

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

LUCAS KETERSON CÂNDIDO DE OLIVEIRA

**REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA COMPLEMENTAR
PARA REABILITAÇÃO DA PARALISIA DO MEMBRO SUPERIOR
DISTAL CAUSADA POR AVC**

**MORRINHOS - GO
2021**

LUCAS KETERSON CÂNDIDO DE OLIVEIRA

**REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA COMPLEMENTAR
PARA REABILITAÇÃO DA PARALISIA DO MEMBRO SUPERIOR
DISTAL CAUSADA POR AVC**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de concentração: Realidade Virtual
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva

MORRINHOS - GO

2021
FICHA CATALOGráfICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OL933r Oliveira, Lucas Keterson
REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA COMPLEMENTAR
PARA REABILITAÇÃO DA PARALISIA DO MEMBRO SUPERIOR
DISTAL CAUSADA POR AVC / Lucas Keterson Oliveira;
orientador Alexandre Carvalho Silva. -- Morrinhos,
2021.
61 p.

TCC (Graduação em Ciência da Computação) --
Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2021.

1. Acidente Vascular Cerebral. 2. Gamificação. 3.
Leap Motion Controller. 4. Reabilitação. 5. Realidade
Virtual. I. Carvalho Silva, Alexandre , orient. II.
Título.

LUCAS KETERSON CÂNDIDO DE OLIVEIRA

**REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA COMPLEMENTAR
PARA REABILITAÇÃO DA PARALISIA DO MEMBRO SUPERIOR
DISTAL CAUSADA POR AVC**

Data da defesa: 21/07/2021

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA



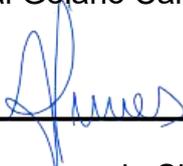
Profº Dr. Alexandre Carvalho Silva (Presidente da banca)
Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos



Profº Me. Mauro Borges França
Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba



Profº Me. Marcel da Silva Melo
Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos



Profº Dr. Jesmmer da Silveira Alves
Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos

**MORRINHOS - GO
2021**



**Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos
Curso Bacharelado em Ciências da Computação
Coordenação de Trabalho de Curso**

**ATA DE DEFESA DA BANCA DE EXAME
DE TRABALHO DE CURSO POR VIDEOCONFERÊNCIA**

Aos **21** dias do mês de **Julho** de **2021**, às **19** horas, foi realizada a Banca de Exame, de forma remota pelo link <https://meet.google.com/anu-hjfv-hfw>, para a apresentação pública e defesa do trabalho de curso do discente **Lucas Keterson Cândido de Oliveira** intitulado **Realidade Virtual como ferramenta complementar para reabilitação da paralisia do membro superior distal causada por AVC**, como requisito necessário para a conclusão do curso.

A Banca de Exame foi constituída pelos membros: **Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva** - orientador, **Prof. Me. Mauro Borges França**, **Prof. Me. Marcel da Silva Melo** e **Prof. Dr. Jesmmer da Silveira Alves**. Após a análise, emitiram o seguinte resultado:

1 - (**X**) **Aprovado**

2 - () **Aprovado com ressalva**

(A Banca Examinadora deve definir as exigências a serem cumpridas pelo aluno na revisão, ficando o orientador responsável pela verificação do cumprimento das mesmas.)

Observações: _____

3 - () **Reprovado com o seguinte parecer:** _____

Morrinhos-GO, 23 de julho de 2021.

Por ser verdade firmamos a presente:

Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva (Presidente da banca)

Prof. Me. Mauro Borges França (Membro)

Prof. Me. Marcel da Silva Melo (Membro)

Prof. Dr. Jesmmer da Silveira Alves (Membro)

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Ao professor orientador Alexandre Carvalho Silva, que durante o período de desenvolvimento do trabalho me acompanhou pontualmente, dando total auxílio necessário para a elaboração do projeto.

A professora Ana Maria Martins Carvalho, que através de seus ensinamentos permitiram a escrita deste trabalho.

Ao Núcleo de Pesquisa em Processamento Gráfico e Interação Natural pela colaboração e disposição no processo evolutivo do trabalho.

RESUMO

Os métodos convencionais de reabilitação em pacientes que sofreram acidente vascular cerebral (AVC) usam na maioria das vezes metodologias monótonas, podendo reduzir a carga motivacional do paciente e de certa forma minimizar os avanços da proposta de recuperação. Assim, surge a motivação de investigar a utilização de técnicas de jogos sérios para reduzir esta problemática. Portanto, esta pesquisa tem como abordagem inicial desenvolver um protótipo funcional e operacional capaz de atuar de forma complementar ao processo de reabilitação da paralisia do membro superior distal, causada por AVC. Para a concretização desta proposta foi utilizado o sensor *Leap Motion Controller* para captar ações das mãos e rastrear as mesmas de forma precisa, e simultaneamente, integrado ao uso do motor gráfico *Unity3D* para desenvolver mecânicas para o sistema. Neste cenário, é importante garantir que o protótipo implementado esteja com diretrizes de funcionamento e operações corretas, para que em pesquisas posteriores ele possa ser usado com acompanhamento de um terapeuta ou de forma isolada pelo paciente em espaço doméstico, avaliando os ganhos obtidos por esta solução, podendo desta forma tornar-se um instrumento complementar distinto no processo de reabilitação convencional. Por fim, após testes de funcionalidade foi possível constatar que o sistema desenvolvido se comportou de forma eficiente, executando as funções para as quais foi desenvolvido.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Gamificação; Leap Motion Controller; Reabilitação; Realidade Virtual

ABSTRACT

Conventional methods of rehabilitation for patients who have suffered stroke mostly use monotonous methodologies, reducing the patient's motivational load and, in a way, minimizing the progress of the recovery proposal. Thus, there is a motivation to investigate the use of serious game techniques to reduce this problem. Therefore, this research has as an initial approach to develop a functional and operational prototype capable of acting as a complement to the rehabilitation process of paralysis of the distal upper limb caused by stroke. In this scenario, it is important to ensure that the implemented prototype has correct operating and operational guidelines, so that in further research it can be used with the monitoring of a therapist or in isolation by the patient in a domestic space to assess the gains obtained by this solution, thus, it can become a distinct complementary instrument in the conventional rehabilitation process. To implement this proposal, the Leap Motion Controller sensor was used to capture hand actions and track them precisely, and simultaneously, integrated with the use of the Unity3D graphics engine to develop mechanics for the system. Finally, after functionality tests, it was possible to verify that the developed system behaved efficiently, performing the functions for which it was developed.

Keywords: Stroke; Gamification; Leap Motion Controller; Rehabilitation; Virtual Reality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jogo Playground 3D do LMC	15
Figura 2 - HARPYPAGE	17
Figura 3 - Arquitetura proposta	21
Figura 4 - Casos de uso	23
Figura 5 - Blender 2.90	28
Figura 6 - Interface Unity3D	29
Figura 7 - Visual Studio 2019	30
Figura 8 - Site de download do software	33
Figura 9 - Instalado do Leap Motion Software/Drivers.	34
Figura 10 - Calibrar o dispositivo.	34
Figura 11 - Orientação Automática.	35
Figura 12 - Tela de seleção de função do sistema.	36
Figura 13 - Menu principal do paciente.	37
Figura 14 - Configurações da primeira narrativa "Caixa e Blocos".	38
Figura 15 - Jogando a primeira narrativa "Caixa e Blocos".	39
Figura 16 - Mensagem de descanso do jogo "Caixa e Blocos".	40
Figura 17 - Menu de Game Over da primeira narrativa.	41
Figura 18 - Tela de definições da segunda narrativa "Tempo de Reação".	42
Figura 19 - Posicionar a mão para começar o jogo.	42
Figura 20 - Esperando sinal verde.	43
Figura 21 - Posicionamento antes da hora correta.	44
Figura 22 - Movimento aceito.	44
Figura 23 - Menu Game Over da segunda narrativa.	45
Figura 24 - Gráfico primeira narrativa.	46
Figura 25 - Tela de login do terapeuta.	47
Figura 26 - Tela de seleção de dados.	47

TABELAS

Tabela 1 - Revisão trabalhos correlatos	18
Tabela 2 - Descrição de caso de uso "Selecionar função"	24
Tabela 3 - Descrição de caso de uso "Visualizar tutoriais"	24
Tabela 4 - Descrição de caso de uso "Selecionar atividade"	24
Tabela 5 - Descrição de caso de uso "Configurar atividade"	25
Tabela 6 - Descrição de caso de uso "Realizar exercício"	25
Tabela 7 - Descrição de caso de uso "Visualizar gráfico"	25
Tabela 8 - Descrição de caso de uso "Login"	25
Tabela 9 - Descrição de caso de uso "Visualizar informação"	25
Tabela 10 - Comparativa com os trabalhos correlatos.	48
Tabela 11 - Teste UC003.	50
Tabela 12 - Resultado do teste UC003	50
Tabela 13 - Teste UC004.	51
Tabela 14 - Resultado do teste UC004.	52
Tabela 15 - Teste UC005	53
Tabela 16 - Resultado teste UC005	53

SIGLAS

Acidente Vascular Cerebral (AVC)

Realidade Virtual (RV)

Atividades de Vida Diária (AVD)

Terapia Ocupacional (TO)

Estimulação Elétrica Funcional (EEF)

Terapia de Movimento Induzido por Restrição (TMIR)

Acidente Vascular Encefálico (AVE)

Leap Motion Controller (LMC)

Caso de Uso (UC)

Kit de Desenvolvimento de *Software* (SDK)

Requisitos Funcionais (RF)

Requisitos não Funcionais (RNF)

Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE)

