UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de conclusão de curso

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA EM REALIDADE VIRTUAL PARA O TREINAMENTO DE ATLETAS DA MODALIDADE BOCHA PARALÍMPICA

João Paulo Bezerra Fernandes

Natal/RN
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA EM REALIDADE VIRTUAL PARA O TREINAMENTO DE ATLETAS DA MODALIDADE BOCHA PARALÍMPICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Biomédica.

Graduando: João Paulo Bezerra Fernandes.

Orientador: Prof. Dr. Edgard Morya.

Coorientadora: Profa. Dra Heliana Bezerra Soares.

Natal/RN
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA EM REALIDADE VIRTUAL PARA O TREINAMENTO DE ATLETAS DA MODALIDADE BOCHA PARALÍMPICA

Banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Prof. Dr. Edgard Morya _____

IIN-ELS - Orientador

Profa. Dra. Heliana Bezerra Soares _____

UFRN - Co - Orientadora

Prof. Dr. Leônidas de Oliveira Neto _____

UFRN - Avaliador interno

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado durante todo o período da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder todo o suporte para chegar até o fim da graduação. À minha família que sempre me apoiou e incentivou a seguir lutando em prol dos meus objetivos, sem desistir. Em especial a minha irmã, Juliana Bezerra, que esteve ao meu lado em todos os momentos, me auxiliando a tomar as melhores decisões.

Agradeço também ao meu orientador, Edgard Morya, por confiar no meu trabalho e por me ensinar a produzir ciência que impacta a sociedade. À minha co-orientadora, Heliana Bezerra, por toda atenção e disponibilidade.

A Victor Alves pelo apoio, companheirismo e disponibilidade em estar sempre ao meu lado me dando suporte.

Ao Instituto Internacional de Neurociências - Edmond e Lily Safra (IIN-ELS) por permitir a elaboração deste trabalho e fornecer todo o suporte necessário.

A Associação Paradesportiva do Rio Grande do Norte (APARN), por permitir que seus atletas participassem deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica.

A Severino, Thaísa e Matheus por contribuírem para a materialização deste trabalho com ideias e sugestões.

Agradeço também aos meus amigos desde a infância, Ranny, Rebeca e Neto, por estarem sempre presentes. Aos amigos do ensino médio, Daniel, Joel, Matheus e Luiz, por me fazerem crescer e enxergar as coisas sob outra ótica. Aos amigos da graduação, Luísa, Jhainny, Karla, Letícia, Débora, Gabriel, Nicolle, Giovanna, Camila, Cândido e Renoir por todos os momentos compartilhados entre as aulas. Aos amigos do IIN-ELS, principalmente, Tássia, Tâmara e Junio, por todo o conhecimento passado e paciência.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ..... **VI**

LISTA DE TABELAS ..... **VIII**

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SÍMBOLOS E SIGLAS ..... **IX**

RESUMO ..... **X**

ABSTRACT ..... **XI**

1 INTRODUÇÃO **1**
1.1 OBJETIVO **3**
1.1.1 OBJETIVO GERAL *3*
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS *3*
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **3**
1.2.1 BENEFÍCIOS DO ESPORTE ADAPTADO *3*
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO **4**

2 BOCHA PARALÍMPICA **6**
2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ATLETAS **6**
2.2 ARENA DO JOGO **8**
2.3 REGRAS DA BOCHA PARALÍMPICA **9**
2.4 SISTEMAS DE TREINAMENTO BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL .. **10**

3 METODOLOGIA **12**
3.1 CONHECIMENTO DO HARDWARE E SOFTWARE DE DESENVOLVIMENTO **13**
3.1.1 ESPECIFICAÇÃO DO HARDWARE 13
3.1.2 ESPECIFICAÇÕES DO SOFTWARE DE DESENVOLVIMENTO 14
3.2 DESENVOLVIMENTO DO JOGO **15**
3.3 FUNCIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO JOGO **17**
3.4 ADAPTAÇÃO DO JOGO **19**
3.5 COLETA DE DADOS **21**
3.5.1 PARTICIPANTES 21
3.5.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL 22
3.5.3 AQUISIÇÃO E FILTRAGEM DE DADOS 22
3.6 ANÁLISE DOS DADOS **23**

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES **24**
4.1 ANÁLISE DA DISTÂNCIA DOS LANÇAMENTOS **24**
4.2 DISCUSSÃO **35**

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS **37**

REFERÊNCIAS **38**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Atleta de bocha classificado como BC1 e seu auxiliar..... 6

Figura 2 - Atleta classificado como BC2 7

Figura 3 - Atleta classificado como BC3 utilizando ponteira para efetuar jogada 7

Figura 4 - Atleta classificada como BC4 8

Figura 5 - Dimensões da quadra da bocha paraolímpica 9

Figura 6 - Diagrama das etapas de desenvolvimento do trabalho.....12

Figura 7 - Kit VIVE composto por óculos, controladores e câmeras infravermelhas.....13

Figura 8 - Interface do Programa de desenvolvimento - Unity 14

Figura 9 - Console de programação - Microsoft Virtual Studio.....15

Figura 10 - Diagrama das etapas de desenvolvimento do jogo 16

Figura 11 – (a) Vista superior do ambiente virtual e (b) Visão do jogador ao entrar na plataforma 17

Figura 12 – (a) Visão do controlador pela perspectiva do jogador e (b) Interação do controlador com os objetos.....18

Figura 13 - Bola suspensa com contador funcionando.....18

Figura 14 - Interface final do jogo com placar final 19

Figura 15 - Inserção de botão no jogo.....20

Figura 16 - Posicionamentos das bolas azuis e branca. (a) No end 1, (b) No end 2, (c) No end 3 e (d) No end 4 20

Figura 17 - Bolas vermelhas com indicação na variação do atrito.....20

Figura 18 - Aquisição de amostras de posição em x, y e z.....22

Figura 19 - Gráficos de lançamentos do voluntário 1. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2,* (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*. 25

Figura 20 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 1. 25

Figura 21 - Gráficos de lançamentos do voluntário 2. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*. 26

Figura 22 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 2. 26

Figura 23 - Gráficos de lançamentos do voluntário 3. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3 e* (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.....27

Figura 24 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 3. 28

Figura 25 - Gráficos de lançamentos do voluntário 4. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*. 29

Figura 26 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 4. 29

Figura 27 - Gráfico de sobreposição das médias das distâncias dos voluntários do grupo dos não atletas 30

Figura 28 - Gráficos de lançamentos do voluntário 5. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*. 30

Figura 29 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 5. 31

Figura 31 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 6. 31

Figura 32 - Gráficos de lançamentos do voluntário 7. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*. 32

Figura 33 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 7. 32

Figura 34 - Gráficos de lançamentos do voluntário 8. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*. 33

Figura 35 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 8 34

Figura 36 - Gráfico de sobreposição das médias das distâncias de todos os voluntários do grupo dos atletas.....34

Figura 37 - Gráfico de sobreposição das médias dos grupos. 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos participantes. 21

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SÍMBOLOS E SIGLAS

ANDE - Associação Nacional de Desporto para Deficientes

BISFED - *Boccia International Sports Federation*

DBA - Distância da bocha à bocha alvo

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

RV - Realidade Virtual

MDBA - Média da distância da bocha à bocha alvo

OMS - Organização Mundial de Saúde

FERNANDES, João Paulo Bezerra. **Desenvolvimento de plataforma em realidade virtual para treinamento de atletas da modalidade bocha paralímpica.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 53 p., 2019.

RESUMO

As empresas de realidade virtual (RV) vendem jogos de esportes e entretenimento para o público em geral. Logo, existem muitas opções para as pessoas escolherem o que jogar. Por outro lado, as pessoas com deficiência não têm o mesmo leque de opções, principalmente atletas. Para resolver essa limitação, foi desenvolvido um *exergame* direcionado a não atletas e paratletas de bocha paralímpica usando o *HTC VIVE Port*, o mecanismo de jogo *Unity 3d* e um *plugin* chamado *SteamVR*. A plataforma pode ser usada para treinamento, medindo o desempenho do usuário considerando seus arremessos enquanto a sessão de treinamento está sendo executada também como entretenimento. Para validar o jogo, foi testado em quatro não atletas e quatro atletas. Os resultados da cinemática espacial da mão e da bola mostraram um aumento no desempenho dos atletas enquanto eles jogavam o jogo, por outro lado, o grupo de não atletas teve desempenho linear. O jogo simula o ambiente e registra dados cinemáticos para permitir o aprimoramento das estratégias e do desempenho do treinamento.

Palavras chave: Realidade virtual, bocha paralímpica, *exergame*, treinamento.

FERNANDES, João Paulo Bezerra. **Development of virtual reality platform for training athletes of the Paralympic boccia.** Undergraduate Thesis, Bachelor's Degree in Biomedical Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, 53 p., 2019.

ABSTRACT

Virtual reality (VR) companies sell sports and entertainment games for the public in general. Therefore, there are lots of options for people chose what to play. On the other hand, disabled people do not have the same range of choices, especially athletes. To address that limitation, we developed an exergame targeting non-athletes and parathletes of adapted boccia using HTC VIVE Port, game engine Unity 3d and a plugin called SteamVR. The platform can be used for training, measuring user's performances considering its pitches while training session is running also as entertainment. To validate the game, we tested it on four non-athletes and four athletes. Results of hand and ball spatial kinematic showed an increase in athletes performances while they played the game, on the other hand non-athlete group had linear performance. The Boccia 3D emulates the environment and records kinematic data to allow improvement of training strategies and performance.

Key words: Virtual reality, Paralympic Boccia, exergame, training.

1 INTRODUÇÃO

A prática de esportes é um fenômeno sociocultural e comportamental (MARCHI JUNIOR, 2015) definido como atividade competitiva que envolve a utilização de habilidades motoras ou esforço físico de indivíduos em que há motivação para participação (BARBANTI, 2006). Todavia, a quantidade de praticantes de modalidades esportivas no Brasil ainda é reduzida considerando-se a população dos 14 aos 75 anos. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2013, apenas 25,6% da população brasileira na faixa etária citada praticavam algum esporte (IBGE, 2013). Com relação ao número de pessoas com deficiência que praticavam algum esporte na época, os números são ainda mais baixos, totalizando 17,85% (IBGE, 2013).

Apesar da quantidade de praticantes de esportes ser reduzida, as vendas de jogos eletrônicos e simuladores imersivos que utilizam conceitos esportivos cresceu na última década, com taxa de crescimento de cerca de 5 bilhões de dólares ao ano apenas nos Estados Unidos da América. De acordo com a *Super Data Research*, as vendas de produtos do mercado imersivo tendem a crescer (THEESA, 2019). Empresas como a XR projetam ampliar suas vendas em 442% até o ano de 2022 (THEESA, 2019).

Além da XR, empresas como Nintendo e Microsoft investem em tecnologias que promovem mais interação entre os usuários e os jogos, como os consoles Nintendo Wii™ e Xbox Kinect™ (THEESA, 2019). Ambas as plataformas permitem que os usuários joguem utilizando os seus movimentos no mundo real. A esse tipo de jogo dá-se o nome de *exergames*, capazes de proporcionar imersão e interação ao jogador (OH; YANG, 2010).

A chegada dos *exergames* ao mercado possibilitou aos usuários experienciar situações inusitadas até o momento, como a prática de modalidades esportivas. Assim, os jogadores puderam ter contato com o tênis, boxe, boliche e golfe, por exemplo, sem sair de casa. Desta forma, os videogames passaram a ser vistos não somente como diversão, mas também como possibilidade de tirar os jogadores do sedentarismo (DOURIS *et al.*, 2012). De acordo com a revisão de Sween *et al.* (2014), os usuários que utilizam *exergames* como estratégia para se exercitar triplicam seu gasto energético, reduzindo os riscos de obesidade e sedentarismo.

Ainda que as vendas dos consoles Nintendo Wii™ e Xbox Kinect™ sigam até a hoje, de acordo com o VGChartz, houve diminuição em suas arrecadações a partir de 2009. Paralelamente a este fato, na mesma época, os *exergames* em realidade virtual começaram a

surgir no mercado e passaram, rapidamente, a serem usados utilizados pelos *gamers.* (VGChartz, 2019).

A realidade virtual (RV) é um recurso composto por simulações computacionais que interagem com o usuário fornecendo a ele *feedback* de um ou mais sentidos, proporcionando a sensação de estar mentalmente imerso ou presente no ambiente virtual (SHERMAN; CRAIG, 2019).

Assim, os consoles Nintendo Wii™ e Xbox Kinect™ podem ser consideradas detentores de tecnologia de realidade virtual, mesmo que mais simples e com menos interação.

Um conceito que complementa esta definição foi mencionado por Carl *et al.* (2019), em que trata a RV como um mecanismo de exposição para tratamentos diversos: esportivos, fisioterapêuticos, psicológicos.

A partir do desenvolvimento de plataformas em RV, muitas possibilidades surgem, não somente na área do entretenimento. Estudos reportam a utilização de *exergames* em RV para tratamentos de algumas condições de saúde como a doença de Parkinson (ALVES *et al.*, 2018), controle de equilíbrio em pacientes idosos (BORGES; MENDES, 2015) e controle de marcha em pacientes que sofreram acidente vascular encefálico (ROOIJ *et al.*, 2019).

Além das aplicações para a área da saúde, também são encontrados estudos que utilizam RV no treinamento e análise de performance de atletas em modalidades esportivas como basquete (TSAI *et al.,* 2017) e futebol americano (HUANG *et al.*, 2015). Dessa maneira, atletas e comissões técnicas podem utilizar desses recursos para analisar e potencializar desempenhos.

Todavia, os desenvolvedores de jogos ainda se concentram, majoritariamente, em produzir simuladores em RV para modalidades esportivas populares, de tal maneira que, atletas de modalidades menos conhecidas ou modalidades paralímpicas tem acesso limitado às tecnologias desse porte, como por exemplo, os atletas da bocha paralímpica.

