direcoes_validas[] = direcoes(objetivos[i]); // pega as direcoes
          corretas para o alvo i.
7     While(direcoes_validas.Lenght > 0){ // enquanto tiver uma direcao
          valida repita
8         if (imput_direcao in direcoes_validas){ // checa se a direcao
              informada pelo jogador esta correta
9             if (imput_tempo > 2s){
10                moveMira(imput_direcao); // move a mira para a
                      direcao informada
11                removeElemento(imput_direcao,direcoes_validas)//
                      retira a direcao do vetor
12            }else{
13                e++ //soma um erro
14            }
15        }else{
16            e++
17        }
18    }
19 }
20 tempo_total+= t // atualiza tempo total de jogo
```

Orientações da Interface de usuário e usabilidade: Para melhor entendimento do que está acontecendo o jogador receberá informações visuais sobre suas decisões. A Figura 16 mostra uma situação inicial com objetivo do lado esquerdo, deste modo a seta verde indica para o lado esquerdo. Caso ele escolha uma direção errada, nesta situação a direita, a seta vai mudar a cor para vermelha e será computado um erro, como demonstrado na Figura 17. As demais informações apresentadas para o jogar são, ao centro o tempo que está no mini jogo, a direita a quantidade de objetivos totais e que já foram concluídos e a esquerda a quantidade de erros

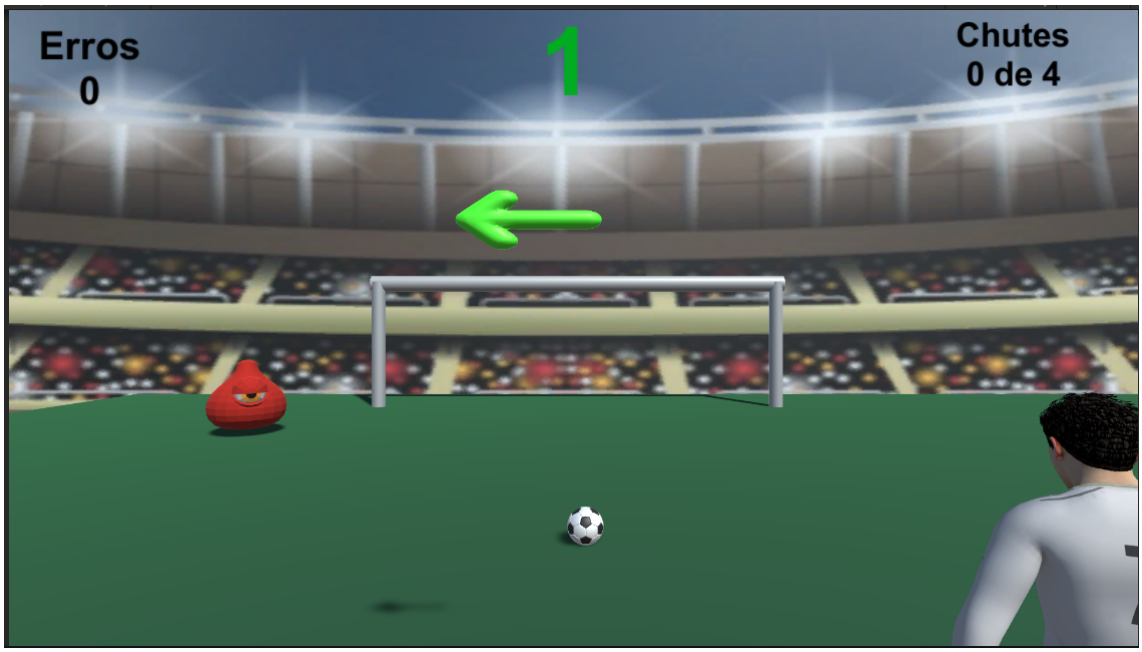


Figura 16 – Mini Jogo Pênalti com objetivo do lado esquerdo.

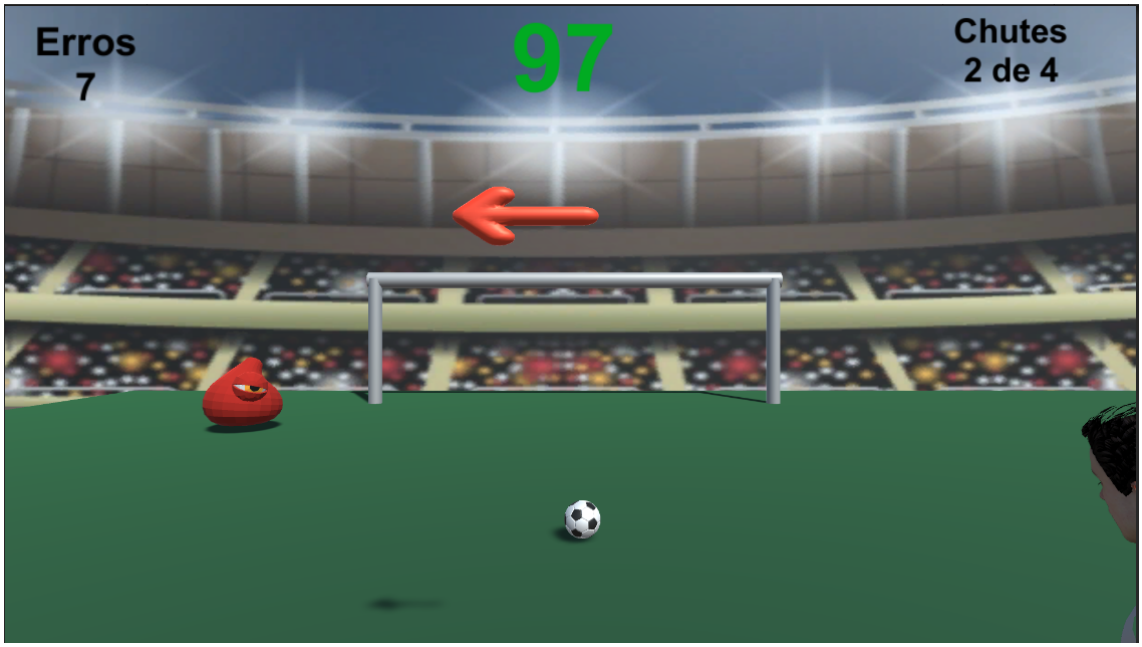


Figura 17 – Mini Jogo Pênalti com escolha errada de direção.