Cadastro de Pessoas Físicas (CPF)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
1. REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.1 INTRODUÇÃO	3
1.2 O QUE É O ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL?	3
1.3 CENÁRIO ATUAL DA REABILITAÇÃO	3
1.4 PROCEDIMENTOS CONVENCIONAIS	4
1.4.1 Hidroterapia	5
1.4.2 Crioterapia	5
1.4.3 Estimulação elétrica funcional	5
1.4.4 Mobilização neural	6
1.4.5 Alongamento	6
1.4.6 Terapia espelho	6
1.4.7 Terapia de movimento induzido por restrição	7
1.4.8 Conceito Bobath	7
1.4.9 Cinesioterapia	7
1.4.10 Teste de Caixa e Blocos	8
1.5 DESAFIOS DA REABILITAÇÃO CONVENCIONAL	8
1.5.1 Acesso	8
1.5.2 Custos	9
1.6 REALIDADE VIRTUAL	9
1.7 JOGOS SÉRIOS	10
1.7.1 Aplicabilidade	11
1.7.2 Jogos sérios na reabilitação	11
1.7.3 Resultados dos jogos sérios	12
1.8 CONCLUSÕES	12
2 TRABALHOS RELACIONADOS	14
2.1 INTRODUÇÃO	14
2.2 TERAPIA BASEADA EM REALIDADE VIRTUAL USANDO O LEAP MOTION CONTROLLER PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR APÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL	14

2.3 HARPYGAME: UM JOGO SÉRIO CUSTOMIZÁVEL COM INTERFACE MULTIMODAL PARA REABILITAÇÃO DE INDIVÍDUOS PÓS-AVE	16
2.4 PHYSIOJOY	17
2.5 CONCLUSÕES	18
3 ARQUITETURA	20
3.1 INTRODUÇÃO	20
3.2 DESCRIÇÃO DO PROTOTIPO	20
3.3 ARQUITETURA DO SISTEMA	21
3.4 REQUISITOS FUNCIONAIS	22
3.5 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	22
3.6 CASOS DE USO	23
3.6.1 Descrição dos atores	24
3.6.2 Descrição dos casos de uso	24
3.6.3 Conclusão	26
4 RELATOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA	27
4.1 DISPOSITIVOS E TECNOLOGIA DE APOIO	27
4.1.1 Introdução	27
4.1.2 Blender	27
4.1.3 Unity 3D	28
4.1.4 Codificação - Visual Studio 2019	29
4.1.5 Leap Motion Controller e Leap Motion SDK	30
4.1.6 Google Sheets	31
4.2 CONCLUSÃO	31
5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	33
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	33
5.2.1 Preparação do ambiente	33
5.2.2 Uso do protótipo para o paciente	35
5.2.3 Uso do protótipo para o terapeuta	46
5.3 REQUISITOS DE HARDWARE	48
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6 TESTES DO SISTEMA	49
6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	49
6.2 DEFINIÇÕES DO TESTE DE CAIXA PRETA	49

6.3 VALIDAÇÃO DAS CLASSES E CASOS DE TESTE	50
6.3.1 Selecionar atividade	50
6.3.2 Configurar atividade	51
6.3.3 Realizar exercício	53
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	56
7.1 CONCLUSÕES	56
7.2 TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS	59

INTRODUÇÃO

A fisioterapia neuromuscular é utilizada para reabilitação daqueles que sofreram um Acidente Vascular Cerebral (AVC), esta se torna intensiva e cara, o que exige um tratamento eficaz relacionado a custo-benefício. Os custos com medicamentos por ano com pacientes de AVC são de aproximadamente \$7 bilhões (ELOR, MIRCEA TEODORESCU E SRI KURNIAWAN, 2018).

O fator mais importante para que os tratamentos sejam tão caros, deve-se a que o AVC é o distúrbio neurológico mais frequente. Este distúrbio ataca as funções motoras, cognitivas e comportamentais, afetando a qualidade de vida dos pacientes, o que torna o dependente do tratamento. Para um melhor desenvolvimento torna-se necessário atividades relacionadas as necessidades dos pacientes. Novas estratégias de reabilitação assumem o princípio de neuroplasticidade, priorizando a tarefa de alta intensidade, repetição e práticas específicas de tarefas (SOARES et al, 2017).

Por outro lado, a utilização de ambientes virtuais vem ganhando cada vez mais força no ambiente terapêutico, porém a maioria dos tratamentos adaptam o uso de aplicações projetadas para entretenimento, não possuindo métodos para avaliação dos pacientes (BALISTA, 2013).

Devido à constatação dessas dificuldades, surge como problema dessa pesquisa: Como minimizar as dificuldades enfrentadas no processo de reabilitação da paralisia do membro superior distal causada por AVC?

Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo geral desenvolver um protótipo baseado em técnicas de Realidade Virtual (RV) com apropriação de técnicas de jogos sérios para elaboração de mecânicas de reabilitação que promova um sistema complementar funcional para recuperação do membro superior distal.

Nesta vertente, são considerados os seguintes objetivos específicos:

- a) Apropriar de técnicas de gamificação e jogos sérios com a intenção de favorecer aspectos motivacionais ao paciente.
- b) Desenvolver um protótipo capaz de ser executado em computadores de desempenho comum.
- c) Apresentar ao terapeuta o desempenho do paciente ao utilizar o protótipo.

Dessa forma, justifica-se essa pesquisa as vantagens que um ambiente virtual aplicado na reabilitação proporciona como: motivação do paciente e terapeuta baseada na experiência diferenciada na realização de exercícios; estímulos multissensoriais distintos podendo maximizar os resultados da reabilitação; contribuição na consolidação da RV como instrumento de reabilitação

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em sete capítulos, descritos resumidamente a seguir:

O primeiro capítulo apresenta conceitos sobre aspectos associados AVC e reabilitação, jogos sérios e Realidade Virtual.

O segundo capítulo apresenta os trabalhos relacionados ao tema proposto, demonstrando a relevância desta pesquisa.

O terceiro capítulo relata a arquitetura utilizada para implementação do protótipo.

O quarto capítulo apresenta as partes principais da implementação do protótipo as tecnologias usadas e as interfaces destas.

O quinto capítulo apresenta a preparação do ambiente para o uso do protótipo e como realizar as atividades implementadas.

O sexto capítulo ressalta a análise e resultados referentes ao teste do protótipo.

Por fim no último capítulo são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros para esta pesquisa.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo irá abordar nove tópicos pertinentes para o embasamento e articulação desta pesquisa, estes tópicos são: o que é o AVC, cenário atual da reabilitação, procedimentos convencionais, desafios da reabilitação convencional, RV, aplicabilidade dos jogos sérios, jogos sérios na reabilitação, resultados alcançados com jogos sérios e custo dos jogos sérios.

1.2 O QUE É O ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL?

Cancela (2008) diz que o AVC é uma doença caracterizada pelo início de um déficit neurológico que persiste por pelo menos 24 horas, refletindo envolvimento focal do sistema nervoso central como resultado de um distúrbio na circulação cerebral. Existem dois tipos de AVC, o isquêmico e o hemorrágico, que resultam na danificação da função cerebral. Cancela ainda explica que este acidente gera deficiências motoras, sensoriais, comportamentais, perceptivas e da linguagem.

O AVC isquêmico ocorre quando há bloqueio do fluxo sanguíneo para o cérebro, já o hemorrágico é o resultado de ruptura de um vaso sanguíneo no fluxo vascular cerebral (BRASIL, 2013).

1.3 CENÁRIO ATUAL DA REABILITAÇÃO

É necessário fixar que o AVC é o responsável por grande parte das mortes e incapacidades no mundo. A mortalidade é proporcional ao desenvolvimento socioeconômico, sendo que cerca de 85% ocorrem em países

subdesenvolvidos ou em desenvolvimento e um terço dos casos atinge a parcela economicamente ativa da população (BRASIL, 2012).

No Brasil, as pessoas com deficiência têm direito de acesso à saúde assegurado na constituição de 1988. Em 2008, a Organização Mundial de Saúde cria a Política Nacional de Saúde da Pessoa com deficiência, criando condições para reabilitação das pessoas com deficiência. Verificou-se que existem mais de 2.5 milhões de pessoas com deficiência física no Brasil, destas menos de um quinto frequentam algum tipo de serviço de reabilitação sendo a maioria delas residentes de zona urbana. Uma das causas do pequeno número de pessoas que recorrem a reabilitação deve-se a falta de orientação e encaminhamento no momento de alta hospitalar, deixando os pacientes inseguros e desassistidos ao retornarem ao domicílio (FRANCHI et al., 2017).

1.4 PROCEDIMENTOS CONVENCIONAIS

Ao falar dos procedimentos convencionais é necessário entender as dificuldades pelas quais o indivíduo afetado por este acidente irá passar.

Os sobreviventes podem manifestar sequelas que prejudicam a qualidade de vida, desde falhas nas funções físicas a prejuízos cognitivos e, secundariamente, comprometimentos à independência e Atividades de Vida Diária (AVD). Dos sobreviventes, estima-se que mais de 50% têm o membro superior acometido, principal motivo dos déficits musculares e acometimento da percepção sensitiva, pode-se denominar isso de Componentes de desempenho. Os componentes de desempenho são os mais trabalhados na reabilitação conduzida por terapeutas, que tem como objetivo a melhoria funcional para alcance da independência e autonomia. Treinamentos clássicos da Terapia Ocupacional (TO), podem abranger desde a execução de tarefas simples do cotidiano ao treino de AVD (ALVES et al., 2020).

Para um justo entendimento da reabilitação física em pacientes com diagnóstico de hemiparesia, é necessário definir este tópico, considerando que: etimologicamente, reabilitação significa reparar ou restabelecer uma condição. A reabilitação física é um processo dinâmico com o objetivo de recuperação física e psicológica da pessoa deficiente ou com funções prejudicadas por doença ou evento

traumático. Tem como meta final a reintegração social do paciente (ESPINOSA TELLES et al. 2020).

Após realizar as abordagens anteriores e entender o que o sobrevivente de AVC enfrenta agora é possível dar início aos tipos de tratamentos convencionais e conhecidos.