Sendo uma modalidade olímpica, a bocha consiste em uma competição entre 02 (dois) times, cujo objetivo é lançar bolas o mais próximo possível da bola alvo (branca). A modalidade é praticada por pessoas com alto grau de comprometimento motor. Em nível de competição, os atletas são classificados em 04 (quatro) categorias: BC1, BC2, BC3, BC4, que variam de acordo com o tipo de comprometimento e também com a capacidade de arremessar as bolas (BISFED, 2018).

Como a bocha paralímpica é um esporte pouco difundido, a modalidade ainda carece de tecnologias que auxiliem os atletas no exercício de seus lançamentos. Diante disso, foi desenvolvido neste trabalho uma plataforma imersiva em realidade virtual que simula as condições da bocha paralímpica: ambiente, regras, sistema de pontuação e dinâmica de jogo. A tecnologia é capaz de mapear os lançamentos dos paratletas. Assim, a comissão técnica e o atleta poderão analisar melhor os dados dos treinos, avaliar as performances individuais quantitativamente e planejar estratégias de jogo.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma plataforma imersiva em realidade virtual para dar suporte aos treinos dos atletas da modalidade da bocha paralímpica.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver plataforma em realidade virtual que simula a quadra da modalidade;
- Realizar testes de desempenho na plataforma;
- Realizar testes com os atletas BC2 e BC4;
- Realizar aquisição dos dados;
- Processar os dados no MATLAB;
- Comparar resultados dos grupos participantes do estudo.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 BENEFÍCIOS DO ESPORTE ADAPTADO

A prática de esportes adaptados é capaz de trazer muitas mudanças na vida de um indivíduo. Pessoas com deficiência conseguem sair de uma vida completamente limitada pela sua condição física para conhecer uma realidade em que são capazes de se desenvolverem pessoal, física e profissionalmente como atletas (EPIPHANIO *et al*., 2017).

A saída do sedentarismo é o primeiro ponto que vale ser ressaltado, uma vez que, é fator de risco para diversas outras doenças crônicas como diabetes, hipertensão e sobrepeso

(OMS, 2019). Dessa maneira, o ganho de saúde de pessoas com deficiência que praticam alguma atividade física é evidentemente comprovado e será detalhado nos parágrafos seguintes.

Quanto aos benefícios físicos, a prática de esportes por parte de pessoas com deficiência pode trazer ganhos de força muscular, melhoria de equilíbrio, condicionamento físico, coordenação motora, além do aumento da autonomia e destreza (GORLA, 2007; GREGUOL; GORGATTI, 2008). Proporcionando assim ganho de movimentos muitas vezes perdidos ou esquecidos, aumentando a motivação dos indivíduos.

Tornando-se atleta de alto nível, a visibilidade aumenta, paralelamente os auxílios começam a surgir, fazendo com que o esporte seja visto como profissão e fonte de sustento e não mais como diversão. Muitos atletas conseguem se manter com bolsas do Governo Federal, como o Bolsa Atleta (HIACHI *et al., 2016*) e patrocínio de grandes marcas, sendo possível até mudar completamente a sua realidade social (HIACHI *et al.,* 2016). Assim, o paradesporto é também fator de geração de emprego e fonte de renda (BENFICA, 2012).

Além dos ganhos financeiros, físicos e de saúde, outro benefício extremamente importante aliado à prática de esportes adaptados é o psicológico. O esporte é visto como mecanismo de inclusão por parte das pessoas com deficiência que enfrentam preconceitos na sociedade e buscam através dos esportes se integrarem e romperem as suas próprias barreiras e limitações (MAGALHÃES *et al.,*2019). O ganho de autonomia e independência, aliados à inclusão social são fatores determinantes para a manutenção dos atletas no esporte, trazendo consigo realização pessoal e superação das adversidades da vida dos paratletas (BAPTISTA *et al.*, 2019).

Outro ponto que vale ser destacado é com relação à aceitação pessoal e ganho de autoestima. Paratletas relatam que a maneira como se enxergavam foi modificada após a prática dos esportes, uma vez que, passaram a se relacionar melhor com o seu corpo, se sentiram capazes de realizar atividades que antes não conseguiam e assim ressignificaram a sua função dentro e fora do seu núcleo familiar (BENFICA, 2012).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para desenvolver o método proposto neste trabalho, foram realizados estudos a respeito da modalidade esportiva da bocha paralímpica. Além disso, foram feitas buscas sobre a linguagem de programação C# e desenvolvimento de plataformas em realidade virtual com o objetivo de desenvolver um *exergame* capaz de fornecer os dados necessários

para realizar a análise dos lançamentos. Desse modo, este trabalho foi segmentado em 5 seções que serão detalhados na sequência.

Na seção 2 serão expostos os conceitos da bocha paralímpica, bem como as regras da modalidade e a classificação dos atletas, além de conceitos de realidade virtual e como os jogos podem ser usados para reabilitação e esporte.

A seção 3 é composta pela metodologia do trabalho, exibindo como cada etapa foi realizada, desde a modelagem do ambiente, desenvolvimento o jogo, integração com o *hardware* e *software* até as adaptações para necessárias para coleta e análise de dados. Na seção 4 serão apresentados os resultados obtidos após as coletas de dados, bem como as discussões pertinentes a estes resultados. Por fim, a seção 5 trará a conclusão deste trabalho juntamente com as perspectivas de trabalhos futuros.

2 BOCHA PARALÍMPICA

A bocha paralímpica ou apenas bocha é um esporte que chegou ao Brasil por volta da década de 70 e é uma modalidade praticada por pessoa com paralisia cerebral ou com alto grau de deficiência física, que comprometa os quatro membros (CAMPEÃO; OLIVEIRA, 2006).

A modalidade é caracterizada por ser uma competição entre indivíduos, pares ou equipes, permitindo equipes mistas entre homens e mulheres. Além dos jogadores, também são permitidos auxiliares e calheiros para ajudar os atletas a realizarem as suas jogadas dependendo da sua classificação (PARALYMPIC BOCCIA, 2019).

A bocha possui quatro classificações entre os seus atletas: BC1, BC2, BC3 e BC4. As partidas ocorrem em uma quadra de jogo, onde todos estão sujeitos às regras da modalidade (ANDE, 2019).

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ATLETAS

Os atletas classificados como BC1(Figura 1) possuem paralisia cerebral e alterações motoras em todo o corpo, tendo dificuldades de alterar a posição de sentar e nos movimentos de segurar e largar. Atletas dessa categoria possuem auxiliar para entregar as bolas, oferecer suporte de segurança e auxiliar o retorno do tronco após as jogadas (BISFED, 2018).

Figura 1 - Atleta de bocha classificado como BC1 e seu auxiliar.

Fonte: Globo (Globo, 2016).

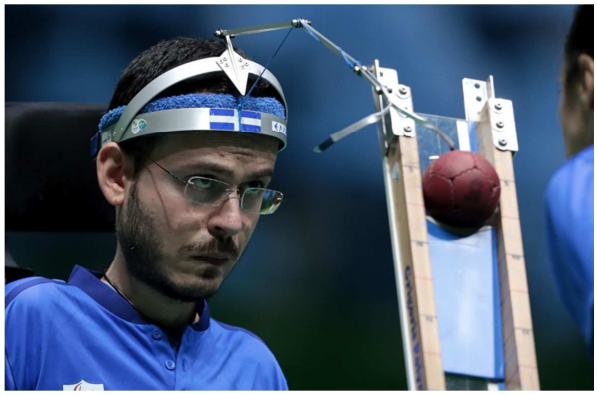
Os atletas classificados como BC2 (Figura 2), assim como BC1, também apresentam paralisia cerebral e alterações motoras do corpo, entretanto possuem maior controle de tronco, sendo capazes, em alguns casos, de movimentar sozinhos as suas cadeiras com mãos ou pés, podem conseguir ficar de pé e andar com instabilidade, conseguindo afastar os dedos e polegar de maneira lenta. Nessa categoria não é permitido auxílio (BISFED, 2018).

Figura 2 - Atleta classificado como BC2.

Fonte: Globo (Globo, 2016).

A categoria BC3 (Figura 3) é caracterizada por atletas com ou sem paralisia cerebral de origem degenerativa ou não, no qual, possuem disfunção motora grave nos quatro membros e não apresentam força e coordenação suficientes para segurar e largar a bola. Por isso, nessa categoria é permitido o uso do dispositivo auxiliar, a calha, juntamente com o auxiliar que irá segurar a bola até o momento da soltura do atleta, podendo ser feito com ponteiros posicionados na cabeça ou na boca do atleta (ANDE, 2019).

Figura 3 - Atleta classificado como BC3 utilizando ponteira para efetuar jogada.



Fonte: ***Paralympic Sports (Paralympic Sports,* 2017*)***

A categoria BC4 (Figura 4), assim como BC2, não permite que o atleta seja assistido por nenhum aparado ou auxiliar e é caracterizada por atletas com disfunção locomotora nos quatro membros de origem degenerativa ou não cerebral, abarcando pessoas com ataxia, distrofia muscular, esclerose múltipla, entre outras lesões como artrogripose e algumas síndromes. Nessa categoria, os atletas possuem faixa ativa de movimentos pequena, não conseguem realizar movimentos bruscos, utilizam da cabeça ou braços para retornar à posição de sentado, além do precário controle de segurar e largar a bola (ANDE, 2019).

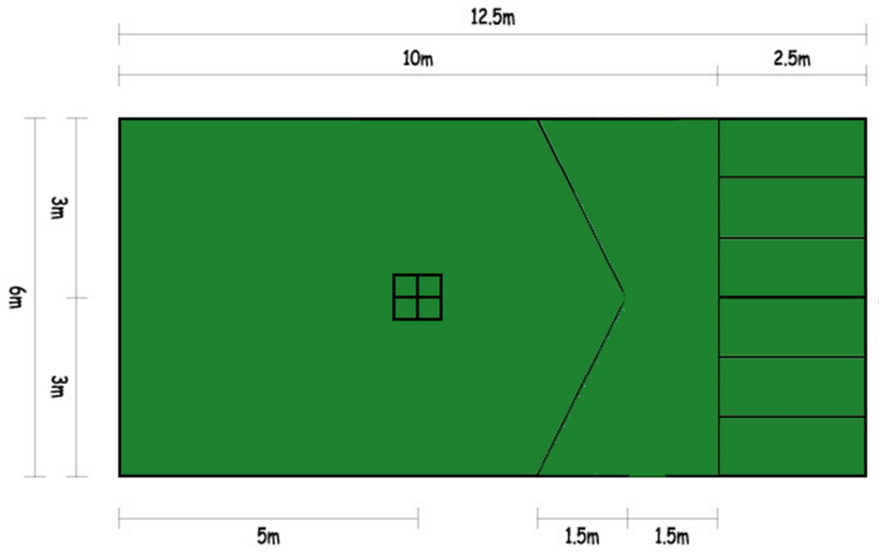
Figura 4 - Atleta classificada como BC4.

Fonte: BISFED. (BISFED, 2019).

2.2 ARENA DO JOGO

As jogadas ocorrem sempre na arena com dimensões 12,5 m x 6 m, com seis retângulos, chamadas de *boxes,* com 2,5 m x 1 m, onde os atletas devem se posicionar para realizar seus lançamentos (Figura 5). A arena também conta com uma marcação em “V” a 3 metros da zona de lançamento e outra marcação no formato de quadrantes no centro do campo. O lançamento da bola branca só será válido quando ultrapassar a marcação em “V”. Já a indicação do centro do campo serve apenas para uma possível parcial extra, em casos de empate, ou para reposicionar a bola quando é arremessada para fora da arena (BISFED, 2018).

Figura 5 - Dimensões da quadra da bocha paraolímpica.



Fonte: Adaptado de *Sportsfloring* (*Sportsfloring,* 2018*)*

2.3 REGRAS DA BOCHA PARALÍMPICA

O jogo é dividido em 4 parciais ou *ends* com tempo de 5 a 8 minutos, variando conforme a categoria do atleta e formato do jogo (individual, par ou equipe). Cada parcial se inicia com o posicionamento dos atletas em suas *boxes,* seguidos dos lançamentos das bolas, que também podem ser chamadas de bochas. Em cada parcial são lançadas 13 bochas: 6 vermelhas, 6 azuis e uma branca, pesando 280 gramas cada. A bola branca, também chamada de bola alvo ou *jack*, é arremessada sempre no início de cada partida pelos membros da equipe vermelha. O objetivo dos jogadores é lançar suas bochas o mais próximo possível da bola alvo, mesmo que para isso precisem distanciar as bolas do oponente na quadra (CAMPEÃO; OLIVEIRA, 2006).

A ordem da jogada é definida de acordo com a proximidade das bolas em relação à bola alvo, isto é, a equipe que estiver mais próxima da bola alvo passa a sua vez para a oponente até que a situação se inverta. Ao final do lançamento das 13 bolas, o árbitro se aproxima e utiliza um compasso ou trena para medir as distâncias entre as bochas e contar as pontuações do *end* (CAMPEÃO; OLIVEIRA, 2006).

A pontuação é dada a partir da quantidade de bolas que se tem a frente do oponente e, ao mesmo tempo, estejam mais próximas da bocha branca. Cada bocha vale um ponto e

esses pontos são somados ao final das quatro parciais. O ganhador é aquele que acumular o maior número de pontos (BISFED, 2018).

Caso duas bolas de cores diferentes estejam à mesma distância da branca, as duas equipes ganham os pontos. Em caso de empate na soma das pontuações ao final da partida, ocorre uma parcial extra para desempatar, o chamado *tiebreak.* Se em algum momento do jogo alguma bocha for arremessada para fora dos limites da quadra, a bola será desconsiderada na pontuação, a menos que seja a bocha branca que será posicionada na marcação central da quadra (BISFED, 2018).

2.4 SISTEMAS DE TREINAMENTO BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL

Uma vez que os movimentos realizados no mundo real podem ser fielmente reproduzidos em uma plataforma imersiva em RV e que esse mapeamento pode ser realizado em tempo real (CAI, 2018), podemos utilizar então os *exergames* como um mecanismo para treinamento de atletas de diversas modalidades. (SPITZLEY E KARUNA, 2019).