Mini jogo 2 / Polar:

Mini jogo se passa no polo norte onde o jogador controla um urso polar, a ambientação se passa em uma montanha de neve cercada pelo oceano (Figura 18) onde o objetivo é direcionar o urso polar controlado pelo usuário, de maneira a acertar o bloco de gelo na água. Após a escolha correta ser realizada ele se movimenta em direção ao objetivo. O bloco de gelo pode aparecer na direita ou esquerda do urso e o usuário deve escolher a direção que ele está, para que ocorra o acerto.

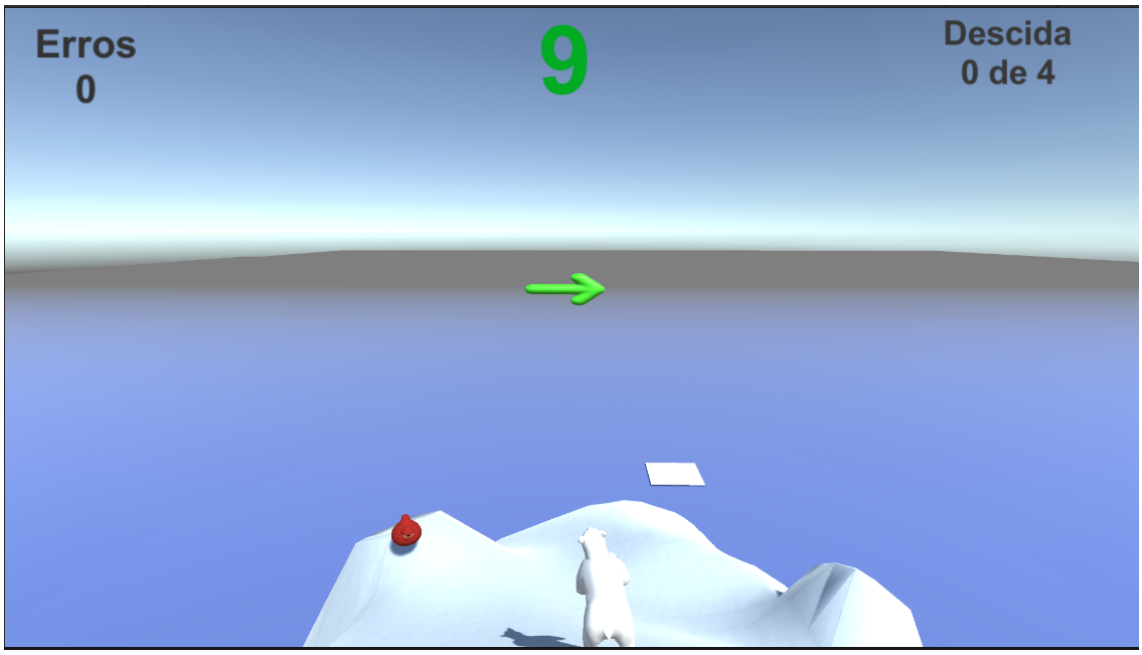


Figura 18 – Mini Jogo Polar.

Regras Polar segue a mesma lógica de regras do mini jogo Pênalti.

Para implementar o mini jogo Polar foram utilizadas as mesmas características técnicas e de *software*. Polar tem uma lógica diferente em relação ao Pênalti, sua sequência de ações é menor, pois somente um objeto em cena se movimenta, o urso. Essa simples interação diminui a complexidade na implementação, necessitando de menos objetos, *scripts* e validações.

Orientações da Interface de usuário e usabilidade: O usuário ao iniciar o mini jogo terá a informação indicando onde objetivo está, o bloco de gelo, juntamente com uma seta apontando a direção correta. Caso o jogador escolha o lado correto e permaneça o tempo esperado a seta e o alvo mudam para um novo destino, caso a escolha seja do lado errado a seta ficará vermelha e será registrado um erro.

Mini jogo 3 / Lhama:

Ambientado no Peru, que tem como representação no mini jogo por vegetação abrangente, montanhas e o personagem controlado pelo jogador, uma lhama, animal típico desta região (Figura 19). O jogo tem como objetivo direcionar a lhma controlada pelo

usuário para o arbusto que representa seu alimento. Após a escolha correta ser realizada ele se movimenta em direção ao objetivo. O arbusto pode aparecer na direita ou esquerda do jogador e o usuário deve escolher a direção que o mesmo está para que ocorra o acerto.

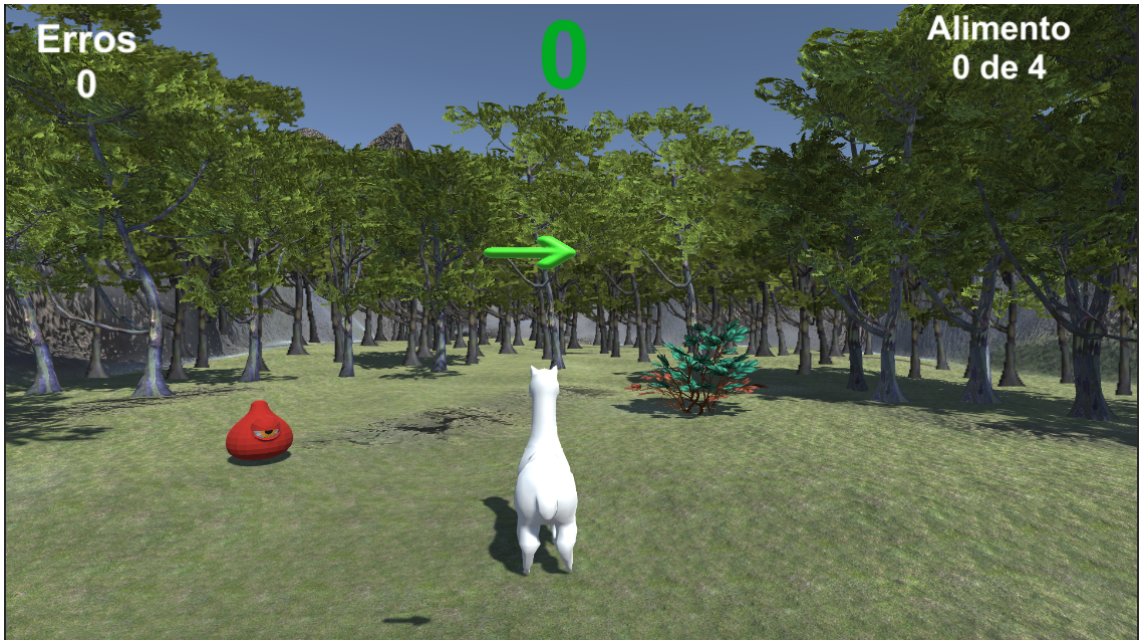


Figura 19 – Mini Jogo Lhama.