1.4.1 Hidroterapia

Método terapêutico que faz uso de exercícios aquáticos em conjunto com cinesioterapia. O exercício difere de paciente para paciente. Trabalha a parte aeróbica de grandes grupos musculares e várias articulações (ROSA et al., 2013).

1.4.2 Crioterapia

A crioterapia faz uso de baixas temperaturas aplicadas em partes específicas ou gerais do corpo, este efeito causa redução da atividade fusão muscular e dos nervos periféricos. Isto acontece pois o gelo eleva o limiar de disparo, fazendo com que a estimulação aferente diminua. A terapia com baixas temperaturas no tratamento da espasticidade objetiva a redução da tensão visco-elástica mioarticular e a facilitação da função neuromuscular aumentando a amplitude dos movimentos musculares (ROSA et al., 2013 apud FELICE et al., 2008).

1.4.3 Estimulação elétrica funcional

A estimulação elétrica funcional (EEF) é realizada a partir de aplicações de correntes elétricas que produzem contrações nos grupos musculares com parestesia. Está tipo de reabilitação tem como objetivo melhorar a força muscular, aumentar a amplitude de movimento, estabelecer sensação articular proprioceptiva, reduzir

espasticidade muscular e diminuir contratura articulares (ROSA et al., 2013 apud REZENDE et al., 2008).

1.4.4 Mobilização neural

O tratamento da tensão adversa, através da mobilização neural, é feito partindo da posição tolerada pelo paciente, estabelecida durante o teste. Realizam-se, ao final da amplitude, oscilações lentas e consecutivas da extremidade envolvida por aproximadamente um minuto. Os testes neurodinâmicos são divididos em testes para membros inferiores, tronco e membros superiores, sendo que em cada teste pode-se isolar um nervo, ou mesmo colocar sob tensão toda a cadeia nervosa. (ROSA et al., 2013 apud ZAMBERLAN et al., 2007)

1.4.5 Alongamento

São exercícios físicos voltados para o aumento da flexibilidade muscular a partir do estiramento das fibras musculares, fazendo com que elas aumentem de comprimento. A principal consequência do alongamento é o aumento de flexibilidade e de amplitude de movimento em uma articulação específica (ROSA et al., 2013 apud TREVISAN et al., 2010).

1.4.6 Terapia espelho

A terapia espelho consiste de uma técnica que usa um espelho, verticalmente, apoiado no plano sagital no meio de uma caixa retangular. A técnica sugere que uma rede neural responsável pelo contfunção de uma mão em uma determinada tarefa pode ser utilizada nos movimentos da outra mão, referindo-se a capacidade de memorização de um procedimento (ROSA et al. 2013).

Os exercícios realizados em frente ao espelho pro-movem feedback visual do membro parético gerando a sensação de dois membros móveis, como se o membro parético estivesse realizando movimentos saudáveis no hemisfério negligenciado, resultando na excitabilidade corticoespinal e nas áreas somatossensoriais.(PEREIRA et al., 2013, p. 588).

1.4.7 Terapia de movimento induzido por restrição

A terapia de movimento induzido por restrição (TMIR) é caracterizada pela restrição do membro superior não afetado. A TMIR baseia-se em dois mecanismos: o fenômeno de desuso aprendido e a organização uso-independente. O desuso aprendido é definido como o uso diminuído da extremidade afetada em relação ao potencial motor que o indivíduo possui. O segundo mecanismo que fundamenta a TMIR, o fenômeno de reorganização uso-dependente que tem sido evidenciado por estudos recentes, que descrevem aumentos significativos das áreas de representação cortical de segmentos corporais submetidos a treinamento intensivo (VAZ et al., 2008).

1.4.8 Conceito Bobath

“O Conceito Bobath incentiva o uso dos dois lados do corpo e a meta seria a inibição dos padrões motores patológicos e a reaprendizagem dos movimentos apropriados”(ROSA et al., 2013, p. 122).

1.4.9 Cinesioterapia

Rosa (2013) descreve a cinesioterapia como recurso fisioterapêutico que atua na prevenção de deformidades e na reeducação neuro-motora (apud CORREIA et al., 2010). As diversas técnicas de cinesioterapia objetivam diminuir a hipertonia,

fortalecer a musculatura, manter a amplitude de movimento, proporcionar estimulação sensorial e proprioceptiva, utilizando postura e exercícios funcionais (apud REZENDE et al., 2008).

1.4.10 Teste de Caixa e Blocos

“O Teste de Caixa e Blocos foi criado para ser um teste pré-vocacional para pessoas com deficiência física. Permite avaliar e medir de forma simples a destreza manual de pacientes com problemas neuromusculares e paralisia cerebral.” (GUIMARÃES; BLASCOVI-ASSIS, 2012).

O teste de Caixa e Blocos utiliza-se de uma caixa de madeira com uma divisória ao meio, e conta com múltiplos blocos de cores diferentes. O paciente deve carregar um bloco de cada vez de um compartimento a outro, este só pode soltar um bloco uma vez que a ponta de seus dedos esteja posicionada totalmente do outro lado da divisória. Se o bloco cair, o paciente pode pegá-lo e continuar a tarefa sem nenhum tipo de penalidade (MENDES et al., 2001).

1.5 DESAFIOS DA REABILITAÇÃO CONVENCIONAL

1.5.1 Acesso

A distribuição geográfica do AVC é afetada socioeconomicamente pela população. Estima-se que a carência de acesso à informação e ao sistema de saúde pode aumentar a chance de acometimento por AVC. Quanto maior o nível de formação, maior o conhecimento sobre a doença, seus fatores de risco e menor índice de comportamentos de risco (ABRAMCZUK et al., 2009).

1.5.2 Custos

Devido ao baixo nível de escolaridade e poder socioeconômico dos pacientes atendidos em hospitais públicos sabe-se que este tem pouca compreensão sobre a importância do tratamento e principalmente a prevenção do AVC. Isso pode contribuir para que este tipo de acidente esteja em primeiro lugar nas causas de óbitos na maioria dos estados do Brasil. A internação pode variar de 1 a 90 dias. O custo médio diário do diagnóstico foi de US\$ 40.68 para pacientes sem complicações e de US\$ 22.25 para pacientes com complicações. A média de gastos diários para pacientes com complicações é de US\$ 105.46 (NEVES et al., 2002).

1.6 REALIDADE VIRTUAL

O termo Realidade Virtual (RV) foi lançado no final da década de 1980 por Jaron Lanier, artista e cientista da computação, que conseguiu convergir dois conceitos antagônicos em um novo e vibrante conceito capaz de captar a essência dessa tecnologia: a busca da fusão do real com o virtual (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

Existem muitas definições para o termo RV que envolve aspectos gerais e/ou tecnológicos, para Byrne (1996), RV é uma tecnologia computacional que oferece a ilusão ao usuário de estar imerso em um espaço tridimensional, com a habilidade de interagir com este espaço 3D. Já para Tori, Kirner e Siscoutto (2006) RV é uma interface avançada para aplicações computacionais que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multissensoriais, para a atuação ou *feedback*. E para Cardoso et. al. (2007), RV é sistema computacional usado para criar um ambiente artificial, no qual o usuário tem a impressão de não somente estar dentro deste ambiente, mas também habilitado, com a capacidade de navegar no mesmo, interagindo com seus objetos de maneira intuitiva e natural.

Nas definições do termo RV, pode-se notar sua formação em três princípios básicos como Interatividade, Envolvimento e Imersão.

A. Interatividade - Tori, Kirner e Siscoutto(2006), interatividade está relacionada com a capacidade do computador detectar as ações do usuário e reagir instantaneamente, modificando aspectos da aplicação.

B. Envolvimento - Para Netto (2002) e Bressan (2003), a ideia de envolvimento está ligada ao grau de motivação para o engajamento de uma pessoa em determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, como ler um livro ou assistir televisão, ou ativo, ao participar de um jogo com algum parceiro.

C. Imersão - Para Tori, Kirner & Siscoutto(2006), imersão é a sensação ou sentimento de estar dentro do ambiente.

1.7 JOGOS SÉRIOS

Jogos sérios, em inglês *serious games*, são jogos utilizados com propósito de ensino-aprendizagem ou treinamento e não apenas de entretenimento (DA ROCHA et al., 2015 apud. ALDRICH, 2005; BNDES, 2014a).

Eles envolvem o uso de tecnologias de jogos digitais com o propósito de simular problemas do mundo real. (DA ROCHA et al., 2015).

Por meio deste conceito pode-se considerar possível e relevante a aplicação de jogos sérios na fisioterapia, especificamente na reabilitação pós AVC do membro superior.

1.7.1 Aplicabilidade

Uma alternativa de tratamento é a utilização de jogos digitais, e especificamente os denominados enxergamos ou Jogos Ativos que envolvem alguma atividade física. Os Jogos Sérios, que são jogos desenvolvidos com uma finalidade específica, apresentam-se como uma alternativa para criação de Jogos Sérios Ativos adaptados às limitações do público-alvo, contudo, o desenvolvimento de um Jogo Sérico Ativo não é uma tarefa trivial e carece o uso de uma metodologia de design (SCHROEDER, 2017).

Dentro dos vários tipos de reabilitação existe a reabilitação virtual que gera diferentes maneiras de aprendizado motor, de maneira individualizada e prazerosa, usando jogos e ambientes virtuais para viabilizar o desempenho funcional. Os exercícios exigidos pelos jogos podem ser avaliados através de ferramentas que fazem medições de força, destreza e aceleração (CARDEAL et al., 2016).

Jogos sérios podem ser vantajosos pois proporcionam a oportunidade de exercícios que não são possíveis de serem realizados no ambiente clínico. Os treinamentos em RV são projetados para serem mais interessantes e agradáveis do que as tarefas comuns de terapia, incentivando o paciente a passar um maior tempo se exercitando conseguindo assim um melhor resultado na reabilitação (CYRINO et al., 2019).