Algumas plataformas permitem extração de dados dos movimentos dos jogadores, possibilitando a análise cinemática das ações do jogo. Em aplicações esportivas, o mapeamento de tais movimentos pode informar à comissão técnica as características de cada atleta, favorecendo à análise e planejamento de sua performance. Por isso, a tendência é que os *exergames* sejam usados cada vez mais como sistemas de treinamento em modalidades esportivas.

Utilizando realidade virtual para comparar os movimentos de atletas de bocha paralímpica, Arroxellas *et al.* (2017), convidaram atletas da modalidade a realizarem lançamentos tanto fora do jogo utilizando a bola convencional da bocha, quanto em um jogo de boliche em realidade virtual, devido à similaridade dos esportes. No estudo em questão, foram realizadas filmagens dos lançamentos dos atletas nas duas condições e, posteriormente, os melhores lançamentos de cada atleta foram cinematicamente analisados, levando em consideração os ângulos de punho e cotovelo. Assim, os estudos desenvolvidos pelos autores concluíram, ao final da pesquisa, que os lançamentos realizados no *exergame* eram similares aos lançamentos da bocha paralímpica, concluindo assim que o jogo em questão era uma ferramenta eficaz no treinamento da modalidade.

Outro estudo que mostrou a relação entre RV e treinamento esportivo foi realizado por TSAI *et al.* (2017). Eles desenvolveram uma tecnologia capaz de fornecer aos participantes do estudo visualização e interação com as táticas do basquete. O estudo

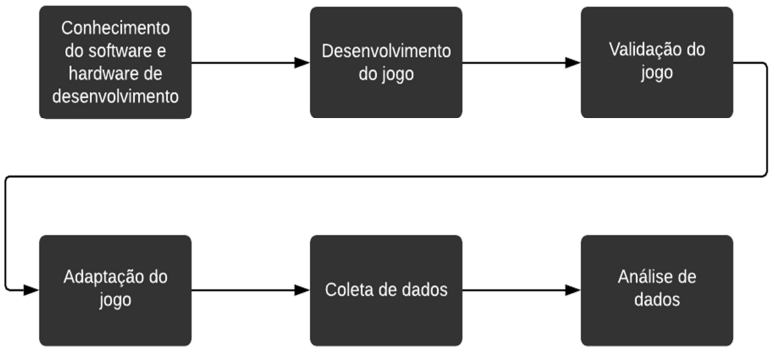
contou com a participação de atletas não profissionais da modalidade e permitiu que eles interagissem com a plataforma em três modos do jogo, nos quais poderiam andar pelo ambiente, ver a tática sendo aplicada, praticar a estratégia em questão e corrigir a sua técnica. Os participantes foram divididos em dois grupos, sendo um que utilizaria a RV para treinar as estratégias e o outro sem fazer uso da tecnologia. As análises foram realizadas comparando o tempo de hesitação antes da execução da estratégia e também a quantidade de erros que ocorriam na execução de cada estratégia. No estudo, ambos os grupos obtiveram bons resultados na execução das estratégias, apontando a RV como ferramenta eficaz de treinamento de atletas.

Outra modalidade contemplada por um *exergame* foi o futebol americano. HUANG *et al.* (2015), criaram o SIDEKIQ, um jogo que conta com imersão completa do jogador em RV, oferecendo a ele a sensação de estar no campo de futebol americano, visto que, a plataforma possui movimentos realísticos dos avatares, além de avatares realísticos. No *exergame* também é possível adaptar os treinos de acordo com a necessidade do técnico. No estudo, os pesquisadores buscaram validar o jogo com atletas da modalidade colocando-os para testar durante três dias. As pontuações no jogo dos atletas foram registradas diariamente e, ao final dos três dias, os resultados mostraram aumento de 30% nas pontuações quando comparadas ao primeiro dia de treinamento. Isto é, ao final das sessões de treino utilizando RV, os atletas obtiveram melhoria de desempenho na modalidade.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foram necessárias seis etapas: conhecimento da plataforma a ser utilizada, desenvolvimento do jogo, validação do jogo, adaptação do jogo para obter as informações de interesse, coleta de dados e, por fim, análise de dados. Essas etapas foram representadas por um diagrama de blocos (Figura 6).

Figura 6 - Diagrama das etapas de desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

A primeira etapa consistiu em conhecer as funcionalidades do *software* e *hardware* em que o jogo seria desenvolvido, bem como suas especificidades. Na segunda etapa, foi desenvolvido o ambiente em RV do campo da modalidade e a integração entre o *Kit* HTC VIVE (óculos de realidade virtual e os controladores) com o ambiente desenvolvido, isto é, o jogo foi construído, levando em consideração as regras da bocha paralímpica.

Com o jogo funcionando, tendo sido validado por pessoas sem deficiência, foram realizadas adaptações para que fosse possível obter os dados necessários para se fazer a análise dos lançamentos dos jogadores. Após a adaptação, foram recrutados participantes com deficiência e que fossem atletas da modalidade para o grupo dos atletas, bem como participantes sem deficiência que fossem não praticantes da modalidade para o grupo dos não atletas.

Na etapa de coleta, cada participante passou por habituação ao ambiente virtual e recebeu instruções a respeito do jogo. Na sequência, os participantes vestiram os óculos e receberam os controladores para executar os lançamentos. As coletas ocorreram uma vez, com sessão de 10 minutos de duração. Na coleta, o participante executou vinte e quatro lançamentos. Os dados das posições das bochas no jogo foram coletados.

De posse dos dados da coleta, as análises dos lançamentos de cada voluntário foram realizadas.

Uma etapa importante para o desenvolvimento do trabalho, foi a submissão e aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa.

3.1 CONHECIMENTO DO *HARDWARE* E *SOFTWARE* DE DESENVOLVIMENTO

3.1.1 ESPECIFICAÇÃO DO HARDWARE

Para o desenvolvimento do jogo, foi utilizado o *Kit* HTC VIVE™ (VIVEPORT, HTC Corporation, USA) que inclui os óculos de realidade virtual, as câmeras infravermelhas e os controladores. Todos esses equipamentos estavam conectados a um computador.

Os óculos contam com telas Dual AMOLED de 3.6 polegadas, resolução de 1080 x 1200 *pixels* por olho, campo de visão de 110º e podem exibir até 90 frames por segundo. A conexão dos óculos com o computador se deu por meio de cabo.

As câmeras infravermelhas integradas possuem ângulo de captação de 120º e, nesse estudo, estavam posicionadas com angulação de 30º, 1,9 m de altura, com área de captação de movimento de 2m x 2,5m aproximadamente. As câmeras são capazes de fornecer informações de posicionamento tanto dos óculos quanto dos controladores. Por meio de conexão cabeada, as informações dos posicionamentos chegaram ao computador utilizado no estudo.

Os dois controladores possuem 117.35mm x 219.46 mm x 83.06mm de dimensões e tiveram suas informações eram transmitidas ao computador via comunicação infravermelha com as câmeras (Figura 7).

Figura 7 - Kit VIVE composto por óculos, controladores e câmeras infravermelhas.

Fonte: Mwave. (Mware, 2019).

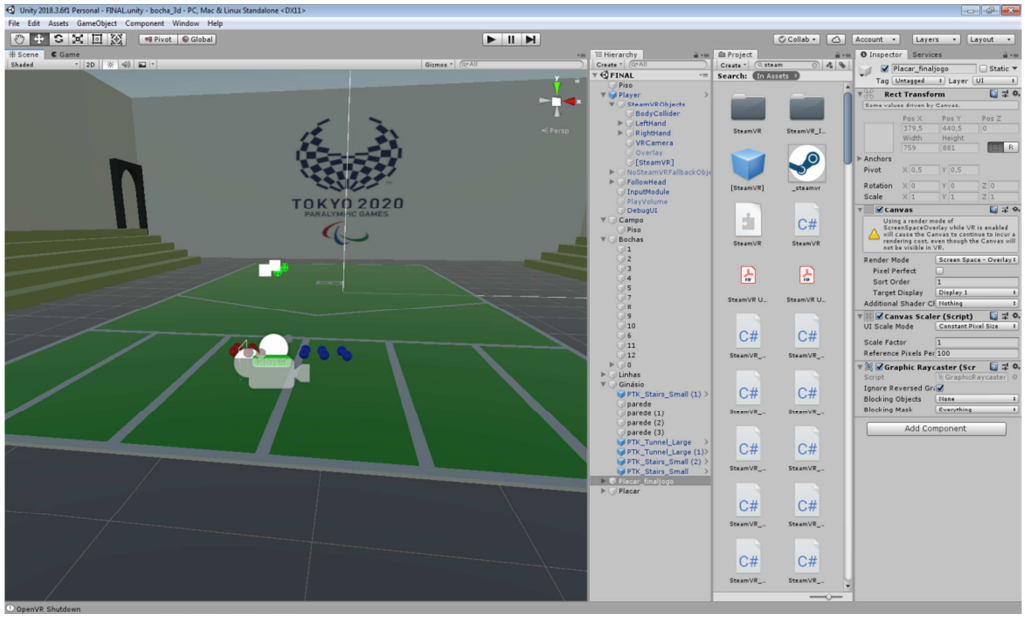
O computador utilizado para a realização do estudo foi o Intel Core i7-3770 (*Intel Corporation*, Santa Clara, CA, EUA), 24 GB de memória randômica de acesso (RAM), placa de vídeo AMD *Radeon* HD 7800 *Series* (*Advanced Micro Devices*, Inc., Santa Clara, CA, EUA).

3.1.2 ESPECIFICAÇÕES DO SOFTWARE DE DESENVOLVIMENTO

O jogo e os modelos do ambiente foram desenvolvidos no *software Unity3d* 2018.3.6f1 (*Unity Technologies*, São Francisco, CA, EUA) utilizando linguagem de programação C# no *Virtual Studio* 2017 (*Microsoft*) para a construção dos *scripts*. O ambiente desenvolvido se conectou com os óculos por meio do *plugin SteamVR*.

O *Unity* é um programa de desenvolvimento que possibilita a criação de simulações e jogos 2D e 3D plataformas como *Android, iOS, Linux* e, também, computadores. É um *software* que possibilita criação, edição, e animação de objetos 3D, além de permitir inserção de forças atuantes nos objetos, como a gravidade e o atrito (Figura 8).

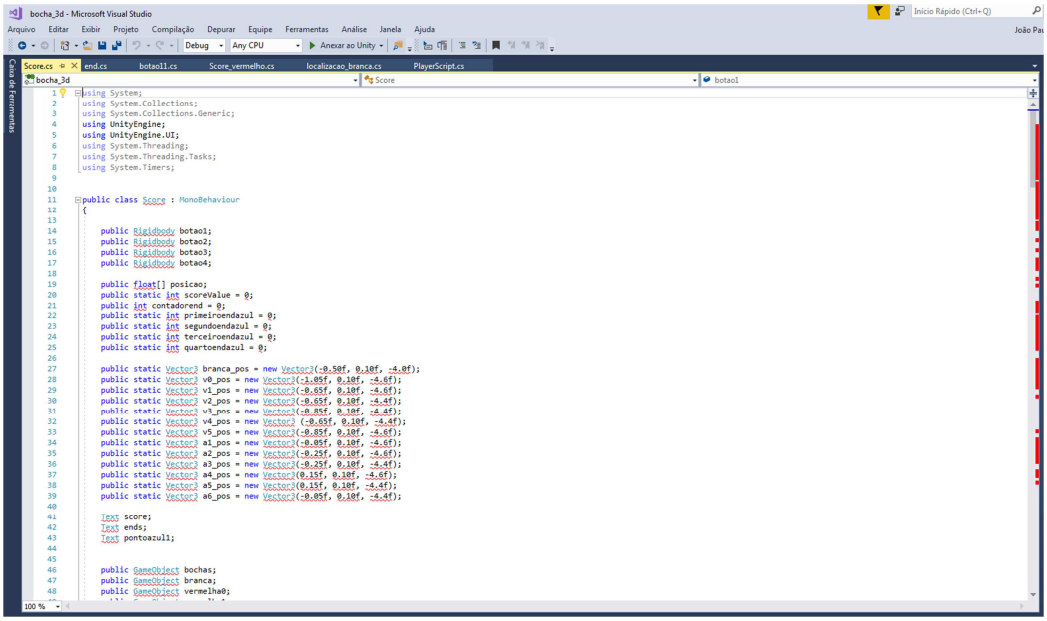
Figura 8 - Interface do Programa de desenvolvimento - Unity.



Fonte: Adaptado do *Unity (Unity,* 2019).

No *Microsoft Virtual Studio* 2017 foram programados os comandos de posição inicial das bolas, posição inicial do jogador, temporizador, sistema de placar do jogo e armazenamento da posição da bola no espaço virtual. Além disso, por meio dos *scripts* em C# foi possível controlar os efeitos sonoros e alterar as propriedades físicas dos materiais (Figura 9).

Figura 9 - Console de programação - Microsoft Virtual Studio.



Fonte: Adaptado do *Microsoft Virtual Studio*. (*Microsoft Virtual Studio*, 2019)

O *plugin SteamVR* foi utilizado para estabelecer a interface entre o *hardware* e o *software*, isto é, integrar os movimentos dos óculos e controladores com o *Unity*. Por meio dele que foi realizada a calibração do *Kit* HTC VIVE.