Regras Lhama segue a mesma lógica de regras dos mini jogos anteriormente citados.

Lhama tem uma lógica bem próxima a Polar, sua sequência de ações, *scripts* e interações. A grande diferença está na ambientação e objetos em cena. O cenário deste mini jogo apresenta vegetação, montes e montanhas numa representação do habitat natural de uma lhama.

Orientações da Interface de usuário e usabilidade: O usuário ao começar o jogo terá a informação indicando onde objetivo está, neste caso o arbusto, juntamente com uma seta apontando a direção correta. Caso o jogador escolha o lado correto e permaneça o tempo esperado a seta e o alvo mudam para um novo destino, caso a escolha seja do lado errado a seta ficará vermelha e será registrado um erro.

3.4.3 Fases adicionais

Fase 2:

Esta e as fazes seguintes ainda estão em desenvolvimento, deixando sua conclusão para trabalhos posteriores. A fase do jogo ocorre no continente europeu e contém dois mini jogos. O primeiro é ambientado na Inglaterra e tem como objetivo acertar uma bola de golfe no buraco correto (Figura 20). O segundo mini jogo tem como objetivo guiar um esquilo até a arvore que estão as nozes e se passa na Espanha (Figura 21).

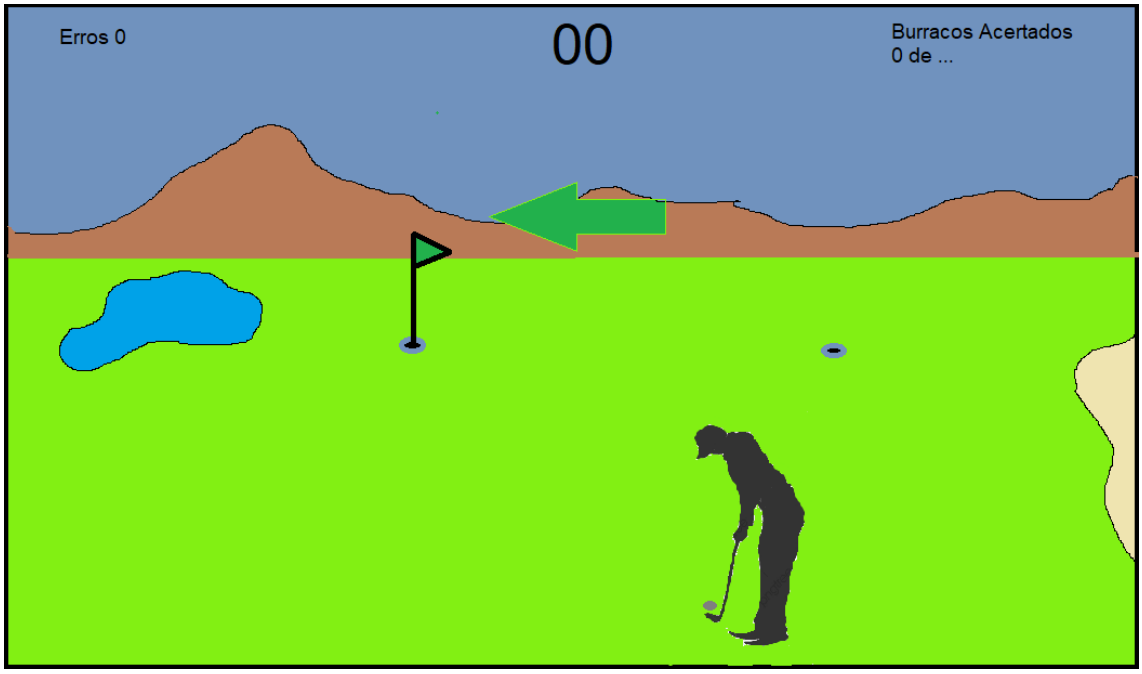


Figura 20 – Protótipo de baixa fidelidade, Golfe.

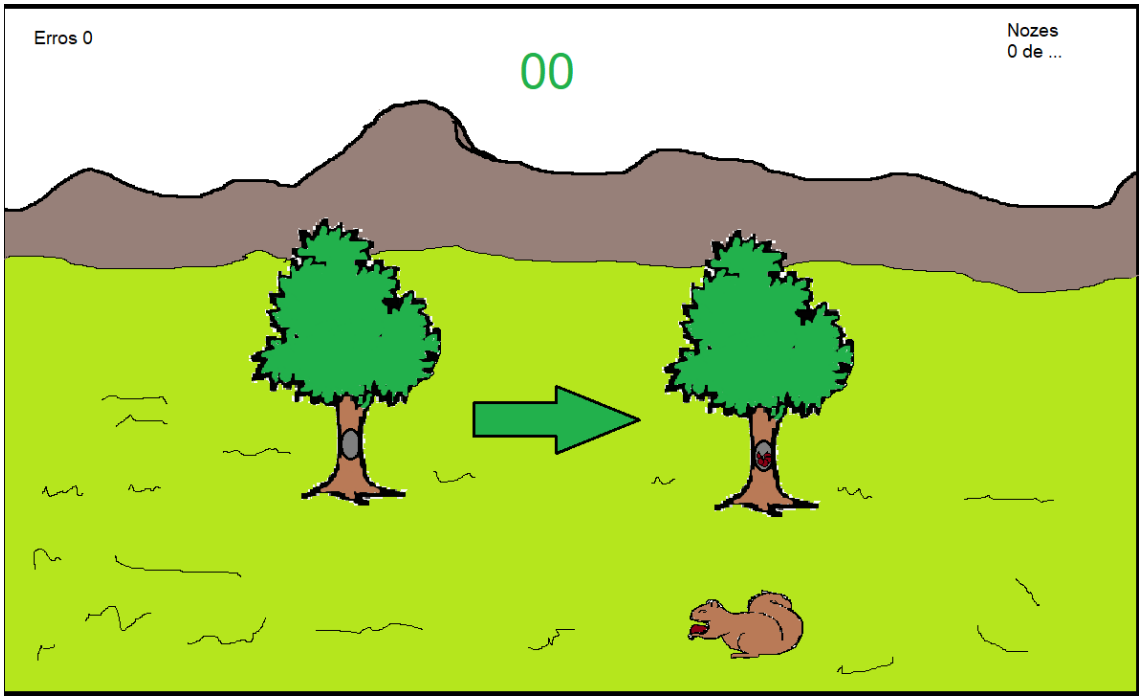


Figura 21 – Protótipo de baixa fidelidade, Esquilo.