1.7.2 Jogos sérios na reabilitação

Balista (2013) esclarece que gameterapia, é uma prática cada vez mais comum em centros de reabilitação. Porém, a maioria dos tratamentos com gameterapia empregam jogos de console, projetados para diversão. Dessa maneira, apesar dos resultados positivos em relação a motivação do paciente, os fisioterapeutas encontram dificuldades no uso, pois não podem adaptar o jogo às necessidades do paciente. Pesquisas comprovam e identificam o porquê das excelentes respostas terapêuticas da gameterapia. Pode-se dizer que o ambiente virtual tem resultados na motivação do paciente. Isso faz com que o mesmo se

exercite por mais tempo sem se cansar. O *feedback* fornecido pelos jogos constrói e reforça a sua motivação e recuperação.

1.7.3 Resultados dos jogos sérios

Várias pesquisas apontam resultados positivos no uso de jogos sérios na reabilitação da hemiplegia, principalmente no aspecto motivacional.

“[...] Nota-se um interesse grande no seu uso, não apenas para pacientes com AVC, devido aos benefícios que essa técnica pode trazer ao processo. Já foi demonstrado que os jogos podem ser bastante efetivos para a recuperação do paciente e que este pode gostar da experiência. Há ainda em alguns casos a questão de avaliar se realmente há eficácia terapêutica no uso de tais jogos” (BARROS et al., 2012).

O uso da gameterapia no tratamento de lesões físicas e neurológicas pode ser de grande valia para o processo de reabilitação dos pacientes. Contudo, a forma como ela é feita hoje em muitas clínicas com uso de games não específicos para fins fisioterapêuticos faz com que seu potencial seja reduzido (BALISTA, 2013).

Mesmo assim, existem benefícios como o aumento da velocidade de movimento, equilíbrio, mobilidade e motivação em relação ao tratamento (XAVIER-ROCHA et al., 2020).

1.8 CONCLUSÕES

Em base no exposto nos desafios da reabilitação convencional pode-se afirmar que a população não tem grande conhecimento sobre as consequências do acidente vascular encefálico (AVE), por isso apenas aqueles com maior nível educacional tem acesso ao tratamento ou formas de prevenir este acidente, nos demais casos, devido à falta de acesso à informação são poucos aqueles que procuram algum tipo de tratamento.

Sendo assim, esta pesquisa além de apresentar um possível recurso complementar para a reabilitação, tem como intenção fortalecer e disseminar mecanismos facilitadores para este cenário que demanda várias carências.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

2.1 INTRODUÇÃO

É possível encontrar diversos trabalhos de aplicações de jogos sérios na reabilitação da hemiplegia causada por AVC. Para este trabalho foram selecionados três trabalhos que correlatam com o tema abordado. Após o levantamento destas ações, eles foram analisados com base em critérios relevantes, com intuito de posicionar, verticalizar e implementar aspectos importantes como foco da aplicação, membro a ser reabilitado, plataforma e aceitação do usuário.

2.2 TERAPIA BASEADA EM REALIDADE VIRTUAL USANDO O LEAP MOTION CONTROLLER PARA REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR APÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

SOARES (2017) com o objetivo de realizar a avaliação de aplicabilidade do *Leap Motion Controller* (LMC) para *desktop* combinado com a reabilitação pós AVC do membro superior, este utiliza o jogo *Playground3D*, desenvolvido pela Motion Control mesma criadora do LMC, em uma avaliação de 3 pacientes. Esta avaliação foi aplicada durante três dias consecutivos. Durante os dois primeiros dias foram aplicadas apenas os testes de Caixa e Blocos, Coordenação Óculo-Manual de Melo, Estimulação Magnética Transcraniana e também o *Playground3D*. No último dia aplicou-se uma ficha de avaliação.

Os pacientes durante o uso da aplicação 3d eram orientados a colocar blocos sobre a cabeça de robôs em movimento aleatório, este treinamento era realizado por 15 minutos em cada um dos membros, tanto parético quanto não parético.

Soares observa resultados positivos nos 3 pacientes. O primeiro paciente descreve sentir-se habilidoso com o jogo e que continuaria com o treinamento por

um período maior, o autor aponta melhoras para o paciente, já que este conseguiu uma redução de tempo na execução de algumas tarefas.

O segundo paciente sentiu fadiga durante o treinamento, assim como o primeiro este também se sentiu habilidoso e continuaria com treinamento por maior tempo. Soares também aponta melhoras nas funções motoras do paciente dois.

O terceiro e último paciente assim como os dois anteriores relatou sentir habilidoso ao manipular o jogo e conseguiu no fim do treinamento melhoras óculo-manual. Nestes testes tanto o paciente dois e três nunca tinham utilizado um computador, porém isto não afetou o treinamento de nenhum dos dois.

Neste trabalho os resultados foram positivos e demonstraram um treinamento promissor já que a ferramenta proporcionou a curto prazo uma diminuição do limiar motor cortical, melhores desempenhos nos testes de habilidade manual e óculo-manual e foi bem recebido pelos pacientes testados.

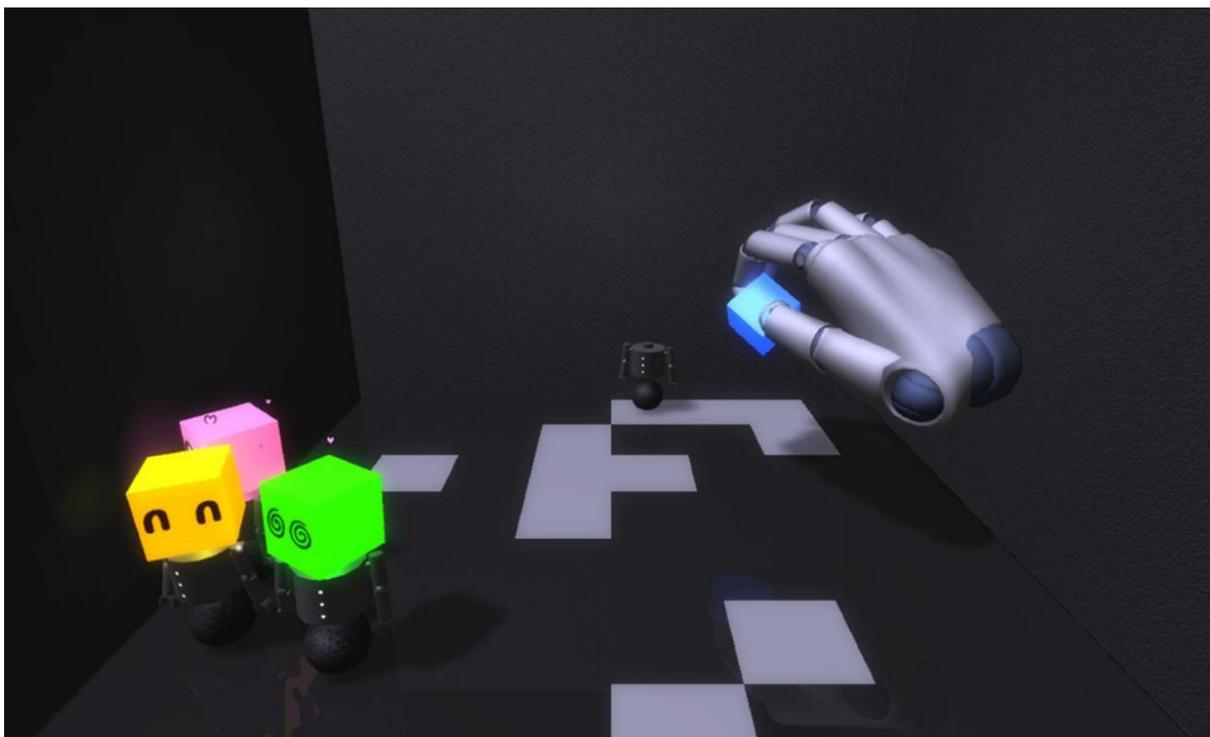


Figura 1 - Jogo Playground 3D do LMC
Fonte: (SOARES et al., 2017)

A Figura 1 mostra a tela do jogo Playground 3d com a mão virtual sendo controlada por uma pessoa, está mão tem um dos cubos prontos para colocar sobre um dos robôs.

2.3 HARPYGAME: UM JOGO SÉRIO CUSTOMIZÁVEL COM INTERFACE MULTIMODAL PARA REABILITAÇÃO DE INDIVÍDUOS PÓS-AVE

Cyrino (2019) propõe um jogo sério customizável e adaptável de RV para reabilitação pós acidente vascular encefálico, que tem como objetivo principal a adequabilidade do sistema como uma ferramenta de apoio na reabilitação. Este é uma aplicação *desktop* composta por quatro camadas intercomunicáveis, sendo elas:

Painel de configuração: Responsável por customizações no jogo e geração de relatórios.

O jogo: Representa o ambiente gráfico e contém níveis de tarefas adaptáveis.

Banco de dados: Contém informações dos pacientes, configurações do jogo e objetivos completos.

Interface: Permite o uso de dispositivos de entrada como o *Myo*, *Joysticks* e uma plataforma de suporte assistido.

Para testes foram selecionados 6 pacientes de entre 35 e 73 anos com AVC isquêmico. O treinamento destes mudava de dificuldade gradativamente pelo terapeuta cada vez que o voluntário mostrasse facilidade em completar as fases do jogo. As dificuldades eram baseadas em: tempo, dimensões do espaço, velocidade, quantidade de desafios a serem superados, dano recebido, precisão de movimentos, recuperação de vida, presença de obstáculos.

A iFigura 2 mostra como é o ambiente ao qual o jogador se enfrenta, e alguns dos desafios, como tempo, tamanho do anel e outros.