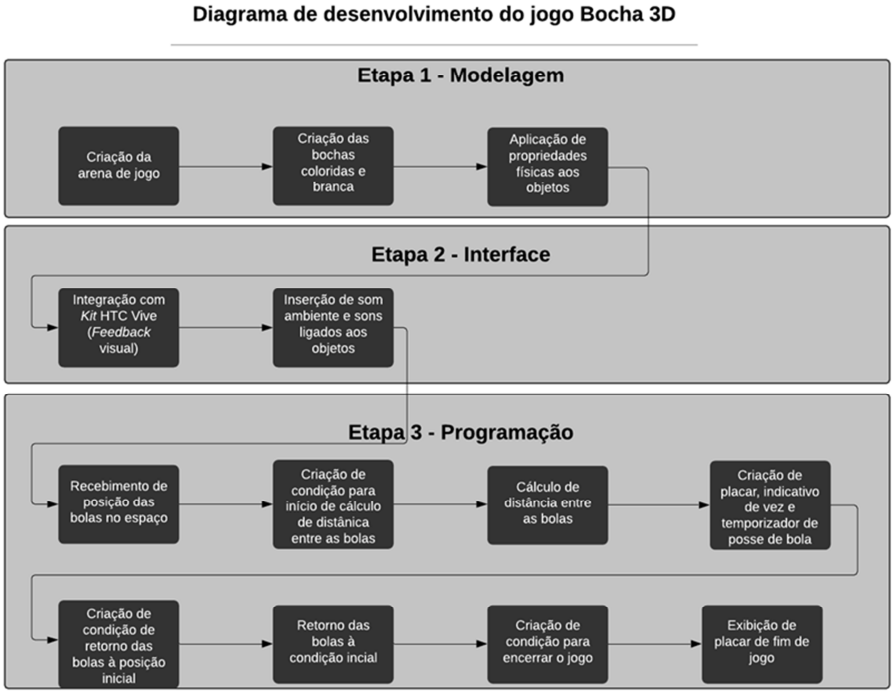
3.2 DESENVOLVIMENTO DO JOGO

O jogo foi desenvolvido em três etapas: modelagem, interface e programação. As etapas foram detalhadas em um diagrama de blocos (Figura 10).

Na primeira etapa, foi realizada a modelagem dos objetos do jogo utilizando o *Unity 3d*. Nesta etapa que foi desenvolvida a arena seguindo os padrões internacionais de dimensões e cores, bem como as treze bochas, sendo uma branca, seis vermelhas e seis azuis. Além disso, também foi acrescentado aos objetos as propriedades físicas, como massa, magnitude da gravidade e atrito que estavam atuando no ambiente, para garantir maior realidade ao *exergame*.

Na segunda etapa, ocorreu a integração do ambiente com os dispositivos de *feedback* visual e sonoro por meio da utilização do *plugin SteamVR*. Dessa maneira, foi possível transmitir nos óculos as imagens de dentro do jogo juntamente com os sons ambientes da arena e dos objetos quando tocavam o chão. Essa etapa foi relevante para garantir a interação do usuário com a plataforma, bem como para mantê-lo imerso no ambiente.

Figura 10 - Diagrama das etapas de desenvolvimento do jogo.



Fonte: Desenvolvida pelo autor

A terceira etapa consistiu em utilizar o *Virtual Studio 2017 (Microsoft)* para programar todos os comandos necessários para garantir a dinâmica do jogo. Inicialmente, foi necessário obter as posições das bolas no espaço, já que essa é a informação chave para a pontuação no esporte. De posse das posições, o programa deveria coletar as informações de distância relativa entre as bolas quando ultrapassassem a linha dos *boxes*. Portanto, foi necessário acrescentar essa condição para então realizar a operação que mediria a distância entre os objetos. Uma vez que a distância dos objetos é conhecida, é possível analisar qual está mais perto da bola branca e, assim, pode-se inferir quem é o próximo a jogar e a quem pertence o ponto.

Para isso, foi criado o placar que também trazia informações do número de *end* que era calculado todas as vezes que a bola voltava à posição inicial. Além disso, foi implementado o temporizador da posse de bola que era acionado quando a bocha saia do chão correspondendo à equipe que havia removido a bola do solo.

Sempre que o placar era incrementado, as bolas retornavam à posição inicial para começar uma nova parcial, sendo assim, foi necessário criar essa condição para que o jogo recomeçasse ao final de cada *end*, mas que mantivesse as informações do placar fixas até que se chegasse ao final da partida. O final da partida foi programado como o momento em

que o placar registrou as pontuações referentes à última parcial e, assim, ao detectar essa condição, o jogo exibe o placar final detalhando as pontuações *end* a *end*, revelando o vencedor do jogo.

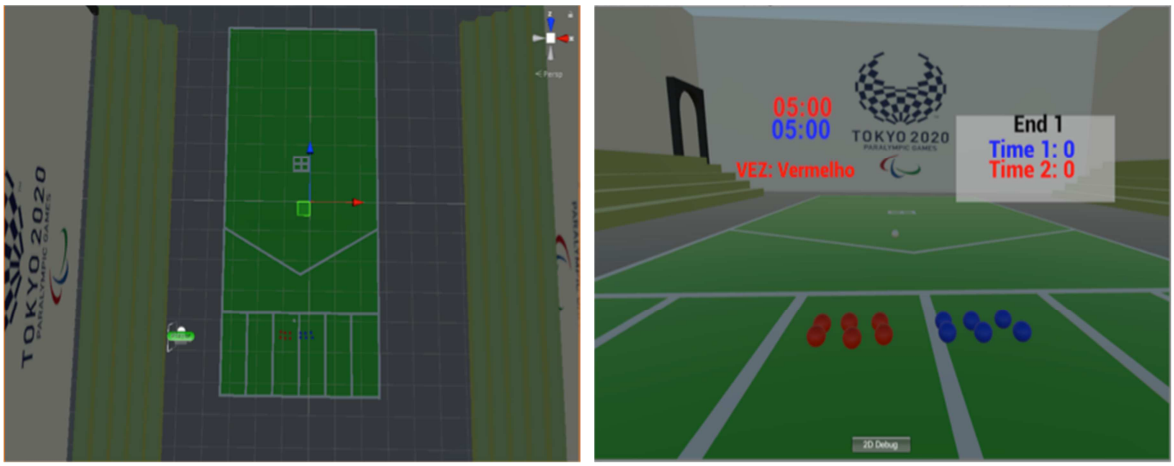
3.3 FUNCIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO JOGO

O princípio de funcionamento do jogo segue as regras da bocha paralímpica já detalhadas no presente trabalho.

Ao vestir os óculos, os jogadores estão em primeira pessoa dentro da plataforma, podendo se referenciar pela posição dos controladores na realidade virtual que fornecem informação em tempo real. Além disso, os óculos HTC VIVE fornece *feedback* visual e sonoro do ambiente, contribuindo para a imersão do participante.

As figuras 11(a) e (b) mostram o ambiente do jogo. Sendo na figura 11(a) a vista superior da área do jogo e na figura 11(b) a visão do jogador ao vestir os óculos HTC.

Figura 11 – (a) Vista superior do ambiente virtual e (b) Visão do jogador ao entrar na plataforma.

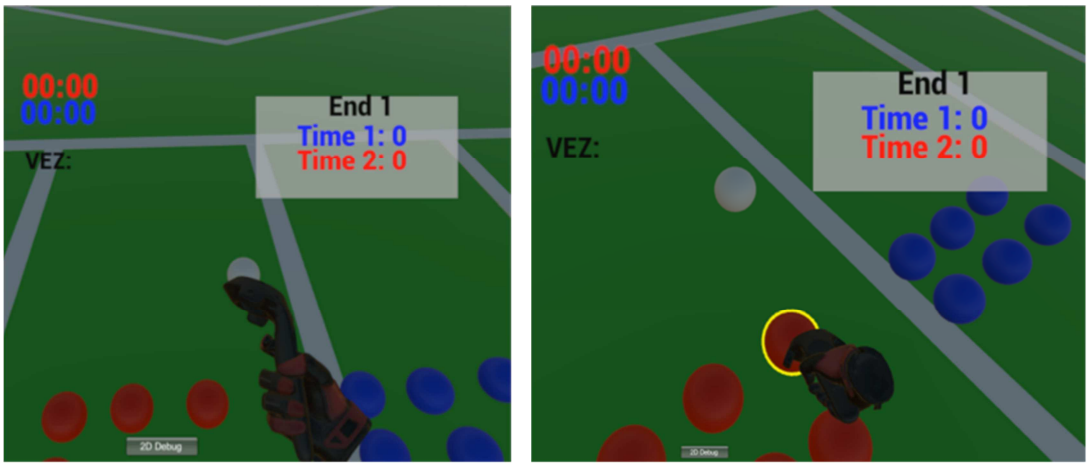


(a) (b)

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

O jogo se inicia com o jogador posicionado no *boxe* 3 com as treze bolas em sua frente. Ao passar os controladores de frente aos óculos é possível visualizá-los (Figura 12(a)). Ao se aproximar das bochas é possível ver a mudança de seu contorno para amarelo (Figura 12(b)). Neste momento, ao pressionar o gatilho na região posterior do controle, o jogador segurará a bola e poderá lançá-la dentro da arena quando soltar o gatilho.

Figura 12 – (a) Visão do controlador pela perspectiva do jogador e (b) Interação do controlador com os objetos.



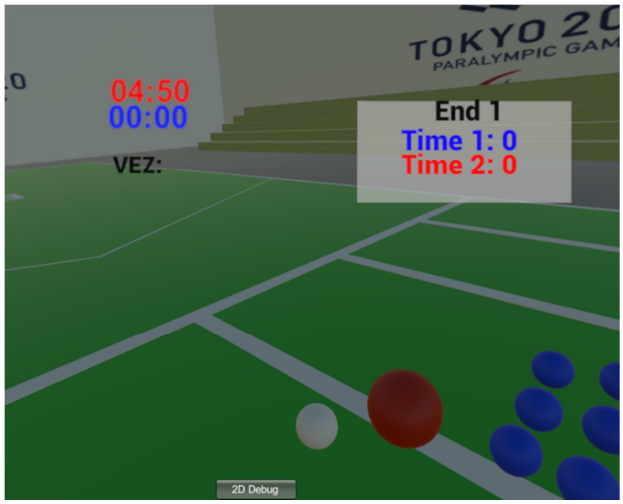
(a) **Fonte: Desenvolvida pelo autor.** (b)

Juntamente com a interface gráfica do campo, as informações referentes ao tempo para lançamento das bochas, vez dos jogadores, placar e número do *end* estão dispostos na tela do início ao fim das partidas.

Os efeitos sonoros entram em curso assim que o jogo inicia. Durante todo o jogo, é possível ouvir sons que simulam o ambiente do jogo, como a torcida e o toque das bochas no chão da quadra.

Ao retirar qualquer bola do chão, o temporizador começará a registrar o tempo de maneira regressiva correspondente à bola que foi suspendida (Figura 13).

Figura 13 - Bola suspensa com contador funcionando.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Outra funcionalidade do jogo é o sistema de pontuação automático. Ao final do 13º lançamento, o jogo calcula automaticamente as distâncias entre as bolas e a bola alvo e

incrementa o placar de acordo com a cor da equipe vencedora do *end*. Além disso, o placar também incrementa a numeração dos *ends* de acordo com a partida. Dessa maneira, ao final das quatro parciais, foi exibido o placar final com as pontuações de cada *end* e a soma final (Figura 14).

Figura 14 - Interface final do jogo com placar final.

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Sabendo que todas as funções do jogo estavam em pleno funcionamento com o placar marcando corretamente, as bolas voltando automaticamente para a posição inicial, o temporizador decrescendo a cada segundo que as bolas estão fora do chão e o placar final sendo exposto ao final das partidas, foi considerado o jogo finalizado e validado.

3.4 ADAPTAÇÃO DO JOGO

Para que fosse possível realizar as coletas das informações dos lançamentos dos jogadores foi necessário realizar algumas adaptações no jogo.

A primeira adaptação foi a inserção de botões cúbicos coloridos, no início de cada parcial (Figura 15). Os botões servem para lançar automaticamente as bolas brancas e azuis para posições previamente definidas. Cada botão leva as bolas para uma posição diferente, aumentando a dificuldade em cada *end,* isto é, a distância entre as bolas azuis e brancas ficam menores, fazendo com que seja mais difícil acertar a bola vermelha (Figura 16 (a) a (d)).

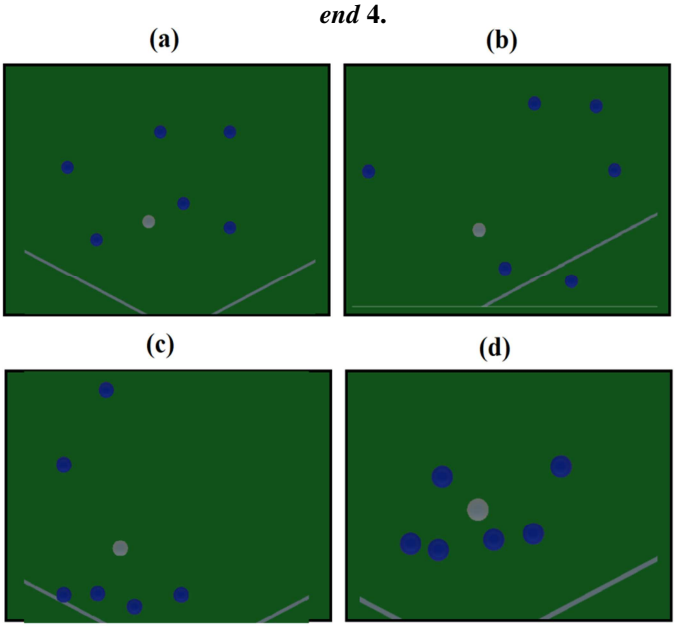
A segunda adaptação foi a variação nas propriedades físicas das bolas que foram lançadas pelos voluntários, isto é, as bolas vermelhas. Para melhor avaliar os lançamentos dos atletas, as bolas tiveram os seus valores de atrito variados, assim, as sensações de massa eram diferentes em cada bola, sendo duas bolas vermelhas mais pesadas, duas com peso moderado e duas leves. A variação de peso nas bolas foi indicada por meio da variação de

cor entre elas, sendo as mais escuras as mais pesadas e as mais claras as menos pesadas (Figura 17).

Figura 15 - Inserção de botão no jogo.