Fase 3:

Fase que retrata o continente africano e conta com um mini jogo. Este tem o objetivo de controlar um gorila o direcionando para pegar as frutas (Figura 22).

Fase 4:

Desta vez no continente asiático, esta fase apresenta um mini jogo com objetivo de

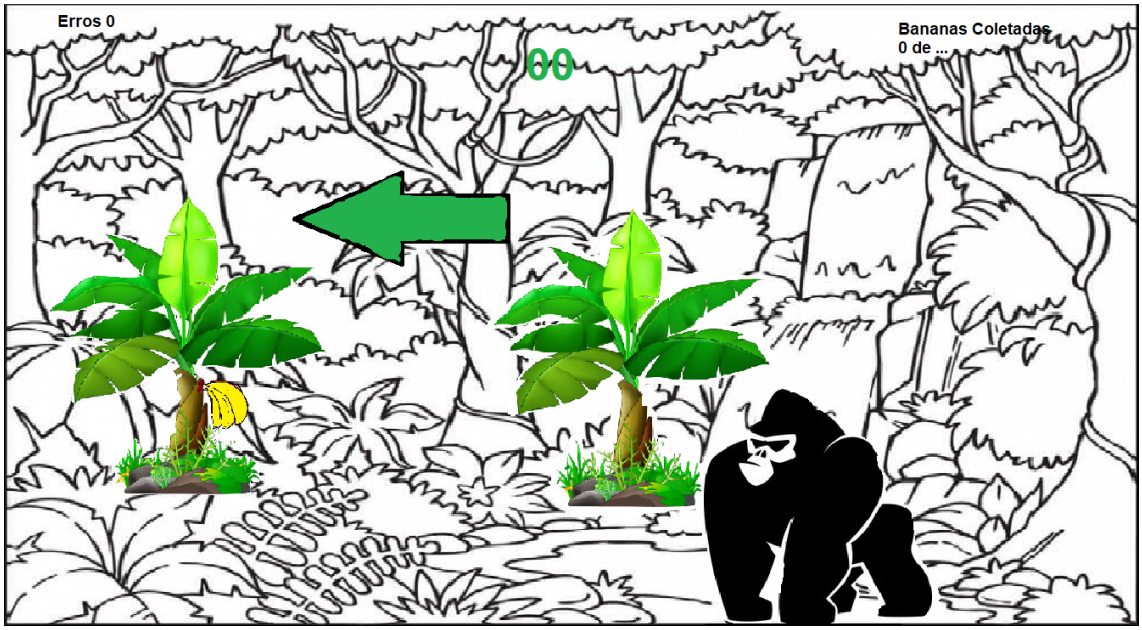


Figura 22 – Protótipo de baixa fidelidade, Gorila.

treinamento de saques de ping-pong (Figura 23).

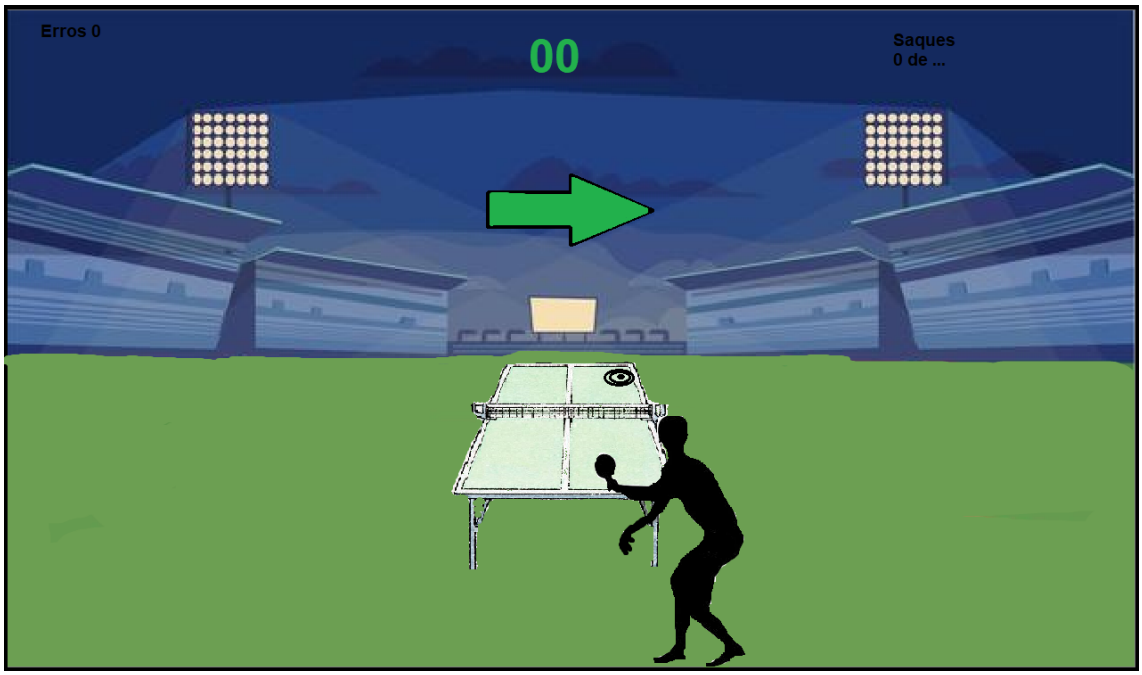


Figura 23 – Protótipo de baixa fidelidade, Ping-Pong.

Fase 5:

A última fase do jogo se passa no continente Oceania, contém dois mini jogos. O primeiro tem objetivo chutar a bola de rugby no canto correto do "H"que são os postes que ficam em cada linha de fundo (Figura 24). Já o segundo mini jogo tem objetivo ajudar uma mãe canguru a ir de encontro ao seu filhote e colocá-lo em sua bolsa, marsúpio (Figura 25).