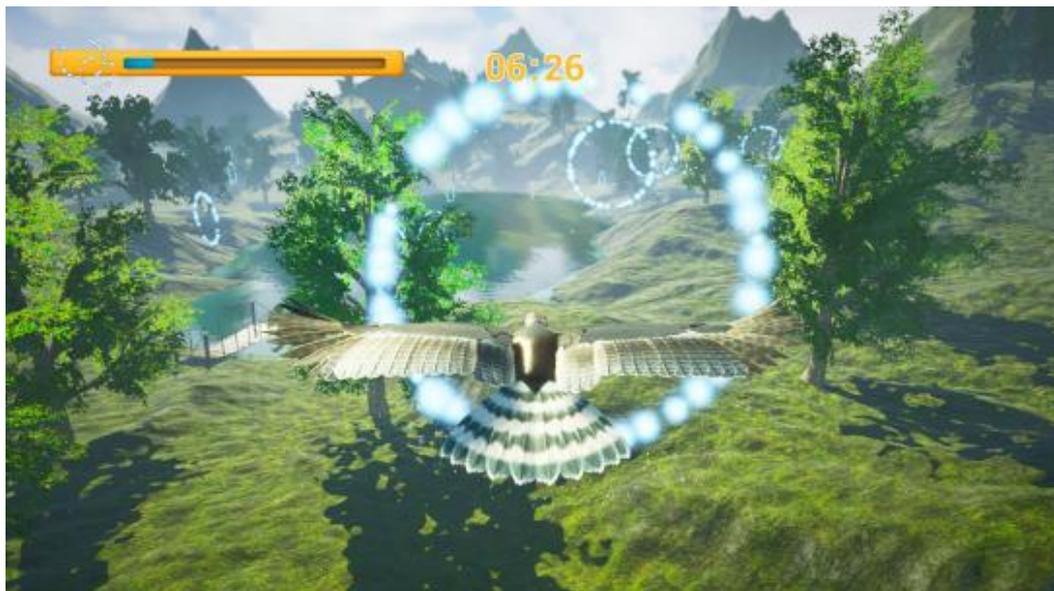


Figura 2 - HARPYGAME
Fonte: (CYRINO, 2019)

Cyrino explica que os usuários tiveram uma grande evolução até a terceira sessão, após isso houve uma queda devido a modificação dos parâmetros de dificuldade para os pacientes que se adaptaram bem. Por meio de um questionário realizado aos pacientes, estes expressaram satisfação com o ambiente virtual.

2.4 PHYSIOJOY

O trabalho desenvolvido por Balista (2013), tem o objetivo de construir um jogo sério para *desktops* com sistema operacional Windows usando o sensor de captura do Xbox 360 Kinect. Esta aplicação tem como objetivos analisar a evolução do paciente, fornecer os dados individuais de forma gráfica, desenvolver um sistema de uso simples, disponibilizar ferramentas de exportação de dados do usuário para o terapeuta, desenvolver 3 jogos com níveis de dificuldades e objetivos moldáveis as necessidades do paciente, criar um *framework* para criação de novos jogos, projetar o sistema para fácil uso de outros equipamentos de captura.

O projeto contém um total de três jogos:

Jogo 1: Trabalha os membros inferiores e o equilíbrio, o usuário precisa completar um percurso em um parque desviando de obstáculo e coletando estrelas.

Jogo 2: Trabalha a cognição e capacidade motora, este é um jogo de tabuleiro e está composto por três modos de jogo. O primeiro modo trata-se de memorização e reprodução, no segundo é informado uma cor na tela e é necessário a deslocação até a cor informada, no último modo letras são espalhadas pelo tabuleiro e o jogador deve navegar por estas para compor a palavra informada em tela.

Jogo 3: Trabalha os membros superiores, o jogador é colocado em uma montanha russa na qual é necessário coletar com as mãos as gemas distribuídas no percurso.

Os pacientes foram avaliados com critérios em pontuação, quantidade percorrida do percurso, tempo e amplitude dos movimentos.

2.5 CONCLUSÕES

Com base nos trabalhos abordados nas subseções anteriores, foi possível observar como os jogos, até aqueles não projetados com intuito de reabilitação, trouxeram ganhos motivacionais e físicos positivos aos usuários.

Tabela 1- Revisão trabalhos correlatos

Nome	Plataforma	Dispositivo de captura	Foco	Evolução do paciente	Aceitação do paciente
SOARES	<i>Desktop</i>	LMC	Membro Superior	Sim	Sim
CYRINO	<i>Desktop</i>	-Myo -Joystick -Plataforma de suporte assistido	Membro Superior	Sim	Sim
BALISTA	<i>Desktop</i>	<i>Kinect</i>	-Membro Superior -Membro Inferior	Não especificado	Sim

Na tabela observa-se de forma resumida e objetiva aspectos relevantes dos trabalhos analisados. Na tabela pode-se observar como todos os trabalhos foram projetados para *desktops*, porém cada um deles faz uso de dispositivos de capturas diferentes. Os trabalhos de Soares e Cyrino tem foco na reabilitação do

membro superior e apresentaram uma evolução positiva no desenvolvimento do paciente, já Balista mostra aplicação para o membro inferior e não especifica em seu trabalho se houve ganhos, porém este mostra mais foco em atender as necessidades do terapeuta. Em todos os trabalhos foi observado uma aceitação motivacional por parte do paciente, ratificando a importância no desenvolvimento de recursos complementares associados a ambientes computacionais adaptados a proposta de gamificação.

3 ARQUITETURA

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordados aspectos importantes do desenvolvimento do protótipo com intuito de nortear o planejamento e requisitos de engenharia de *software* para funcionamento preciso e eficiente do sistema. Nele será possível encontrar esquemas básicos que nortearão a construção da proposta como: diagrama de arquitetura, Requisitos Funcionais (RF), Requisitos não Funcionais (RNF), diagrama de Caso de Uso (UC).

3.2 DESCRIÇÃO DO PROTOTIPO

O sistema proposto trata-se de um ambiente virtual com recursos tridimensionais que tem a finalidade de representar métodos de reabilitação convencionais de forma virtual e com métricas de medição de tempo e pontos.

Por meio de apropriação de técnicas de jogos sérios o protótipo desenvolvido utilizará o motor gráfico *Unity3D* em conjunto com o kit de desenvolvimento de *software* (SDK) do LMC tornando-se possível realizar a captura e rastreamento dos movimentos das mãos em tempo real e com precisão.

Com este ambiente virtual é possível estabelecer tempo de sessões de treinamento, além de mensurar o tempo gasto para obtenção dos objetivos nos jogos. O ambiente virtual também fornece um sistema de pontuação, o qual é visual em forma de gráfico de linhas, no final de cada sessão realizando o cálculo da média dos pontos obtidos em cada rodada.

Este também envia a pontuação para o terapeuta por uma planilha do Google para que este possa analisar o desempenho do paciente.

3.3 ARQUITETURA DO SISTEMA

O protótipo proposto neste trabalho apresenta mecânicas de reabilitação tradicionais modeladas para um ambiente virtual tridimensional. Seguindo essa linha é necessário a elaboração de uma arquitetura. A aplicação desenvolvida neste trabalho segue padrões de orientação a objetos. Os movimentos capturados pelo dispositivo de captura são enviados para a *Unity3D* e interpretados por métricas de pontuação.

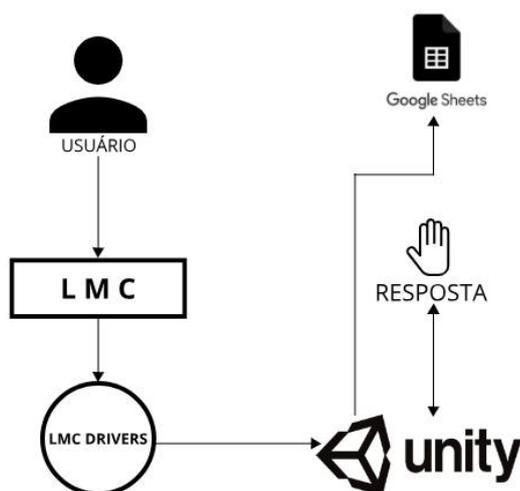


Figura 3 - Arquitetura proposta

A Figura 3 mostra a arquitetura do protótipo de maneira simplificada. O dispositivo de captura LMC realiza a captura dos movimentos, estes são interpretados pelos drivers do dispositivo e enviados ao motor gráfico *Unity3D* em tempo real e com alta precisão onde serão usados para conclusão de objetivos que a narrativa do jogo exigir, após o término da sessão os exercícios concluídos irão gerar pontos os quais serão enviados pela *Unity3D* para o *Google Sheets*.

3.4 REQUISITOS FUNCIONAIS

“Os RF são condições necessárias para a obtenção de certo objetivo, ou para o preenchimento de certo objetivo [...]”(ALVES FILHO; EMILIO MALTEZ; MARTINEZ, 2006).

Os RF identificados para o funcionamento do sistema consistem em:

RF1: Inserir tempo da sessão, quantidade de sessões e tempo de descanso.

RF2: Apresentar informações de desempenho em uma interface gráfica apropriada.

RF3: Disponibilizar menu completo para seleção das ações desejadas.

RF4: Visualizar informações importantes da sessão atual, como tempo e pontuação.

RF5: Rastrear e responder aos movimentos das mãos em tempo real.

RF6: Enviar dados da sessão para o *Google Sheets*.

3.5 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

“RNF, ao contrário dos funcionais, não expressam nenhuma implementação em um sistema; eles expressam condições de comportamento e restrições que devem prevalecer” (CYSNEIROS; DO PRADO LEITE, 1998). Estes requisitos podem ser denominados como atributos de qualidade, objetivos, restrições entre outros (CYSNEIROS; LEITE, 2001).

Os principais RNF do sistema são:

RNF1: O ambiente virtual deve ser composto por elementos gráficos tridimensionais de qualidade.

RNF2: As interfaces devem ser simples, legíveis e intuitivas.

RNF3: Os movimentos exigidos durante o jogo devem ser semelhantes a movimentos executados durante a terapia.

RNF4: O sistema deve ter boa qualidade gráfica e coloração simples para fácil distinção dos objetos.