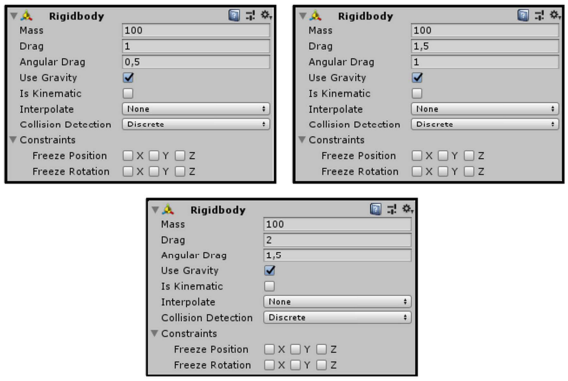
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 16 - Posicionamentos das bolas azuis e branca. (a) No *end* 1 (b) No *end* 2. (c) No *end* 3. (d) No *end* 4.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 17 - Bolas vermelhas com indicação na variação do atrito.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

A terceira adaptação foi a exibição em tempo real das posições das bolas vermelhas no espaço, assim seria possível realizar a coleta de dados para posterior análise de lançamento.

3.5 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados diretamente no console do *Unity*, foram copiados e filtrados no *Microsoft Excel* e então exportados ao MATLAB.

Para cada voluntário, foram coletados 24 lançamentos e seus respectivos dados.

3.5.1 PARTICIPANTES

O estudo contou com a participação de 11 voluntários, sendo 4 não atletas e 7 atletas. Os critérios de inclusão foram: capacidade de realizar os lançamentos e capacidade de realizar movimento de pressionar o gatilho na região posterior do controle, enquanto os critérios de exclusão foi a incapacidade de manusear o controle.

Assim, a quantidade de participantes efetivos do estudo foi de 4 não atletas e 4 atletas, sendo 3 atletas excluídos com base no critério de exclusão adotado. A caracterização dos participantes foi descrita na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos participantes.

Voluntário	Idade	Gênero	Sedentário	Classificação	Tempo de esporte	Patologia
Voluntário 1	21	M	Sim	-	-	-
Voluntário 2	24	M	Não	-	-	-
Voluntário 3	18	M	Sim	-	-	-
Voluntário 4	23	M	Sim	-	-	-
Voluntário 5	33	M	Não	BC 4	7 anos	Artrogripose múltipla congênita
Voluntário 6	37	M	Não	BC 2	5 anos	Paralisia Cerebral
Voluntário 7	23	M	Não	BC 4	1,16 anos	Ataxia de Friedreich
Voluntário 8	16	M	Não	BC 2	8 anos	Paralisia Cerebral

Este estudo foi conduzido no Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra do Instituto Santos Dumont (ISD), localizado em Macaíba, Rio Grande do Norte,

Brasil. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE 79649717.0.0000.5292).

3.5.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Os participantes de ambos os grupos foram posicionados sentados durante todo o jogo. A cadeira foi posicionada no mesmo local para todos os voluntários, garantindo que o jogo iniciaria sempre no mesmo lugar.

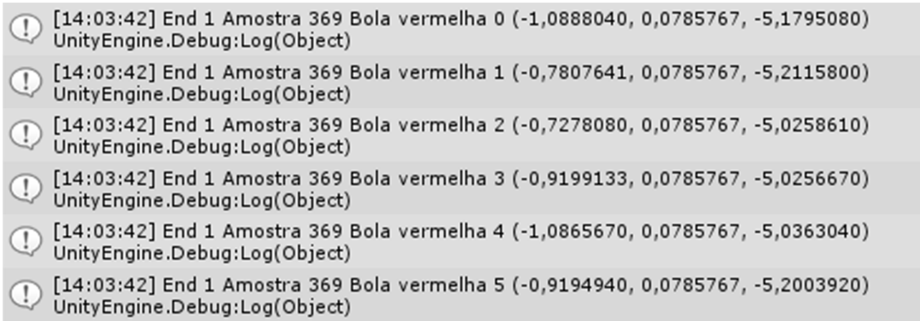
Ao vestir os óculos, os participantes receberam os controladores, que foram fixos em seus punhos por meio de um cordão, e instruídos quanto à forma de como pegar as bolas e lançá-las. No primeiro contato, foi permitido período de adaptação e reconhecimento da área de para todos os participantes.

Após o período de reconhecimento da área, o jogo foi iniciado. Foi pedido que os voluntários pressionassem o botão cúbico para lançar as bolas do oponente e, na sequência, foram Desenvolvida pelo autorizados a realizar seus seis lançamentos por *end* com as bochas vermelhas, sabendo que, seu objetivo era vencer a equipe azul. Ao final da partida, foram realizados 24 lançamentos por voluntário.

3.5.3 AQUISIÇÃO E FILTRAGEM DE DADOS

O jogo conta com mapeamento em tempo real da posição das bolas vermelhas nos três eixos: x, y e z. A cada segundo são realizadas 55 coletas desses dados e expostos no console (Figura 18).

Figura 18 - Aquisição de amostras de posição em x, y e z.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Ao final da partida, os dados foram copiados do console para o *Microsoft Excel*, no qual, passaram por filtragem para separar as informações de posição em cada um dos eixos e, em seguida, foram exportados para o MATLAB para serem processados e analisados.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Com auxílio do MATLAB, foi criado um algoritmo para calcular as distâncias após o lançamento de cada bocha vermelha em relação à branca para cada voluntário, utilizando a fórmula da distância euclidiana (D) para elementos tridimensionais:

$$D = \sqrt{(Vx - Bx)^2 + (Vy - By)^2 + (Vz - Bz)^2} \quad (1.1)$$

sendo V a posição final da bocha vermelha e B a posição final da bocha branca.

Com esses dados, foram obtidos gráficos que relacionam distância de cada bola com relação à branca por *end*, além de gráficos de sobreposição entre os participantes dos grupos (atletas e não atletas) e sobreposição das médias dos grupos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados durante o jogo permitiram observar as distâncias de cada bocha em relação ao alvo (DBA) e, consequentemente, o desempenho individual de cada voluntário, a média das distâncias dos lançamentos de cada voluntário por parcial (MDBA), além do desempenho coletivo do grupo diante dos lançamentos realizados.

A seguir, serão expostos, na forma de gráfico, os resultados obtidos.

4.1 ANÁLISE DA DISTÂNCIA DOS LANÇAMENTOS

Na análise da distância dos lançamentos, foi possível observar como os arremessos dos voluntários se aproximaram da bola alvo. No eixo das abcissas, está a indicação da bola que está sendo lançada, enquanto no eixo das ordenadas é indicada a DBA. A linha verde indica a MDBA do referido *end*.

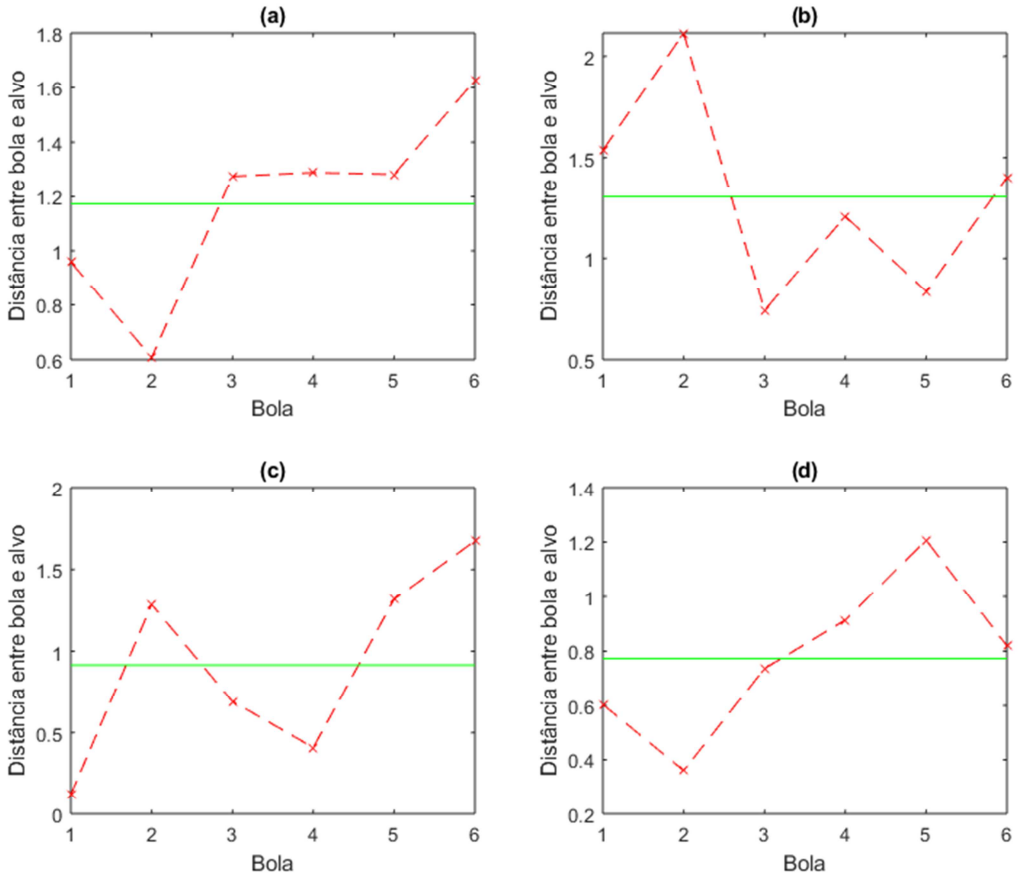
Além dos gráficos que indicam as DBAs, também foram feitos gráficos que expõem as MDBAs. Nestes gráficos, o eixo X indica a parcial, enquanto o eixo Y simboliza a média das distâncias dos lançamentos.

Os gráficos de sobreposição relacionam as MDBAs de cada voluntário em cada *end*.

Nas primeiras parciais (Figura 19(a) e 19(b)), pode ser observado que o voluntário 1 teve maior dificuldade de se aproximar do alvo, enquanto nos dois últimos (Figura 19(c) e 19(d)) percebe-se que as distâncias foram diminuídas, mesmo que a dificuldade do jogo tenha sido aumentada. Seu melhor lançamento foi realizado no 3º *end* com a bola 1. O desempenho geral do voluntário aponta aproximação gradativa do alvo ao longo das 4 parciais (Figura 20).

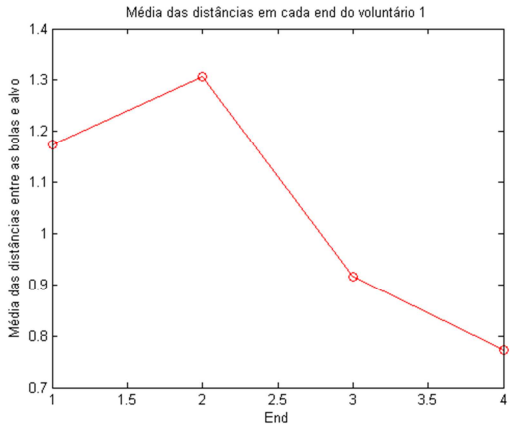
Nos registros do voluntário 2 é possível perceber que o participante teve mais facilidade de lançar as bolas mais leves (bola 1 e 2) nos primeiros *ends* (Figura 21(a) e 21(b)). Na segunda parcial, houve maior DBA, seguido de aproximação nas parciais seguintes (Figura 21(c) e 21(d)). Entretanto, à medida que a dificuldade do jogo aumentou, os lançamentos foram mais variáveis. No 4º *end*, por exemplo, a bola 2 ficou extremamente próxima do alvo, enquanto a bola 1 foi a mais distante (Figura 21(d)). De acordo com a figura 22, é possível observar que a performance do voluntário melhorou com o passar do jogo, uma vez que a MDBA foram reduzindo.

Figura 19 - Gráficos de lançamentos do voluntário 1. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



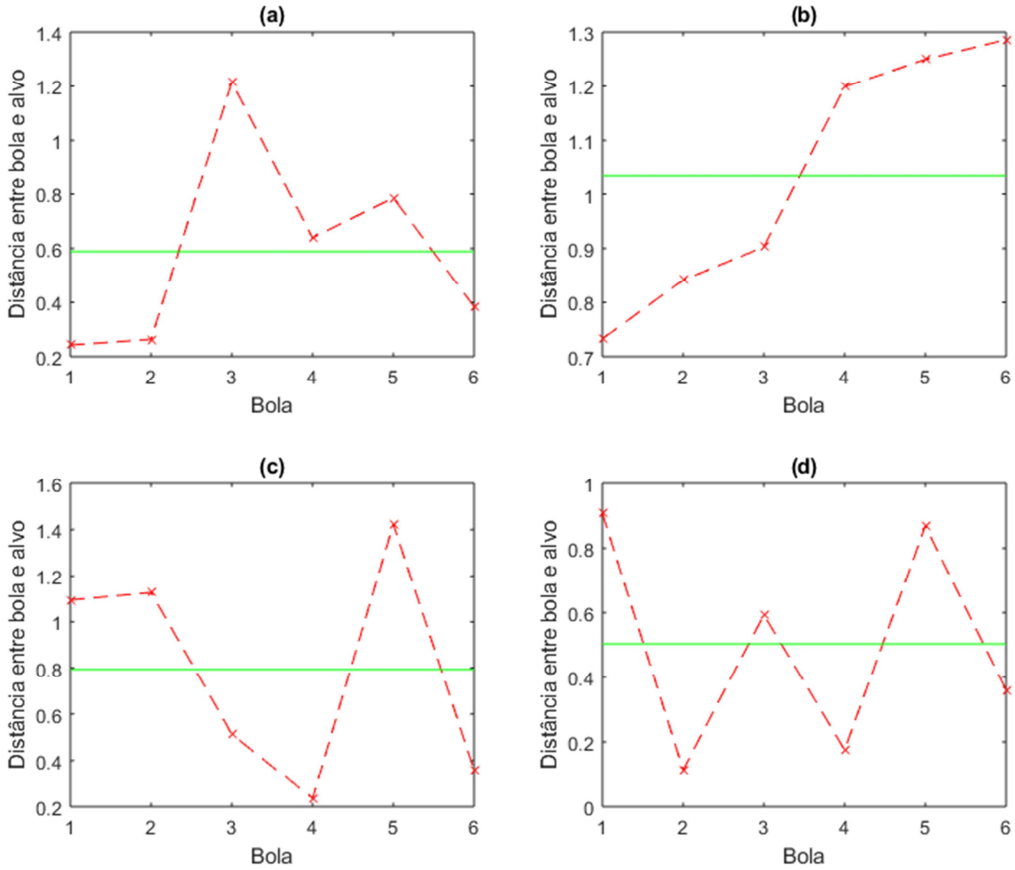
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 20 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 1.