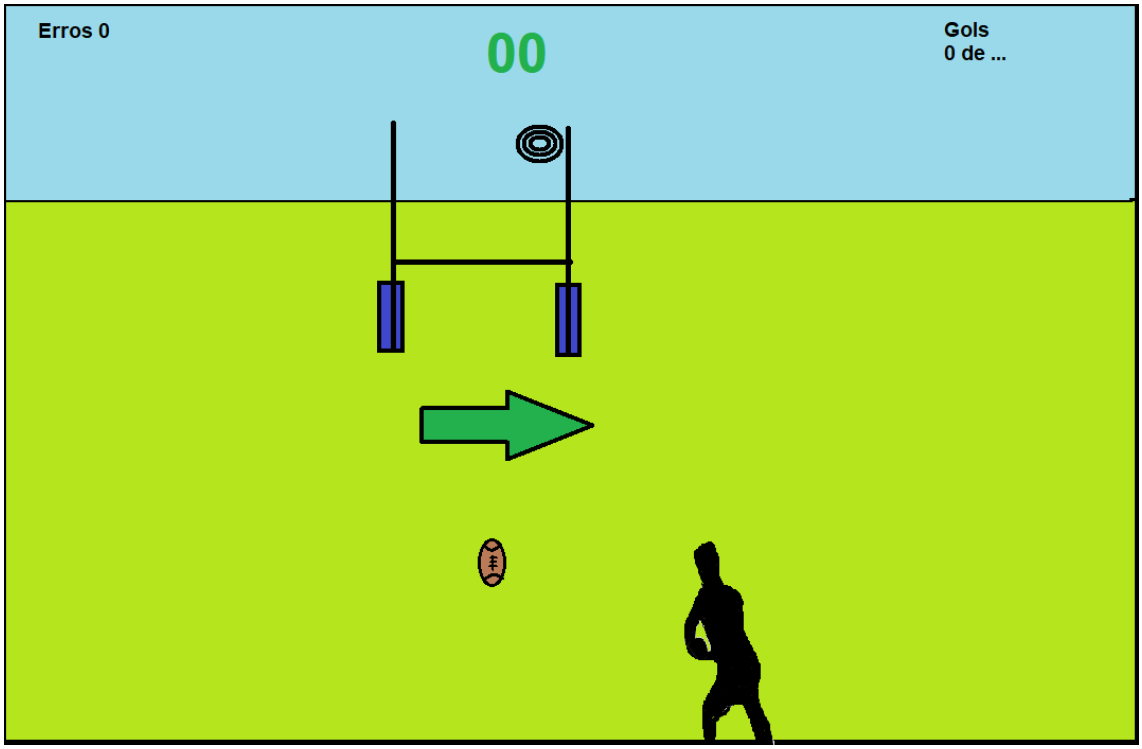


Figura 24 – Protótipo de baixa fidelidade, Rugby.

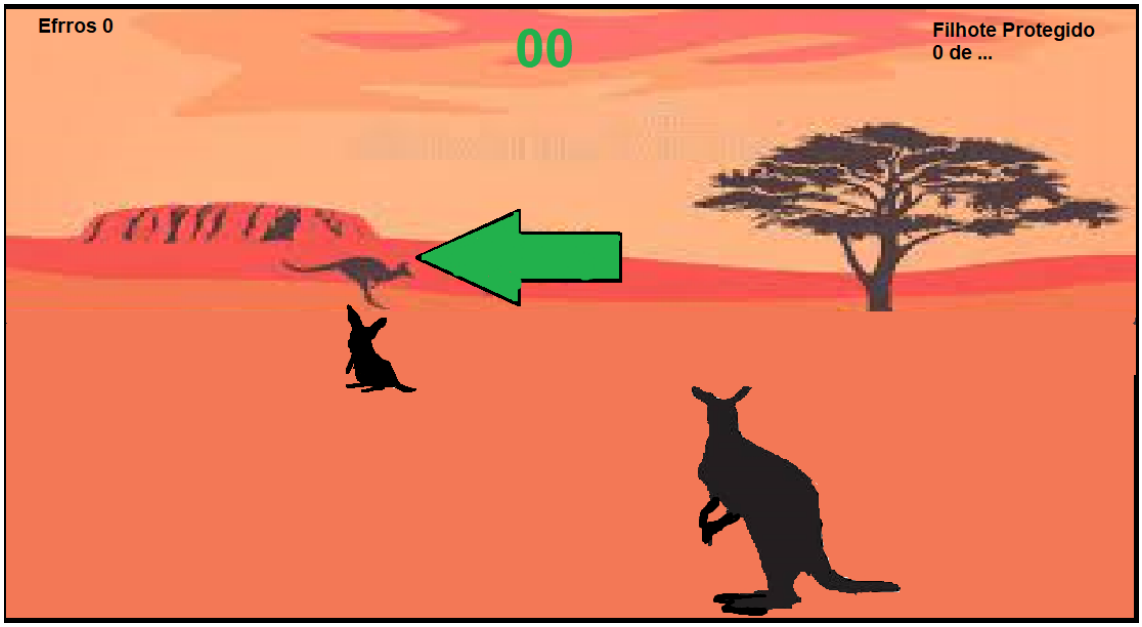


Figura 25 – Protótipo de baixa fidelidade, Canguru.

4 Resultados

Nesse capítulo são apresentados os resultados do trabalho, como a elaboração de documentos, o desenvolvimento de protótipos e de uma versão de demonstração do jogo.

O jogo tem sua implementação utilizando a ferramenta Unity com *assets* disponíveis em sua plataforma, juntamente com a utilização de imagens sem direitos reservados. Unity foi escolhido porque sua integração com a papete já foi realizada e é inclusive utilizada no jogo Acelera, a escolha de outra ferramenta acompanharia a necessidade do desenvolvimento de uma nova integração.

A criação do jogo tomou como base cenas, a navegação dentro do jogo é realizada pela troca delas. As configurações escolhidas são mantidas pela função nativa de preferência de usuário, apresentado no trecho de código 4.1 onde as variáveis são os campos de texto do menu inicial (Figura 8). Dentro dos mini jogos os valores de tempo do movimento e número de repetições são adicionadas através do *script Controler*, o trecho 4.2 ilustra como a operação é realizado.

Listing 4.1 – Logica para guardar as configurações da sessão

```
1 using UnityEngine.UI;
2 using UnityEngine;
3 using System;
4 using TMPro;
5
6 public TMP_InputField p_name;
7 public TMP_InputField rep;
8 public  Dropdown foot;
9 public TMP_InputField rep_time;
10
11 public void setPrefs(){
12         PlayerPrefs.SetString ("PName",p_name.text);
13         PlayerPrefs.SetInt
               ("Repetitions",int.Parse(rep.text.ToString()));
14         PlayerPrefs.SetInt
               ("RepTime",int.Parse(rep_time.text.ToString()));
15
16         PlayerPrefs.SetString ("Foot",foot.options[foot.value].text);
17     }
```

Listing 4.2 – Aplicando configurações aos mini jogos

```
1 using UnityEngine.UI;
2 using UnityEngine;
3 using System;
```

```
4
5
6 public class Controller : MonoBehaviour{
7
8     int tempo_movimento;
9     int quantidade_repeticoes;
10
11    Start() {
12        tempo_movimento = PlayerPrefs.GetInt("RepTime");
13        quantidade_repeticoes = PlayerPrefs.GetInt("Repetitions");
14
15    }
16
17 }
```

No script *Controler* é realizado todo o gerenciamento da cena, é gerado também o vetor de direções e posicionada a seta para o lado correto. Além disso gerencia o tempo do movimento, faz a contagem dos *frames* e a conversão para tempo. As regras de erro e acerto juntamente com as condições para o final do mini jogo. No código 4.3 é apresentada a função *Update* que é executada a cada *frames* do jogo e é nela que ficam as regras do mini jogo.