3.6 CASOS DE USO

Um UC descreve o comportamento de um sistema sob diversas condições. O ator primário inicia a interação para atingir um objetivo, logo vem a resposta do sistema, após isso diferentes comportamentos ou cenários podem aparecer dependendo das condições que seguem as requisições (COCKBURN, 2005).

Neste tópico serão mostrados e especificados os principais UC do protótipo, tanto para o paciente quanto para o terapeuta.

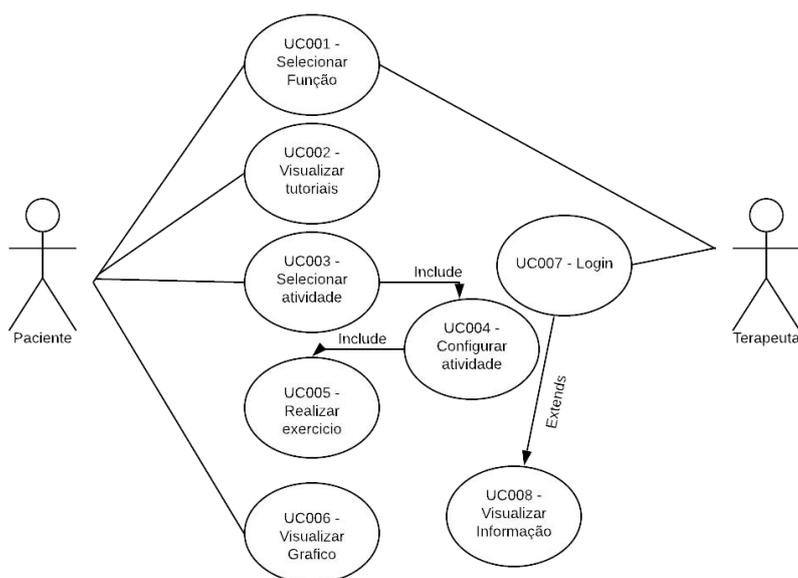


Figura 4 - Casos de uso

Na Figura 4 pode-se observar como o paciente e o terapeuta devem selecionar qual função irão desempenhar ao usar o sistema. Por exemplo o paciente pode visualizar os tutoriais e selecionar atividades, o que implicara em configurar esta e realizar o exercício, também pode visualizar os gráficos de desempenho das atividades. Por outro lado, o terapeuta pode realizar *login* e visualizar os dados dos pacientes.

3.6.1 Descrição dos atores

O protótipo conta com 2 dois atores, o paciente e o terapeuta. Neste caso o paciente tem um acesso a aplicação visando o treinamento e a visualização de informações de forma gráfica referentes a suas atividades. Já o outro ator, o terapeuta, visa o acesso com foco na avaliação, este pode acessar uma planilha com todos os dados referentes as sessões dos pacientes que realizaram alguma atividade.

3.6.2 Descrição dos casos de uso

As tabelas a seguir explicam de forma detalhada cada caso de uso e suas condições, também são explicados os fluxos de cada caso de uso se este existir.

Tabela 2 - Descrição de caso de uso "Selecionar função"

Caso de Uso	<i>UC001 - Selecionar função</i>
Ator Principal	<i>Paciente e Terapeuta</i>
Descrição	<i>Possibilitar o usuário selecionar que tipo de papel irá desenvolver durante o uso da aplicação, paciente ou terapeuta</i>
Pré-Condição	<i>Inexistente.</i>
Fluxo Normal	<i>1. Selecionar o seu papel dentro do sistema</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>UC002 - Navegar no menu</i>

Tabela 3 - Descrição de caso de uso "Visualizar tutoriais"

Caso de Uso	<i>UC002 - Visualizar tutoriais</i>
Ator Principal	<i>Paciente</i>
Descrição	<i>O usuário pode assistir aos tutoriais de como executar cada uma das atividades</i>
Pré-Condição	<i>Selecionar função</i>
Fluxo Normal	<i>1. No menu principal serão exibidos dois tutoriais</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>UC003 - Selecionar atividade</i>

Tabela 4 - Descrição de caso de uso "Selecionar atividade"

Caso de Uso	<i>UC003 - Selecionar atividade</i>
Ator Principal	<i>Paciente</i>
Descrição	<i>Possibilitar o usuário selecionar que tipo de atividade irá realizar</i>
Pré-Condição	<i>Selecionar função</i>
Fluxo Normal	<i>1. No menu principal selecionar qual atividade realizar - "Caixa e Blocos" - "Tempo de Reação"</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>UC004 - Configurar atividade</i>

Tabela 5 - Descrição de caso de uso "Configurar atividade"

Caso de Uso	<i>UC004 - Configurar atividade</i>
Ator Principal	<i>Paciente</i>
Descrição	<i>O usuário deve configurar a atividade conforme solicitado pelo terapeuta usando tempo, quantidade de sessões, tempo de descanso e o CPF do paciente</i>
Pré-Condição	<i>Selecionar atividade</i>
Fluxo Normal	<i>1. Preencher os campos necessários para dar início a atividade</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>UC005 - Realizar exercício</i>

Tabela 6 - Descrição de caso de uso "Realizar exercício"

Caso de Uso	<i>UC005 - Realizar exercício</i>
Ator Principal	<i>Paciente</i>
Descrição	<i>O usuário realizará o treino conforme as configurações.</i>
Pré-Condição	<i>Configurar atividade</i>
Fluxo Normal	<i>1. Utilizando do LMC o paciente realizará uma das atividades selecionadas</i>
Fluxos Excepcionais	<i>-Restaurar posição inicial do bloco.</i>
Pós-Condição	<i>UC006 - Visualizar gráfico</i>

Tabela 7 - Descrição de caso de uso "Visualizar gráfico"

Caso de Uso	<i>UC006 - Visualizar gráfico</i>
Ator Principal	<i>Paciente</i>
Descrição	<i>O paciente pode visualizar o gráfico de desempenho de sua atividade</i>
Pré-Condição	<i>Realizar exercício</i>
Fluxo Normal	<i>1. Ao finalizar a atividade o gráfico será mostrado junto com o menu de game over, o paciente também pode optar por ver o gráfico utilizando-se do menu principal</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>Sair do modo de visualização do gráfico</i>

Tabela 8 - Descrição de caso de uso "Login"

Caso de Uso	<i>UC007 - Login</i>
Ator Principal	<i>Terapeuta</i>
Descrição	<i>O terapeuta realiza login utilizando um email e senha predefinidos</i>
Pré-Condição	<i>Selecionar Função</i>
Fluxo Normal	<i>2. Ao selecionar a função de terapeuta o sistema mostrará uma tela de login para o usuário</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>UCC008 - Visualizar informação</i>

Tabela 9 - Descrição de caso de uso "Visualizar informação"

Caso de Uso	<i>UC008 - Visualizar Informação</i>
Ator Principal	<i>Terapeuta</i>
Descrição	<i>Visualizar dados das sessões de exercício dos pacientes.</i>
Pré-Condição	<i>Login</i>
Fluxo Normal	<i>3. O terapeuta pode visualizar as tabelas de dados dos exercícios realizados pelos pacientes em seu navegador.</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Inexistente.</i>
Pós-Condição	<i>Inexistente.</i>

3.6.3 Conclusão

Neste capítulo foi apresentado a arquitetura e os requisitos explicando o funcionamento de cada um deles e o ator que desempenha o papel em cada um deles, assim como também as pré-condições e pós-condições para que cada um deles funcione. Estes artefatos básicos referentes a engenharia de *software* ajudam no desenvolvimento do protótipo funcionando como um mapa na hora de juntar cada função do sistema.

4 RELATOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

4.1 DISPOSITIVOS E TECNOLOGIA DE APOIO

4.1.1 Introdução

Neste capítulo serão abordados de forma descritiva os dispositivos e as tecnologias que auxiliaram no desenvolvimento do protótipo.

4.1.2 Blender

Para o desenvolvimento do projeto foi necessária a modelagem de modelos tridimensionais para a execução das tarefas propostas, estes modelos foram elaborados no *software* de modelagem *Blender*, já que este é um *software* de código aberto que não adiciona custo algum a produção deste trabalho.

KENT (2013) descreve o *Blender* como um pacote de *software* destinado ao trabalho com gráficos, como renderização, modelagem e animação 3d de alta resolução com qualidade de produção. Explica também que o *software* de código aberto é mantido pela *Blender Foundation* com uma grande base de usuários e mais de 3,4 milhões de downloads por ano.

Para este projeto foi usado o *Blender* em sua versão 2.90 e foram definidos padrões de produção dos modelos gráficos. Todos eles foram modelados numa escala de 1:1 dentro da escala do *Blender*, baixa quantidade de polígonos e sem materiais de cores, para ajudar no desempenho da aplicação.

Na Figura 5 é descrito a interface de usuário do *Blender*, área de modelagem, configurações de dimensões e posição, e linha de animação.