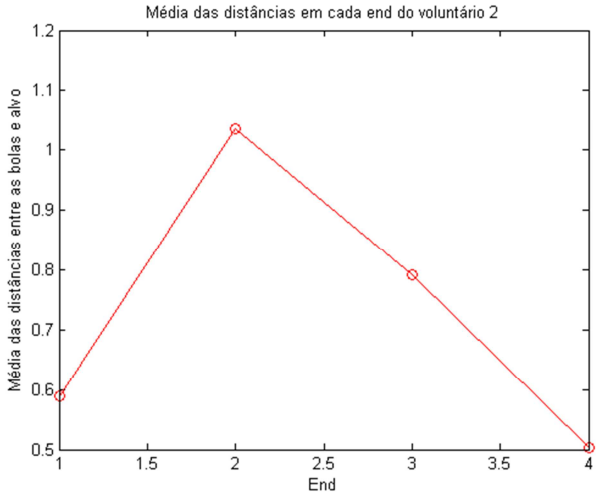
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 21 - Gráficos de lançamentos do voluntário 2. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

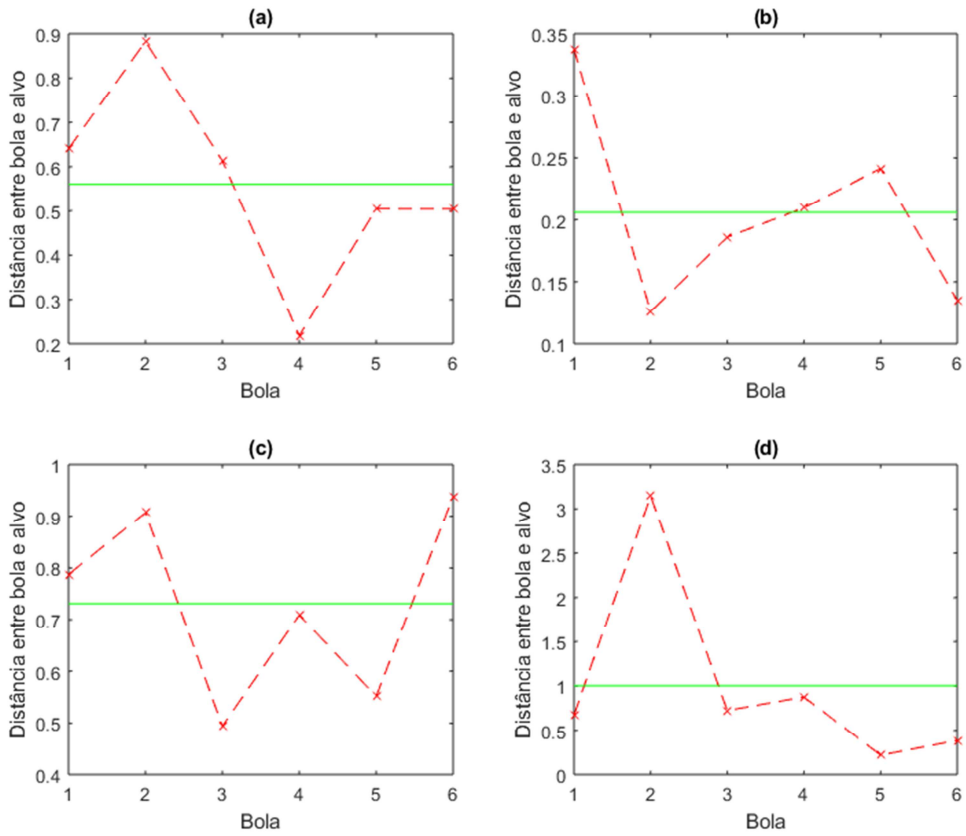
Figura 22 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 2.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

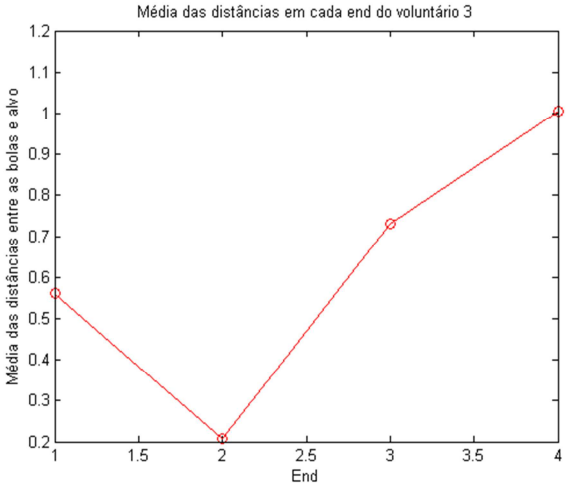
Na coleta do voluntário 3, é possível perceber que nos primeiros momentos do jogo o seu desempenho foi bom (Figuras 23(a) e 23(b)), encaixando 3 lançamentos próximos à bola branca - bola 4 (*End 1*), bola 2 (*End 2*), bola 6 (*End 2).* Todavia, na terceira parcial, houve variação nas DBAs, o que elevou a MDBA do *end* (Figura 23 (c)). Já no último, o voluntário conseguiu lançar 5 bolas próximas ao alvo, porém um lançamento se distanciou completamente do objetivo, acarretando elevação da MDBA do *end* 4 (Figura 23 (d)). Dessa maneira, o desempenho geral do voluntário não apresentou melhora ao longo do jogo, se distanciando do objetivo ao longo do jogo (Figura 24).

Figura 23 - Gráficos de lançamentos do voluntário 3. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 24 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 3.

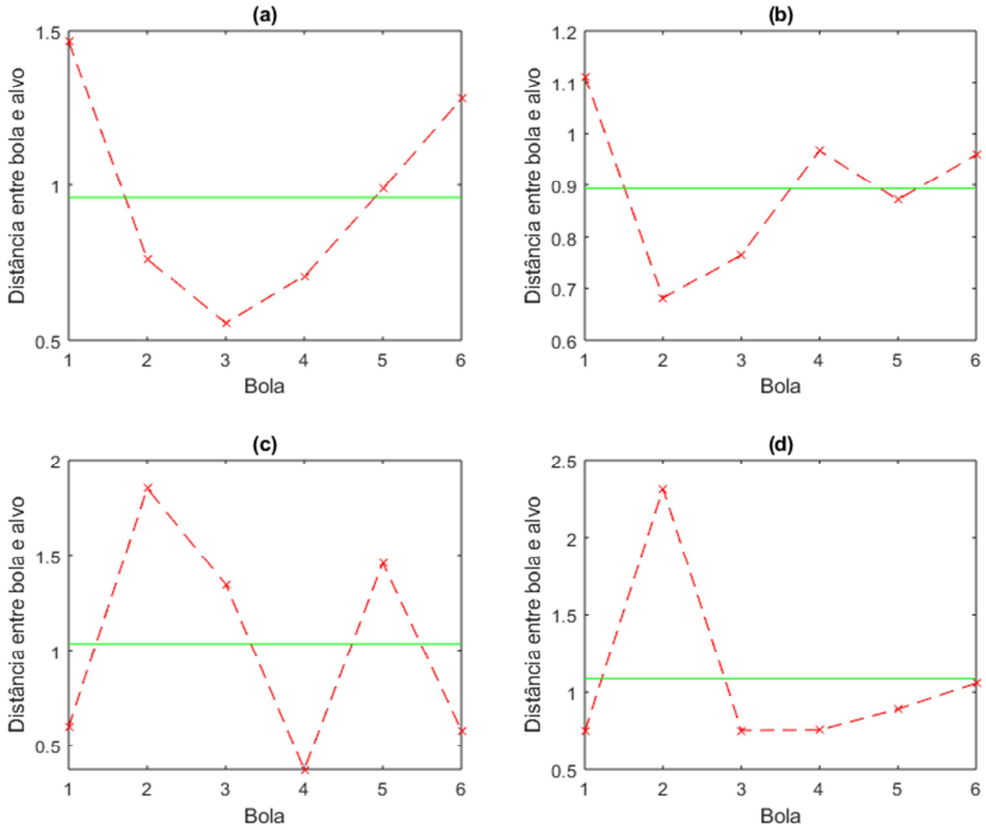


Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Com relação ao voluntário 4, houve desempenho similar ao voluntário 3. O participante conseguiu realizar bons lançamentos nas primeiras parciais (Figura 25 (a) e 25(b)), se distanciando pouco do alvo. Porém, ao analisar o desempenho nos tempos finais (Figura 25 (c) e 25(d)), é possível perceber que foram realizados arremessos que se afastaram consideravelmente do alvo, fazendo com que, as MDBA das parciais fossem elevadas, mesmo que tenham havido lançamentos com DBA baixa, como a bola 4 no 3º momento do jogo e a bola 2 no 4º momento, por exemplo. Assim, a performance do voluntário foi piorada ao longo do jogo (Figura 26).

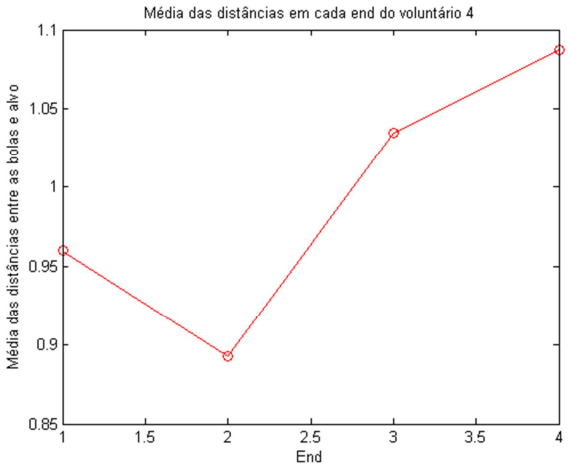
Ao unir as curvas de MDBAs dos voluntários 1, 2, 3 e 4 (Figura 27), isto é, do grupo dos não atletas e calcular a média entre elas, foi possível perceber que o grupo teve comportamento regular ao longo do jogo. A performance média do grupo se assemelha a uma constante.

Figura 25 - Gráficos de lançamentos do voluntário 4. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*. (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*. (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3*. (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



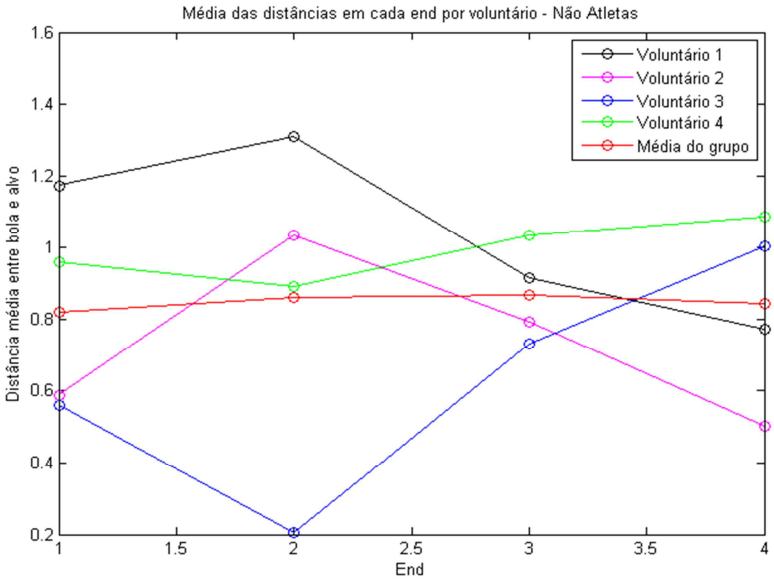
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 26 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 4.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

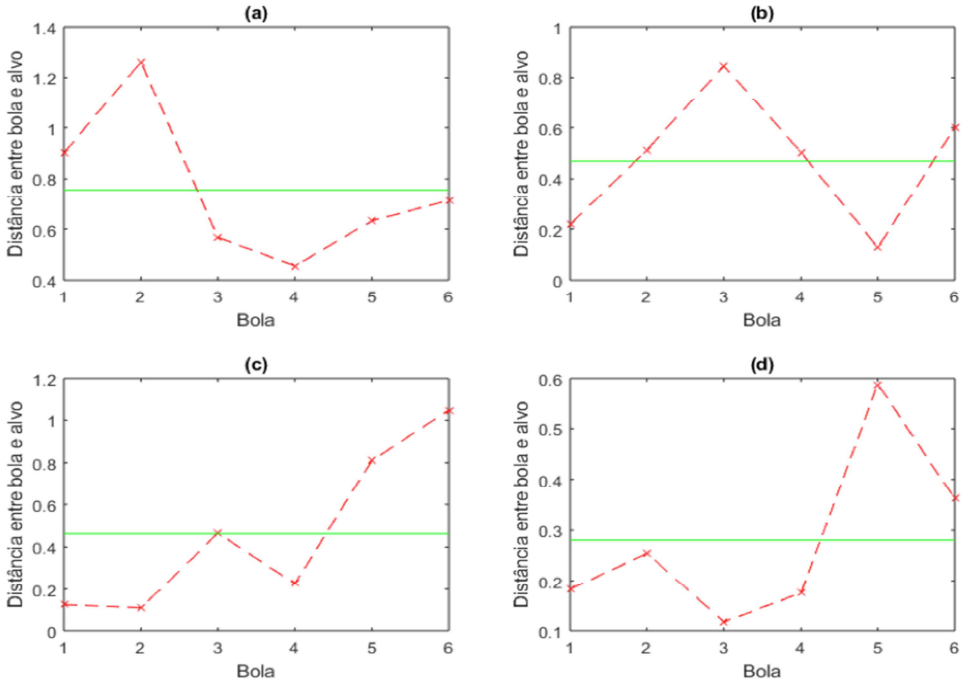
Figura 27 - Gráfico de sobreposição das médias das distâncias dos voluntários do grupo dos não atletas.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

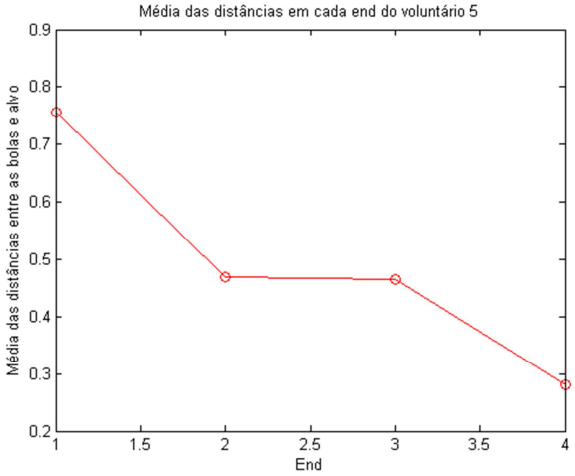
Os lançamentos do voluntário 5 se distanciaram pouco do alvo (Figura 28 (a)), principalmente nas 2ª (Figura 28 (b)) e 4ª parciais (Figura 28 (d)). O participante conseguiu encaixar lançamentos que encostaram no alvo - bolas 1 e 2 (Figura 28 (c)) e bola 3 (Figura 28 (d)). O desempenho médio (Figura 29), demonstra a melhora significativa ao longo do uso da plataforma, obtendo na 4ª parcial MDBA abaixo de todos os outros participantes do grupo dos atletas.