Listing 4.3 – Função Update, gerenciamneto das regras do mini jogo

```
1 void Update()
2 {
3     // t é a contagem dos frames
4     // timer é o tempo de jogo apresentado na tela
5     // time é o tempo escolhido para cada movimento        //
          currentPs é a posição atual, controla o andamento no vetor de
          alvos
6     // playng é o controle do tempo de animação, playng fica
          verdadeiro quando não tem interação de acerto
7
8     // ao aperta a tecla ESC o jogador é redirecionado para o menu
          de seleção
9     if (Input.GetKey(KeyCode.Escape)){
10        SceneManager.LoadScene(selectMenu);
11    }
12    //atualiza as informações na tela a cada segundo, são 60 frames
          por segundo
13    if (t==60){
14        timerDisplay.text = timer.ToString();
15        timer =timer +1;
16        errorDisplay.text = "Erros " +tError.ToString();
17        hitDisplay.text = "Chutes " + currentPs.ToString() +" de " +
              targets.Length.ToString();
```

```
18          t=0;
19      }else{
20              t++;
21      }
22
23      // checa se a posição atual é menor que o tamanho máximo do vetor
24      if(currentPs < targets.Length){
25          bool right = (getCurrentTg() == 1); //  se a posição atual é
                para o lado direito, verdadeiro
26          if(playng){ // aguarda a interação entre os objetos em caso
                de acerto
27              if (correctSide > time*60){// checa se o movimento foi
                    para o lado correto por tempo suficiente
28                      correctSide = 0;
29                      playng = false;
30                      alien.GetComponent<AlienScript>().setVictory();
                            // chama a função para mudar animação do Huano
31                      player.GetComponent<PlayerScript>().toBall(); //
                            movimenta o jogador até a bola
32                          StartCoroutine( restTime()); // espera o
                                tempo de descanso para o jogador
33
34              }else{
35                  if ( (right && Input.GetAxis("Horizontal") > 0) ||
                        (!right && Input.GetAxis("Horizontal") < 0)){ //
                        checa se o lado pressionado é o correto e soma na
                        variável
36                      correctSide +=1;
37                  }else if ((!right && Input.GetAxis("Horizontal") >
                        0) || (right &&  Input.GetAxis("Horizontal") <
                        0)){// checa se ouve um erro e realiza as
                        interações caso tenha
38                      if (!arrow.GetComponent<Arrow>().getReporting()){
39                          alien.GetComponent<AlienScript>().setDizzy();
40                          arrowReport();
41                          if(!reportAlien)
42                          StartCoroutine( reportTime());
43                      }
44                  }else if (correctSide >0 &&
                        Input.GetAxis("Horizontal") == 0){ //Horizontal
                        maior que zero significa movimento para a
                        direita, menor que zero para a esquerda e zero
                        não a movimento.
45                      if (!arrow.GetComponent<Arrow>().getReporting()){
46                          alien.GetComponent<AlienScript>().setDizzy();
47                          arrowReport();
48                          if(!reportAlien)
```

```
49                                StartCoroutine( reportTime());
50                        }
51                    }
52                }
53
54
55            }
56        }else{ //finaliza o jogo chamando a cena de menu
57                correctSide= 0;
58                SceneManager.LoadScene(selectMenu);
59
60        }
61
62    }
```

Esse *script* faz todo o gerenciamento, controle e interação dos objetos em cena. Ele invoca funções dos outros objetos como no exemplo do código 4.3 linhas 47 e 48 onde quando detectado que o movimento não foi mantido por tempo suficiente para ser considerado um acerto são chamadas as interações com a seta e com o Huano para gerar o *feedback* de erro.

Uma divergência foi notada durante o desenvolvimento, uma diferença na tonalidade das cores de uma cena quanto executada diretamente (Figura 26) de quando chamada pela função *LoadScene()*, sendo que invocada pela função a cor fica em tom metálico e com iluminação mais escura como demonstrado na Figura 27. Verificou-se está divergência em todos os mini jogos, não ocorrendo somente nas telas de início e menu. Dados apontam que isto pode estar ocorrendo devido a texturas dos materiais ou iluminação dos objetos em cena, cuja troca entre as cenas há uma perca de parâmetros.