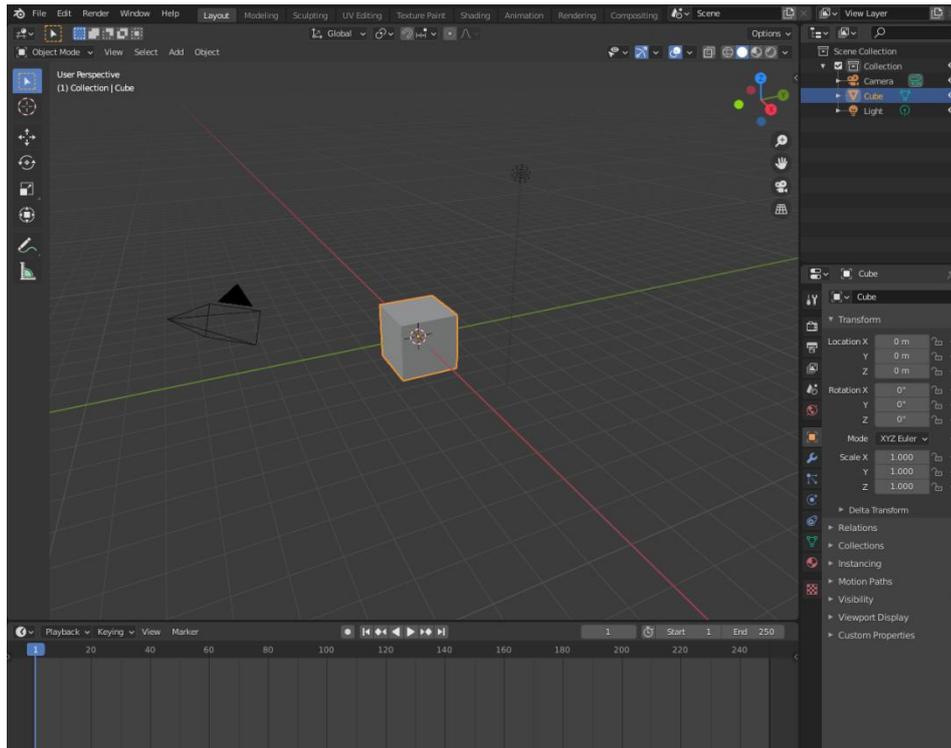


Figura 5 - Blender 2.90

4.1.3 Unity 3D

Unity é uma *game engine* e ambiente de desenvolvimento integrado para a criação de mídia interativa, normalmente vídeo games (HAAS, 2014).

A *Unity engine* integra um motor de renderização personalizado com o motor de física NVidia PhysX e implementações de código aberto da Microsoft .NET (CRAIGHEAD et al., 2008).

Este motor gráfico foi escolhido, pois além de sua facilidade de uso, este tem:

- A. Documentação muito clara, abrangente e cheia de exemplos;
- B. Uma comunidade muito ativa;
- C. Facilidade para desenvolvimento de restrições físicas (atrito, gravidade);
- D. Distribuição *Cross* plataforma;
- E. Sistema de iluminação;
- F. Interface amigável;
- G. Sistema de animação integrado;

Todo o ambiente virtual foi desenvolvido usando esta plataforma em sua versão 2019.4.8f, sendo estes recursos: a) captura dos movimentos usando o LMC; b) integração dos *assets* tridimensionais; c) desenvolvimento de códigos para controlar as mecânicas avaliativas; d) texturização; e) exportação. O protótipo foi codificado usando a linguagem C# a qual é utilizada pela *Unity3D*. As narrativas elaboradas para esta solução possuem os métodos avaliativos de reabilitação convencionais.

A Figura 6 mostra o ambiente de trabalho da *Unity Engine*. Onde é possível posicionar objetos em cena, editar valores dos objetos, adicionar arquivos no projeto e ver resultados no console.

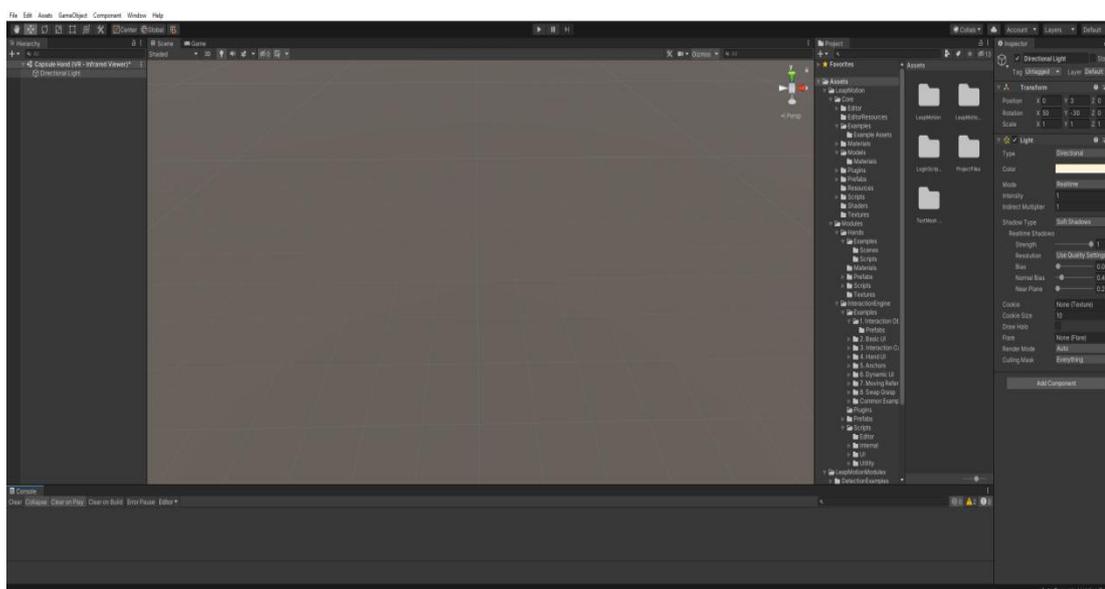


Figura 6 - Interface Unity3D

4.1.4 Codificação - Visual Studio 2019

O *Visual Studio* 2019 foi usado para o desenvolvimento das narrativas propostas nesse trabalho por ser o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) que acompanha a *Unity Engine* e por suportar a linguagem C#. O *Visual Studio* oferece suporte para outras 35 linguagens de programação além do C#, entre elas se encontram C, C++, *JavaScript*, *Python* e outras.

O *IntelliSense*, sistema de auto-completar código e indicar erros de sintaxe, integrado na IDE torna ágil o desenvolvimento pois é útil e funcional. Por

mais que seja a IDE integrada na *engine* de desenvolvimento, esta é simples de usar e contém uma interface amigável. Durante o desenvolvimento da proposta tentou-se usar outras plataformas, como *MonoDevelop*, *VS Code* e *Eclipse*, mas por sua falta de compatibilidade, interface complicada ou falhas estas foram descartadas.

A Figura 7 mostra o ambiente de trabalho do *Visual Studio 2019*, onde é possível observar centralizado na imagem a área de codificação, na direita pastas e arquivos contidos no projeto, no quadrante inferior observa-se o console da IDE onde serão mostrados resultados e erros dos códigos.

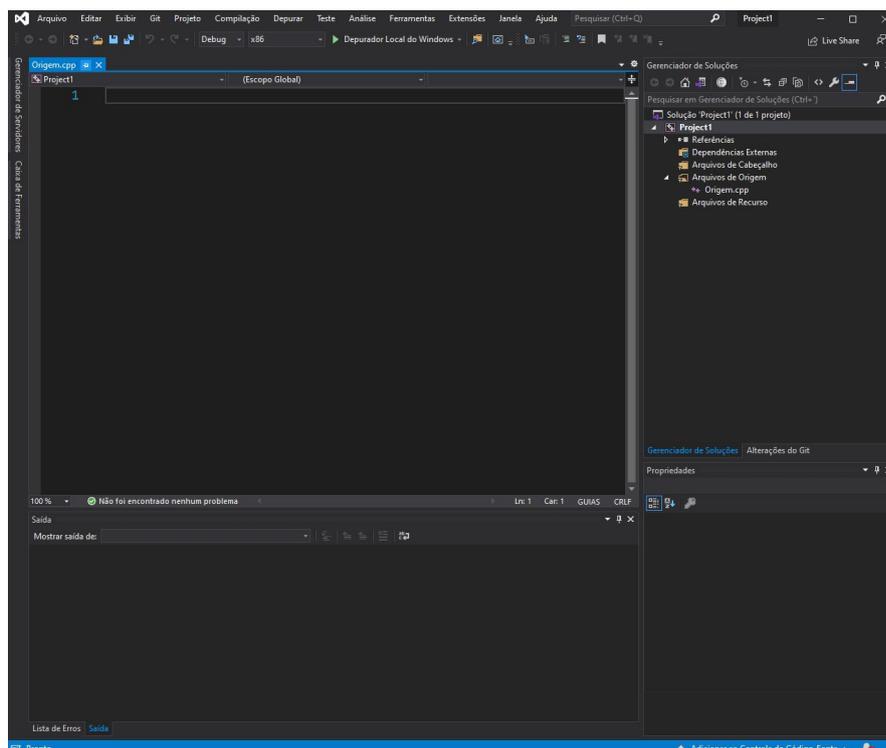


Figura 7 - Visual Studio 2019

4.1.5 Leap Motion Controller e Leap Motion SDK

Para desenvolver o projeto foi necessário a utilização do kit de desenvolvimento de *software* (SDK) da *Leap Motion, Inc.*, empresa encarregada do LMC. Este kit torna a integração do LMC com a *Unity* funcional e precisa.

A SDK traz consigo cerca de oito cenas prontas para serem usadas e vários *scripts* prontos com diversas funcionalidades e mecânicas dos movimentos das mãos, desde os mais simples aos mais complexos.

Além da SKD é obrigatório o do uso sensor LMC pois sem ele a aplicação não funciona. O LMC é um dispositivo óptico de rastreamento de gestos que consegue capturar mãos e dedos.

O controlador consegue realizar a captura em uma zona de até 60cm. Para o uso são necessárias as seguintes especificações mínimas: um computador com sistema operacional *Windows 7* ou *Mac OS X 10.7*, um *AMD Phenom II* ou *Intel i3* e mínimo de 2Gb de memória RAM (ULTRALEAP, c2019).

4.1.6 Google Sheets

O *Google Sheets* não é um programa que possamos realizar download, mas sim um programa interativo na Web. Existem três vantagens principais ao usar o *Google Sheets*. Primeiro, eles são armazenados automaticamente na web, para que possam ser acessados de qualquer computador conectado à Internet. Segundo, todas as alterações feitas pelos usuários automaticamente são salvas no servidor. Portanto, a planilha está sempre atualizada e salva. Terceiro, o criador de uma planilha pode convidar usuários para visualizar ou editar a planilha. Várias pessoas em diferentes locais podem interagir simultaneamente com a mesma planilha (SIEGLE, 2007).