Figura 28 - Gráficos de lançamentos do voluntário 5. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

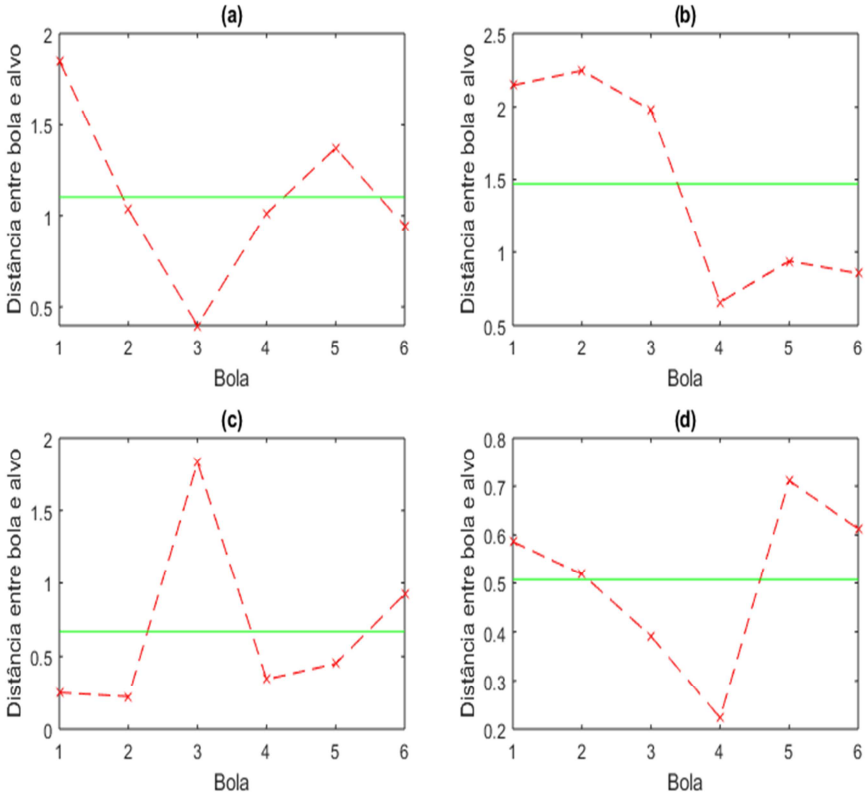
Figura 29 – Gráfico de média das distâncias do voluntário 5.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

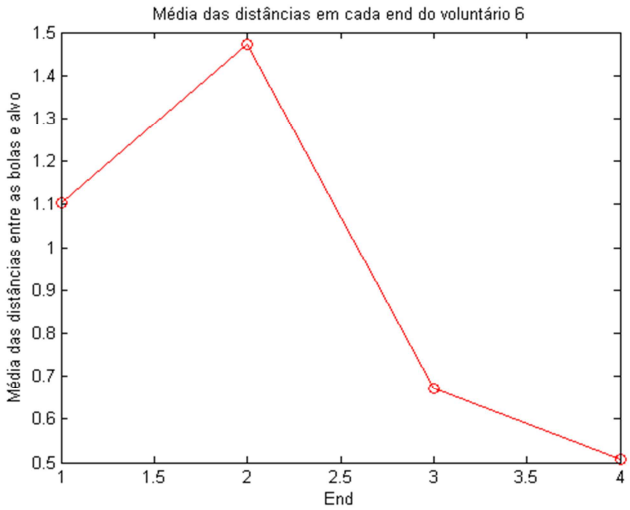
O desempenho do voluntário 6 apresentou oscilações durante os lançamentos, principalmente no *end* 1 (Figura 30 (a)) e *end* 3 (Figura 30 (c)). Entretanto, ao longo do jogo (Figura 30 (b) e 30 (d)), o jogador conseguiu chegar próximo do alvo pelo menos uma vez em cada parcial, o que fez com que o seu rendimento final fosse bom, apresentando melhora em relação ao início do jogo (Figura 31).

Figura 30 - Gráficos de lançamentos do voluntário 6. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

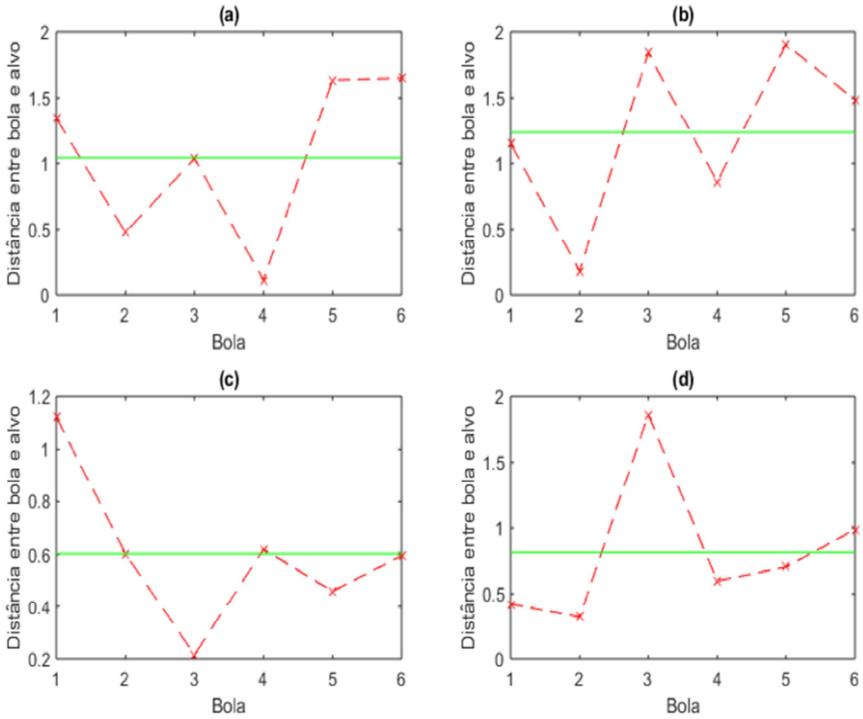
Figura 31 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 6.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

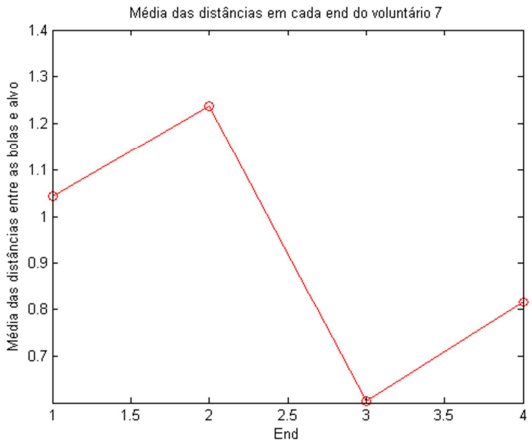
O voluntário 7 realizou lançamentos que se distanciaram consideravelmente do objetivo nos dois primeiros *ends* (Figura 32 (a) e 32(b)), por outro lado, conseguiu encaixar uma bola em cada parcial que se aproximou do alvo: bola 4 (*End 1)* e bola 2 *(End2)*. Nas parciais seguintes, o voluntário conseguiu se aproximar cada vez mais do alvo, reduzindo então a MDBA nos dois momentos finais do jogo (Figura 32 (c) e 32(d)). A melhora acentuada do jogador (Figura 33) demonstra, principalmente, a variação de desempenho entre os *ends* 2 e 3.

Figura 32 - Gráficos de lançamentos do voluntário 7. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

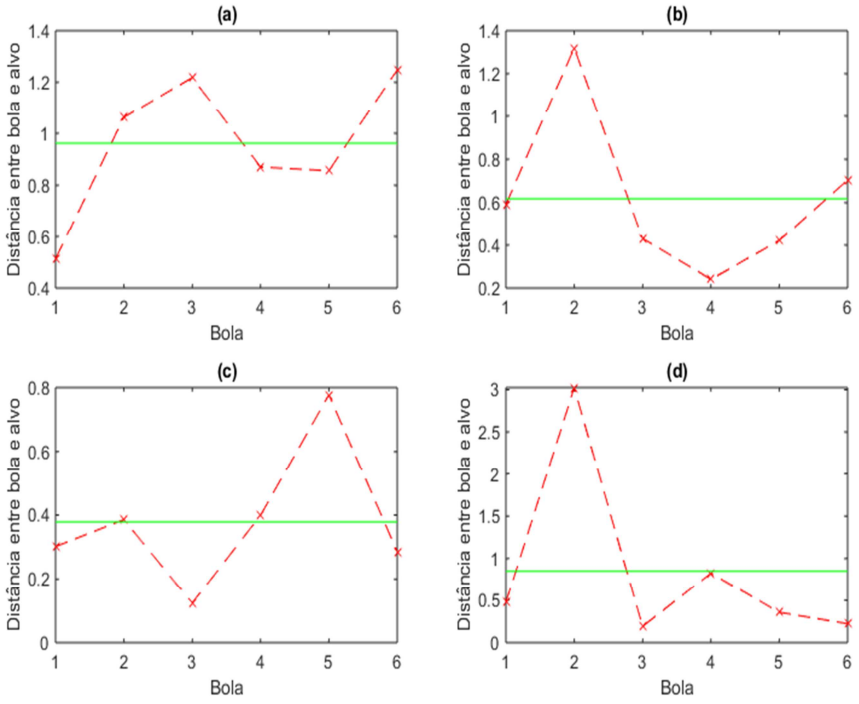
Figura 33 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 7.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

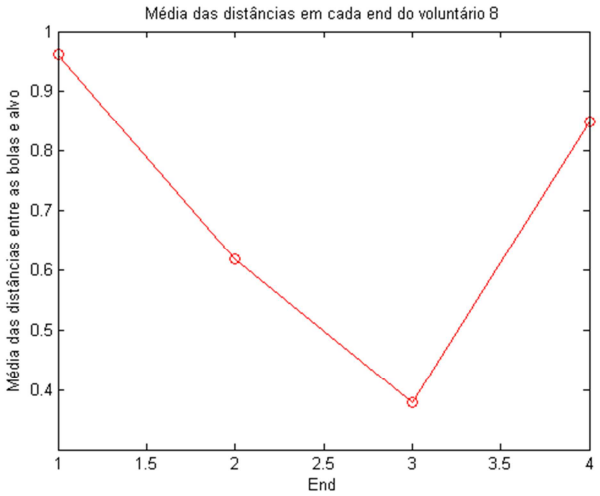
Já o voluntário 8 conseguiu realizar bons lançamentos nas quatro parciais (Figura 34 (a) a (d)), sendo percebida principalmente no último período (Figura 34 (d)). Entretanto, o lançamento da bola 2 neste último *end* fez com que a MDBA nessa parcial fosse elevada e contribuiu para a subida na curva média (Figura 35). Ainda assim, é possível perceber que o voluntário melhorou o seu desempenho em relação ao início do jogo, mesmo que a dificuldade do jogo tenha sido aumentada.

Figura 34 - Gráficos de lançamentos do voluntário 8. (a) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 1*, (b) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 2*, (c) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 3* e (d) Distância entre as bolas e a bola alvo no *end 4*.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

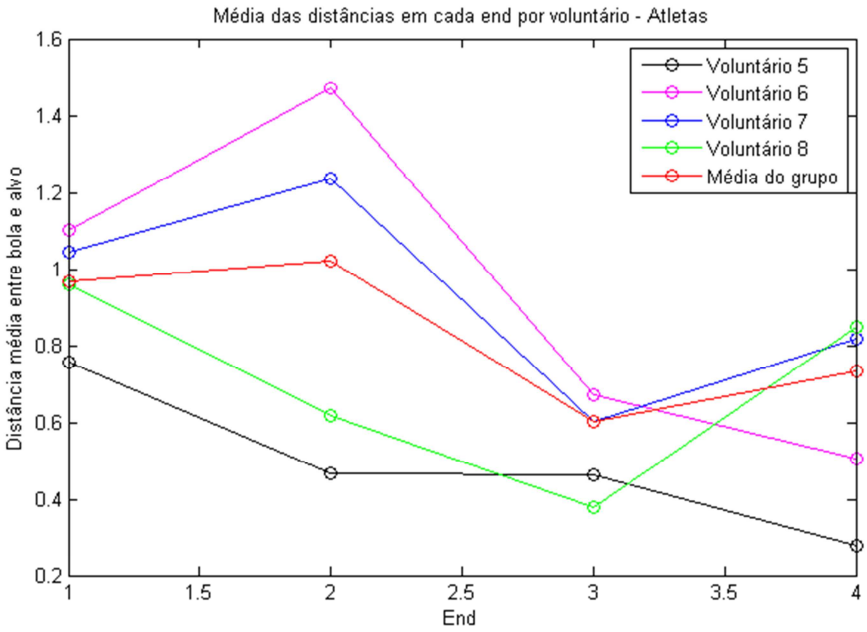
Figura 35 - Gráfico de média das distâncias do voluntário 8.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Agrupando as MDBAs dos atletas (Voluntários 5, 6, 7 e 8) e calculando a média entre elas, é possível perceber que todos melhoraram o seu desempenho quando comparado à performance inicial, este resultado é claramente exposto no comportamento da linha vermelha (Figura 36) que representa a média do grupo dos atletas.