Durante a implementação percebeu-se a necessidade de criação de um arquivo *json*, para guardar os dados sobre o desempenho do jogador, que nada mais é que um arquivo de *log*. Neste arquivo é registrado a quantidade de erros e acertos, nome do jogador e tempo total em partida. O arquivo de *log* é salvo ao final de cada sessão e o identificador para cada arquivo é o nome do jogador juntamente com a data de criação.Para o cálculo do tempo de permanência do para o lado, é utilizado uma função para contar os *frames*. Primeiramente definiu-se que o jogo executará a 60 *frames* por segundo, desta maneira foi desenvolvido uma rotina para contar os *frames* e dividir por 60, obtendo assim, o tempo da permanência do acerto. Na implementação dos mini-jogos foram criados objetos com e sem *scripts* associados. Esses *scripts* trabalham a lógica por trás do jogo, dentre eles vale destacar o *Controller* que faz toda a troca de mensagens entre os objetos, reposiciona e reorganiza os mesmos de acordo com o necessário. Os objetos que têm interação são eles: A seta que indica a direção do chute, o personagem que deve se movimentar caso a sequência de eventos seja a correta, a bola que deve ir até o alvo correto após o chute e o

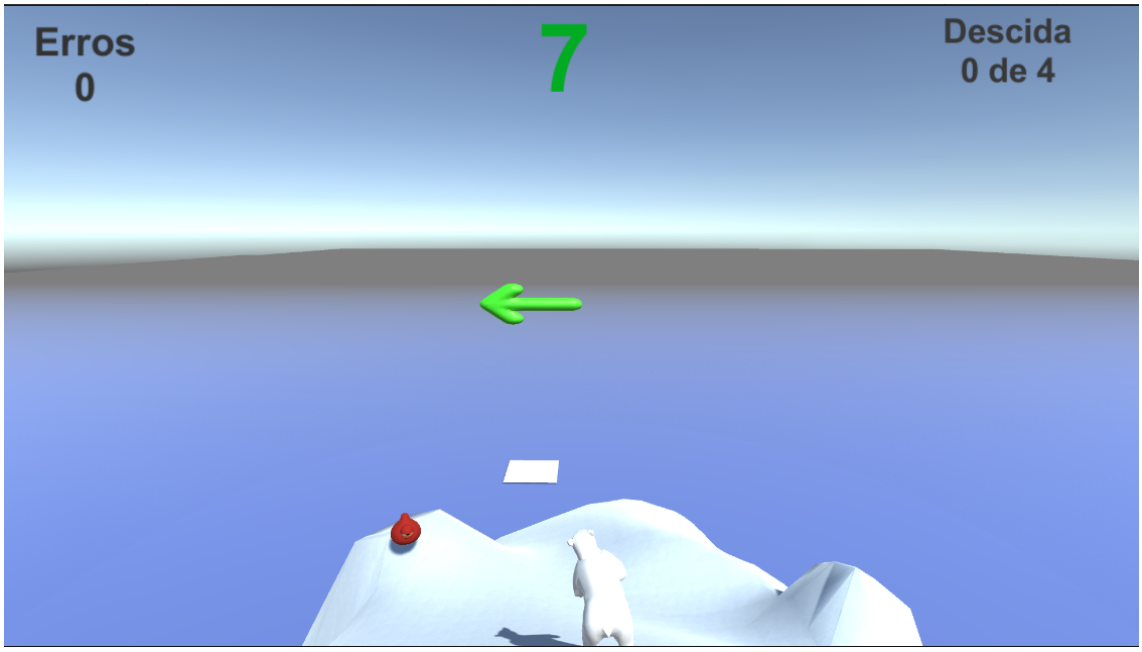


Figura 26 – Mini Jogo Polar, cena criada

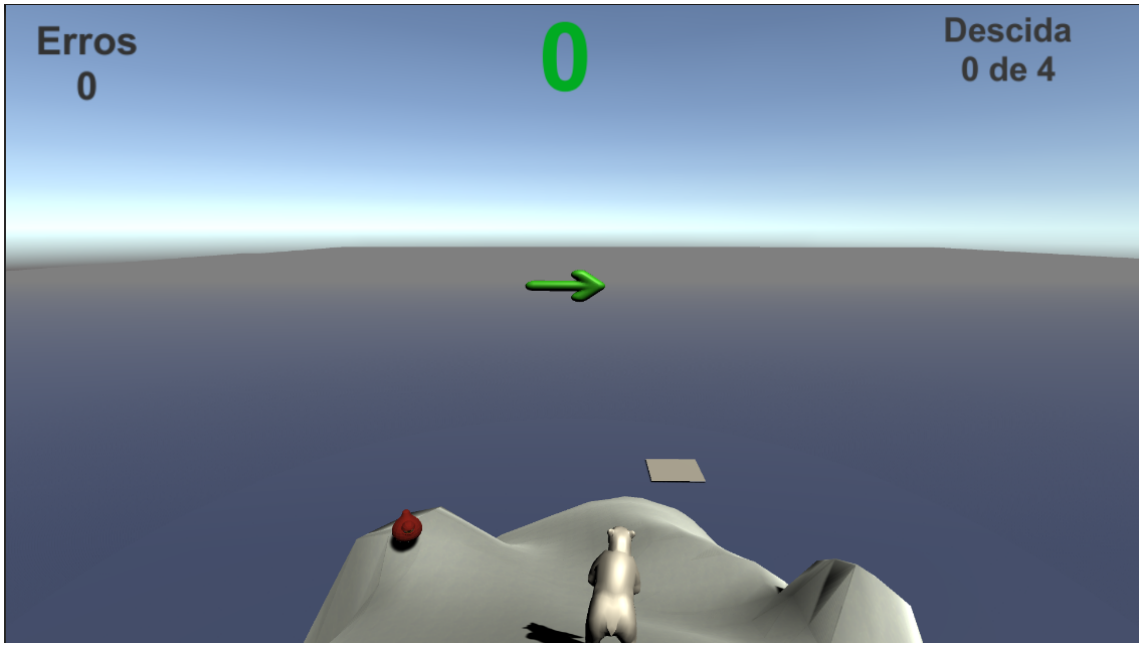


Figura 27 – Mini Jogo Polar, cena criada chamada pelo *LoadScene()*.

Huano que reage as ações do jogador. Após toda a interação os objetos são preparados para aguardar a nova interação do jogador.

5 Conclusão

Este trabalho apresentou um jogo desenvolvido para utilização juntamente com a papete na reabilitação de crianças com pé torto congênito. PTC é a deformidade congênita de maior prevalência na ortopedia e seu tratamento, muitas vezes, é acompanhado de métodos cirúrgicos e reabilitação física. A Gameterapia é uma opção menos tediosa, cansativa e desinteressante para a reabilitação.

No desenvolvimento do jogo Huano foi criado um enredo/história juntamente com a documentação que especifica e detalha suas características técnicas e objetivos como público-alvo e requisitos funcionais. Além disso o jogo foi inteiramente planejado para aceitar a *wearable* papete como entrada de dados. Jogo foi desenvolvido em Unity onde foram gerados protótipos e uma versão de teste disponibilizada no Google Drive, essa versão consta com as primeiras três fases e menus.

Para trabalhos futuros são propostos a criação das fases faltantes na versão de teste, a aplicação de mais animações aos objetos e cenas, com intenção de tornar o jogo mais imersivo e atrativo aos jogadores e por fim o tratamento do efeito das cores na troca de cenas dentro do mini jogos. Além disso, a integração do jogo com a papete e a condução de testes com crianças com PTC são possíveis desdobramentos desse trabalho.

Referências

ADAMOVICH, S. V. et al. Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*, IOS Press, v. 25, n. 1, p. 29–44, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 11.

ALVAREZ, J.; DJAOUTI, D. et al. An introduction to serious game definitions and concepts. *Serious Games & Simulation for Risks Management*, LARSEN Science, v. 11, n. 1, p. 11–15, 2011. Citado na página 15.

BALCI, O. A life cycle for modeling and simulation. *Simulation*, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 88, n. 7, p. 870–883, 2012. Citado na página 15.

BUCHINGER, D.; HOUNSELL, M. da S. Jogos sérios competitivo-colaborativos: um mapeamento sistemático da literatura. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 24, n. 1, p. 275. Citado na página 15.

CAETANO. Funcionalidade biomecânica". *.Net*, 2019. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/calcado/classificacao-do-calcado/funcionalidade-biomecanica/>. Acesso em: 20 abr. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 14.

CHEN, K. Y.; BASSETT, D. R. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. *Medicine and science in sports and exercise*, Citeseer, v. 37, n. 11, p. S490, 2005. Citado na página 18.

CORRÊA, A. G. D. et al. Perception of health professional about clinical utility of an augmented reality musical system to motor and cognitive rehabilitation. In: IEEE. *2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*. [S.l.], 2014. p. 71–79. Citado na página 15.

CORRÊA, A. G. D. et al. Gear vr and leap motion sensor applied in virtual rehabilitation for manual function training: an opportunity for home rehabilitation. In: *Proceedings of the 5th Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 148–151. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

DIAS, R. S.; SAMPAIO, I. L.; TADDEO, L. d. S. Fisioterapia x wii: a introdução do lúdico no processo de reabilitação de pacientes em tratamento fisioterápico. In: *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 8–10. Citado na página 10.

DIAS, T. d. S. et al. Contribuições da gameterapia para as habilidades cognitivas de um adolescente com paralisia cerebral1. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, SciELO Brasil, v. 27, p. 898–906, 2019. Citado na página 13.

DIAS, T. da S. et al. As contribuições da gameterapia no desempenho motor de indivíduo com paralisia cerebral/the contributions of game therapy concerning motor performance of individual with cerebral palsy. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 25, n. 3, p. 575–584, 2017. Citado na página 12.

DJAOUTI, D. et al. Origins of serious games. In: *Serious games and edutainment applications*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 25–43. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 14.

DOURADO, A. C. Técnicas para o levantamento de requisitos: uma proposta para a obtenção de resultados mais precisos. 2014. Citado na página 18.

ENGERS, V. D. D. et al. Modelagem de ruídos de giroscópios mems comerciais para aplicações em navegação inercial. Joinville, SC, 2021. Citado na página 18.

FERREIRA, D. et al. Desenvolvimento de um jogo sério controlado por dispositivo wearable para exercícios de dorsiflexão e flexão plantar. In: . [S.l.: s.n.], 2020. Citado 4 vezes nas páginas 6, 8, 10 e 12.

FERREIRA, D. R. d. M. J. *Análise cinemática do andar de crianças com pé torto congênito tratadas pelo método funcional francês adaptado*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018. Citado na página 8.

FRADE, M. C. M. et al. Equilíbrio dos deficientes visuais antes e após gameterapia. *Revista Educação Especial*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 27, n. 50, p. 751–764, 2014. Citado na página 13.

GMEZ-PORTES, C. et al. Home rehabilitation based on gamification and serious games for young people: A systematic mapping study. *Applied Sciences*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 10, n. 24, p. 8849, 2020. Citado na página 15.

GRANDE, A. A. B. D.; GALVÃO, F. R. de O.; GONDIM, L. C. A. Reabilitação virtual através do videogame: relato de caso no tratamento de um paciente com lesão alta dos nervos mediano e ulnar. *Acta fisiátrica*, v. 18, n. 3, p. 157–162, 2011. Citado na página 10.

JOSÉ, S. R. et al. Parâmetros biomecânicos da marcha em crianças com pé torto congênito unilateral e bilateral. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, SciELO Brasil, v. 30, n. 2, p. 271–277, 2016. Citado na página 8.

LARA, L. C. R. et al. Tratamento do pé torto congênito idiopático pelo método de ponseti: 10 anos de experiência. *Revista Brasileira de Ortopedia*, SciELO Brasil, v. 48, n. 4, p. 362–367, 2013. Citado na página 8.

LIMA, T. et al. Playing against dengue design and development of a serious game to help tackling dengue. In: IEEE. *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. [S.l.], 2017. p. 1–8. Citado na página 15.

LV, Z. et al. Foot motion sensing: augmented game interface based on foot interaction for smartphone. In: *CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 293–296. Citado 3 vezes nas páginas 6, 10 e 11.

MARANHO, D.; VOLPON, J. Congenital clubfoot. *Acta Ortop Bras*, SciELO Brasil, v. 19, n. 3, p. 163–169, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 13.

MARANHO, D. A. C.; VOLPON, J. B. Pé torto congênito. *Acta Ortopédica Brasileira*, SciELO Brasil, v. 19, p. 163–169, 2011. Citado na página 14.

MINGRONE, L. H. L.; CORREA, A. G. D. Desenvolvimento de um jogo sério para exercícios de inversão e eversão do pé torto congênito. In: *XVI Jornada de Iniciação Científica e X Mostra de Iniciação Tecnológica-2020*. [S.l.: s.n.], 2020. Citado 3 vezes nas páginas 9, 18 e 19.

NESTERCHUK, N. et al. The technique of physical rehabilitation in clubfoot. *Physiotherapy Quarterly*, Termedia, v. 27, n. 1, p. 25–34, 2019. Citado na página 8.

PEREIRA, B. M. et al. Efeito de um programa de gameterapia no equilíbrio de idosos. *ConScientiae Saúde*, v. 17, n. 2, p. 113–119, 2018. Citado na página 8.

PICHIERRI, G.; MURER, K.; BRUIN, E. D. de. A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, BioMed Central, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2012. Citado na página 8.

PIMENTEL, M. M. et al. Influência da gameterapia sobre o equilíbrio de portadores de doença de parkinson. In: *Anais do 4º Congresso Internacional de Envelhecimento*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 2, n. 1, p. 101–7. Citado na página 13.

SANTIN, R. A. L.; FILHO, J. S. H. Pé torto congênito. *Rev Bras Ortop*, Citeseer, v. 12, n. 1, p. 1–15, 1977. Citado 3 vezes nas páginas 8, 13 e 14.

SAWYER, B.; SMITH, P. Serious games taxonomy. In: *Slides from the serious games summit at the game developers conference*. [S.l.: s.n.], 2008. v. 5. Citado na página 15.

SILVA, M. Z. et al. Efetividade da gameterapia no controle postural de uma criança com paralisia cerebral hemiplegica espastica. *VII Encontro da Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação Especial*, p. 3094–3106, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 11.

SILVA, T. G. d. et al. Jogos sérios em mundos virtuais: uma abordagem para o ensino-aprendizagem de teste de software. Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Citado na página 15.

UNITY. Unity user manual 2021.1. *.Net*, abr. 2021. Disponível em: <https://docs.unity3d.com/2021.1/Documentation/Manual/index.html>. Acesso em: 12 abr. 2021. Citado na página 17.