Figura 36 - Gráfico de sobreposição das médias das distâncias de todos os voluntários do grupo dos atletas.

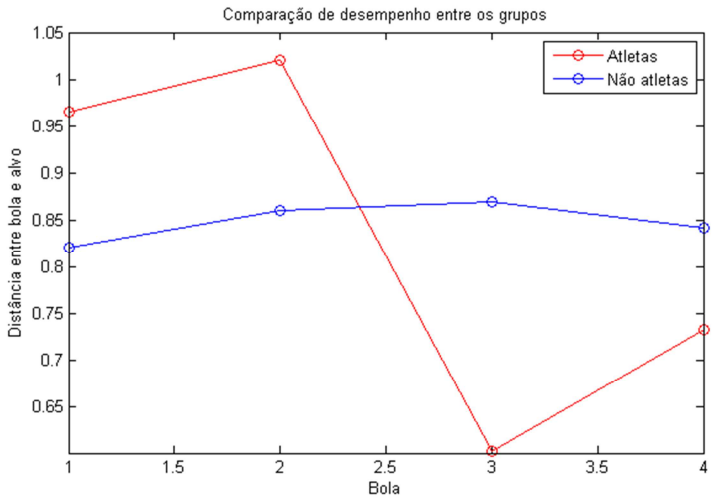


Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Ao sobrepor as performances médias do grupo dos não atletas às dos atletas (Figura 37), é possível constatar a melhora do grupo dos atletas diante do outro grupo,

principalmente entre a segunda e terceira parcial. Quando observamos o comportamento do primeiro grupo, é possível perceber que eles variaram pouco a sua performance ao longo do jogo, mantendo MDBAs regulares.

Figura 37 - Gráfico de sobreposição das médias dos grupos.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

4.2 DISCUSSÃO

Conforme os resultados apresentados nos gráficos são possíveis inferir que o grupo dos atletas obteve melhoria de desempenho na plataforma, conseguindo reduzir a MDBA ao longo do jogo, mesmo que de forma não regular. Por outro lado, o outro grupo manteve seu rendimento praticamente linear, com poucas variações na MDBA.

Levando em consideração a familiaridade com a modalidade, aliado ao tempo de experiência no esporte, conhecimento do corpo e suas limitações, era esperado que o grupo dos atletas obtivesse melhor desempenho diante do outro grupo. Quanto ao grupo dos não atletas, todos os voluntários estavam entrando em contato pela primeira vez com a modalidade, o que pode justificar o desempenho linear do grupo.

Além do fator experiência, vale a discussão a respeito das estratégias de jogo. O grupo dos não atletas, por não ter vivência no esporte, fez seus lançamentos de maneira aleatória, buscando sempre atingir um único objetivo: Lançar as bolas o mais próximo possível da bola branca. Já o grupo dos atletas, utilizou de estratégias comuns na modalidade para chegar à bola branca de maneira assertiva. Eles realizaram lançamentos para afastar as bolas azuis que os impediam de se aproximar do alvo, e assim, conseguiram realizar lançamentos melhores, já que não tinham obstáculos em sua frente.

Outro ponto que merece atenção é a qualidade da imersão na plataforma do jogo. Por meio dos óculos de RV, os voluntários de ambos os grupos tiveram experiências de

imersão total no ambiente do jogo, podendo realizar todos os movimentos da modalidade no mundo real. Todos os participantes relataram perda de noção espacial do mundo real enquanto jogavam, o que pode ser explicado pela jogabilidade da plataforma, aliado à similaridade do ambiente com o real. Assim, pode-se dizer que os voluntários cumpriram os três estágios do conceito primário de RV: imersão, interação e envolvimento (MORIE, 1994).

Desse modo, os resultados obtidos estão de acordo com o que era esperado inicialmente e apontam para a usabilidade da plataforma de maneira efetiva por parte dos atletas.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A partir do jogo desenvolvido e detalhado neste trabalho, é possível concluir que a plataforma se mostrou eficiente para o treinamento de atletas da modalidade, já que este grupo apresentou melhoria de resultados ao longo das jogadas, enquanto os não atletas mantiveram desempenho linear. Ainda que com o desempenho linear, pessoas que não são atletas podem utilizar a plataforma como *exergame* visando o entretenimento.

O jogo se mostrou efetivo na realização de coleta de informações sobre os lançamentos dos jogadores, podendo ser utilizado na prática esportiva como ferramenta complementar aos treinos. Os dados cinemáticos obtidos podem ser utilizados para remontar a trajetória das bolas durante o jogo, fazendo com que o técnico possua mais informações a respeito da performance dos atletas. Assim, variando as estratégias e disposição dos elementos no jogo, os profissionais conseguem simular situações e favorecer ao aprendizado rápido e efetivo por parte dos jogadores.

Além das funções esportivas, físicas e emocionais, a plataforma também atende a função social de difundir o conhecimento a respeito da bocha paralímpica, que ainda é pouco conhecida no cenário nacional. Desse modo, a tecnologia pode atrair novos praticantes à modalidade e contribuir para a formação de novos atletas.

Como sugestões futuras para a sequência deste trabalho, recomendo a utilização dos dados cinemáticos das trajetórias das bochas para analisar detalhadamente os movimentos dos atletas, permitindo assim, classificação efetiva dos praticantes da modalidade e quantificação de espasticidade. Os dados podem ser sobrepostos e analisados visando a localização de um padrão de movimento e relacionados com situações de jogo. Além disso, também poderia ser realizado maior número de coletas com mais voluntários para analisar as variações entre os grupos do estudo.

REFERÊNCIAS

A prática do esporte no Brasil. **Ministério do Esporte**. 2015. Disponível em: http://www.esporte.gov.br/diesporte/2.html/ Acesso em 26 ago. 2019.

About Boccia. **Boccia International Sports Federation (BISFED)**. 2018. Disponível em http://www.bisfed.com/about-boccia/. Acesso em 30 set. 2019.

ALVES, Melissa LM *et al*. Nintendo Wii™ Versus Xbox Kinect™ for Assisting People With Parkinson's Disease. **Perceptual and motor skills**, v. 125, n. 3, p. 546-565, 2018.

ARROXELLAS, Raquel Daffre de *et al*. Bocha adaptada: análise cinemática do arremesso e sua relação com a realidade virtual. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 39, n. 2, p. 160-167, 2017.

BARBANTI, Valdir. O que é esporte?. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, São Paulo, 2006.

BAPTISTA, Jéssica *et al*. A INFLUÊNCIA PSICOLÓGICA DO ESPORTE NA VIDA DE ATLETAS COM DEFICIÊNCIA. **Diálogos Interdisciplinares**, v. 8, n. 1, p. 53-59, 2019.

BENFICA, Dallila Tâmara. **Esporte Paralímpico: analisando suas contribuições nas (re) significações do atleta com deficiência**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física.

Bocha. **Associação Nacional de Desporto para Deficientes (ANDE)**. [s.a]. Disponível em http://ande.org.br/modalidades-bocha/. Acesso em 15 set. 2019.

Bocha. **Comitê Paralímpico Brasileiro**. [s.a]. Disponível em http://www.cpb.org.br/modalidades/51/bocha. Acesso em 17 set. 2019.

BORGES, Ana Paula Mazzarino; MENDES, Giorgia Caroline. Avaliação cognitiva e de equilíbrio em idosos institucionalizados após intervenção de xbox terapia. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 1, n. 13, 2017.

CAMPEÃO, M. da S.; OLIVEIRA, RG de. Bocha paraolímpica: manual de orientação para professores de educação física. **Brasília: Comitê Paraolímpico Brasileiro**, v. 1, p. 42, 2006.

CAI, Shubin *et al*. Research on Arm Motion Capture of Virtual Reality Based on Kinematics. In: **International Conference on Smart Computing and Communication**. Springer, Cham, 2018. p. 356-365.

CARL, Emily *et al*. Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of anxiety disorders**, v. 61, p. 27-36, 2019.

Controle de doenças crônicas é prioridade da OMS para 2019. **Sociedade Brasileira de Diabetes**. 2019. Disponível em: https://www.diabetes.org.br/publico/ultimas/1780-controle-de-doencas-cronicas-e-prioridade-da-oms-para-2019. Acesso em 05. set. 2019.

DE ROOIJ, Ilona JM *et al*. Virtual reality gait training versus non-virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the ViRTAS randomized controlled trial. **Trials**, v. 20, n. 1, p. 89, 2019.

DOURIS, Peter C. *et al*. Comparison between Nintendo Wii Fit aerobics and traditional aerobic exercise in sedentary young adults. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 4, p. 1052-1057, 2012.

Essential Facts about the computer and video game Industry. **Entertainment Software Association.** 2019. Disponível em: https://www.theesa.com/wp-content/uploads/2019/05/ESA_Essential_facts_2019_final.pdf/ Acesso em: 28 ago. 2019

EPIPHANIO, Erika Hofling. O sentido do esporte para atletas com e sem deficiência: uma compreensão fenomenológica. **Revista Brasileira de Psicologia do Esporte**, v. 7, n. 1, 2018.

GORLA, José Irineu et al. A composição corporal em indivíduos com lesão medular praticantes de basquetebol em cadeira de rodas. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 11, n. 1, 2007.

GREGUOL, M.; GORGATTI, T. O esporte para pessoas com deficiência. **Atividade física adaptada. Qualidade de vida para pessoas com necessidades especiais**, v. 3, p. 618-56, 2008.

Global unit sales of current generation video game consoles from 2008 to 2016. **VgChartz.** 2017. Disponível em: http://oweeh6jcqx3aoey2.onion.link/foolfuuka/boards/v/image/1484/30/1484306584418.png. Acesso em 30 set. 2019.

GREGUOL, Márcia. Atividades físicas e esportivas e pessoas com deficiência. **Relatório Nacional do Desenvolvimento Humano do Brasil**, [*S. l.*], 2017.

HAIACHI, Marcelo de Castro *et al*. Reflexões sobre a carreira do atleta paraolímpico brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 2999-3006, 2016.

History of Boccia. **Paralympic Sports: Boccia**. [s.a]. Disponível em: https://www.paralympic.org/boccia/about Acesso em: 10 set. 2019

HUANG, Yazhou; CHURCHES, Lloyd; REILLY, Brendan. A case study on virtual reality American football training. In: **Proceedings of the 2015 Virtual Reality International Conference**. ACM, 2015. p. 6.

MAGALHÃES, Beatriz Lima *et al*. QUALIDADE DE VIDA E SATISFAÇÃO DE PRATICANTES E NÃO PRATICANTES DE ESPORTE PARALÍMPICO, EM RELAÇÃO ÀS SUAS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS. **International Journal of Movement Science and Rehabilitation**, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2019.

MARCHI JÚNIOR, Wanderley. O esporte "em cena": Perspectivas históricas e interpretações conceituais para a construção de um modelo analítico. **The Journal of the Latin American Socio-Cultural Studies of Sport** , Curitiba, ed. 1, p. 46-67, 2015.

MORIE, Jacquelyn Ford. Inspiring the future: merging mass communication, art, entertainment and virtual environments. **ACM SIGGRAPH Computer Graphics**, v. 28, n. 2, p. 135-138, 1994.

NAUGLE, Keith E. *et al*. Improving Active Gaming's Energy Expenditure in Healthy Adults Using Structured Playing Instructions for the Nintendo Wii and Xbox Kinect. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 2, p. 549-558, 2019.

OCULUS expected to sell 1.3M Quest units in 2019: XR revenue reached $6.6B in 2018 and is projected to increase 442% by 2022. **SuperData Research**, [S. l.], p. 1-2, 24 jan. 2019. Disponível em: https://www.superdataresearch.com/xrupdate/. Acesso em: 29 ago. 2019.

OH, Yoonsin; YANG, Stephen. Defining exergames & exergaming. **Proceedings of Meaningful Play**, p. 1-17, 2010.

PERUZZI, Agnese *et al*. An innovative training program based on virtual reality and treadmill: effects on gait of persons with multiple sclerosis. **Disability and rehabilitation**, v. 39, n. 15, p. 1557-1563, 2017.

SERRA, Maysa Venturoso Gongora Buckeridge; FAVA, Mariana Caramore; TONELLO, Maria Georgina Marques. REALIDADE VIRTUAL PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA: O USO DO VÍDEO GAME COMO PRÁTICA DE LAZER. **Licere (Online)**, v. 21, n. 4, p. 529-548, 2018.

SILVA, Ana Paula Salles da; SILVA, Ana Márcia. Jogos eletrônicos de movimento: esporte ou simulação na percepção de jovens?. **Motrivivência**, Florianópolis, v. 29, n. 52, p. 157-172, set. 2017. ISSN 2175-8042.

SHERMAN, William R.; CRAIG, Alan B. **Understanding virtual reality: Interface, application, and design**. Morgan Kaufmann, 2018.

SPITZLEY, Kate A.; KARDUNA, Andrew R. Feasibility of using a fully immersive virtual reality system for kinematic data collection. **Journal of biomechanics**, v. 87, p. 172-176, 2019.

SWEEN, Jennifer *et al*. The role of exergaming in improving physical activity: a review. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 11, n. 4, p. 864-870, 2014.

TSAI, Wan-Lun *et al*. Train in virtual court: Basketball tactic training via virtual reality. In: **Proceedings of the 2017 ACM Workshop on Multimedia-based Educational and Knowledge Technologies for Personalized and Social Online Training**. ACM, 2017. p. 3-10.