O *Google Sheets* foi usado como banco de dados no trabalho onde cada sessão e pontuação de cada usuário será salvo conforme data e hora da atividade realizada. Além disso os terapeutas com acesso aos dados poderão visualizar e analisar os dados de cada paciente conseguindo assim acompanhar a evolução de cada um.

4.2 CONCLUSÃO

Unity3D, *Visual Studio 2019* e o *LMC* desempenharam um papel crucial no desenvolvimento do sistema. Outras tecnologias como o *Blender* e o *Google Sheets* também foram de grande ajuda já que permitiram a modelagem de alguns

dos *assets* usados nas narrativas e o armazenamento dos dados gerados ao realizar exercícios. As tecnologias citadas anteriormente possibilitaram uma integração eficiente do protótipo permitindo o desenvolvimento do mesmo. Estas tecnologias também permitem o uso eficaz do sistema como é o caso do *Leap Motion* SDK e LMC.

Além das tecnologias usadas, ambas narrativas foram feitas a partir de técnicas de reabilitação. Para a primeira narrativa “Caixa e Blocos”, usou-se do teste de caixa e blocos em conjunto com a cinesioterapia, esta narrativa faz com que o usuário realize o movimento de segurar um objeto e o movimento até a caixa correspondente, isso exercita tanto a mão quanto o cotovelo. Já a segunda narrativa “Tempo de Reação” faz uso apenas da cinesioterapia onde o usuário realiza movimentos de rotação com o antebraço e o movimento de cerramento do punho.

5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo irá explicar passo a passo como preparar o ambiente para o uso do sistema, assim como usar o sistema de forma correta tanto para o paciente como para o terapeuta, abordando desde a instalação do *software* controlador do LMC até a execução de cada exercício.

5.2.1 Preparação do ambiente

Para iniciar o uso do sistema é necessário a configuração do ambiente para que tudo funcione de forma adequada.

O primeiro passo é instalar os drivers do dispositivo, que podem ser encontrados dentro do site do *Leap Motion*. Conforme representado na Figura 8.

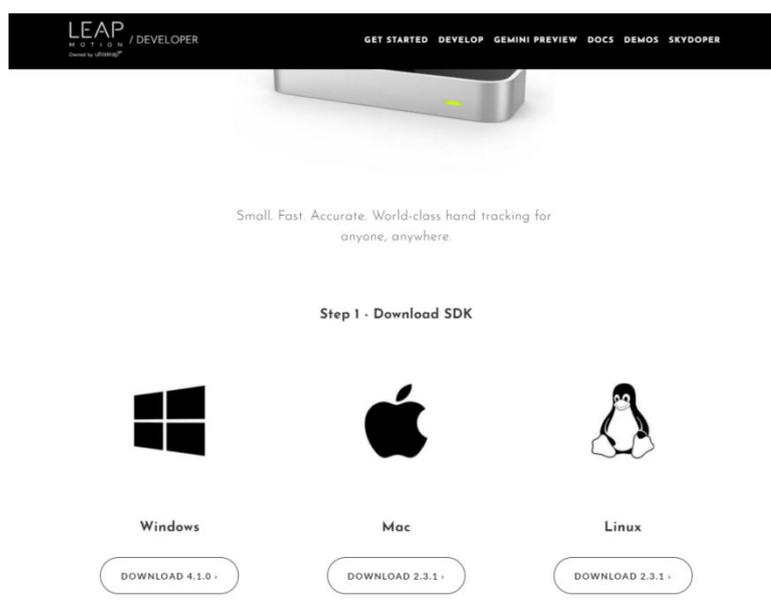


Figura 8 - Site de download do software

Após realizar o download do pacote compactado, será necessário descompactar este e executar o instalador, a instalação é mostrada na Figura 9.



Figura 9 - Instalado do Leap Motion Software/Drivers.

Ao finalizar a instalação é recomendado calibrar o dispositivo. Para calibrar o controlador iremos a abrir o *software* que estará instalado no computador. Com o *software* aberto, realizar *click* na aba de solução de problemas e em seguida recalibrar dispositivo, veja na Figura 10.

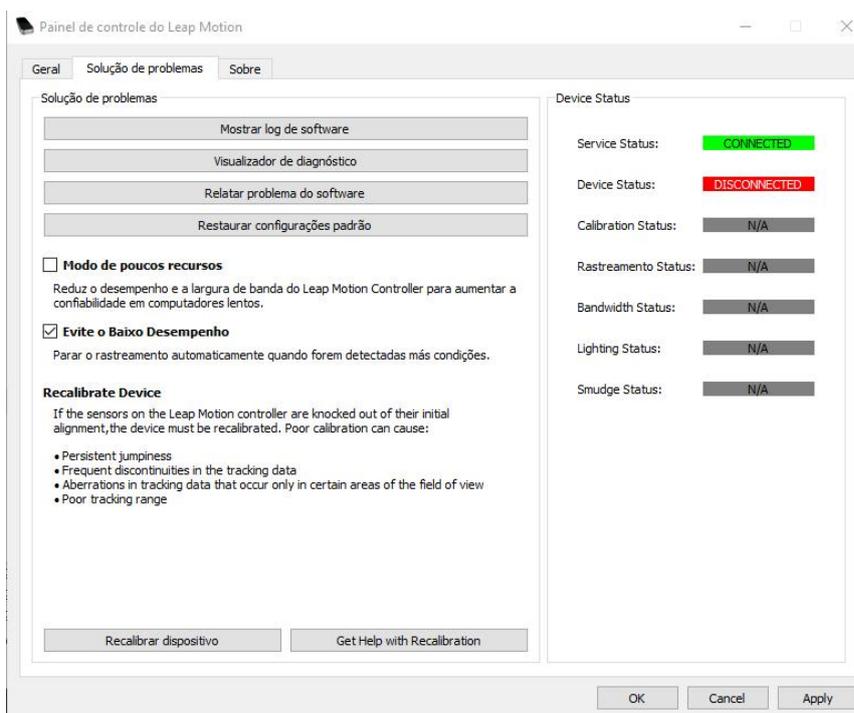


Figura 10 - Calibrar o dispositivo.

Na Figura 11 é mostrado como aumentar o desempenho do sensor, e evitar possíveis erros na hora do rastreamento. Para isso torna-se necessário desativar a opção de orientação automática de rastreamento encontrada na aba Geral do Painel de Configuração do *Leap Motion*.

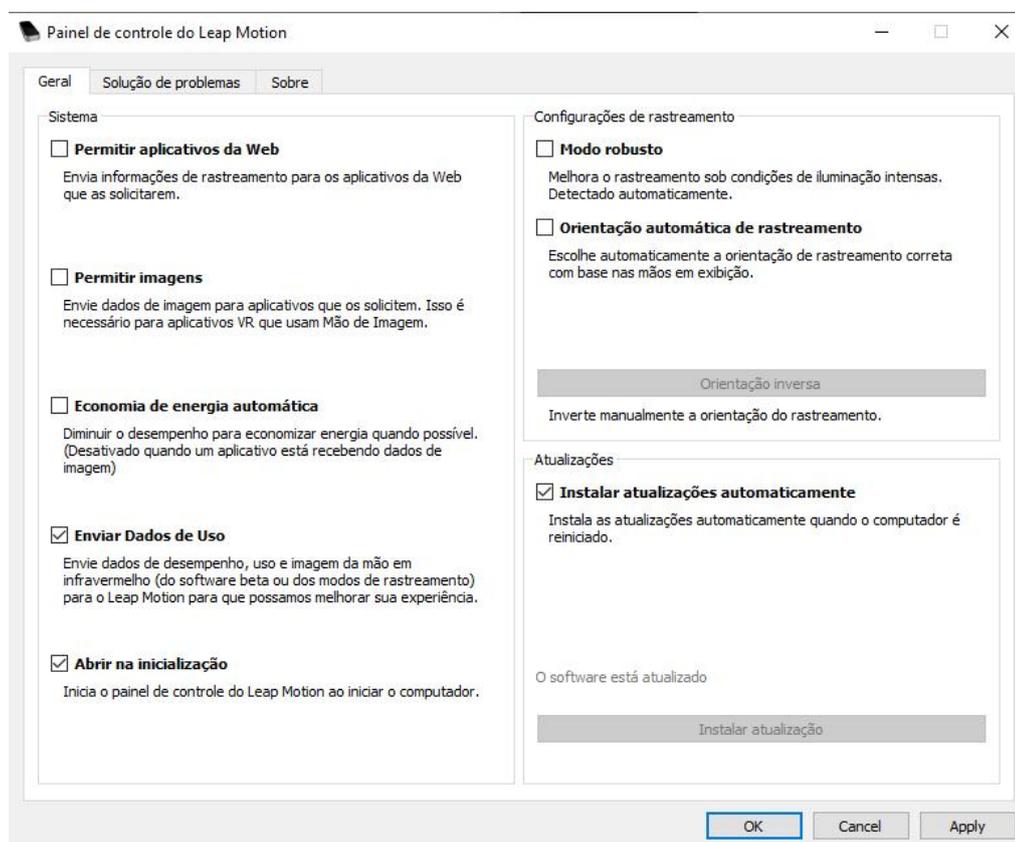


Figura 11 - Orientação Automática.

5.2.2 Uso do protótipo para o paciente

Este tópico irá explicar detalhadamente como o paciente deve usar o sistema de forma correta e guiará este através das mecânicas de cada narrativa.

5.2.2.1 Primeira Narrativa

A primeira narrativa trata-se do teste de caixa e blocos integrado a cinesioterapia. Ao abrir o jogo o usuário se deparará com a seguinte tela, apresentada na Figura 12, na qual ele deve selecionar qual tipo de papel irá

desempenhar ao usar o sistema. Caso for paciente e precise de reabilitação deverá selecionar opção “Paciente” para poder ter acesso ao menu principal referente as ações do paciente.

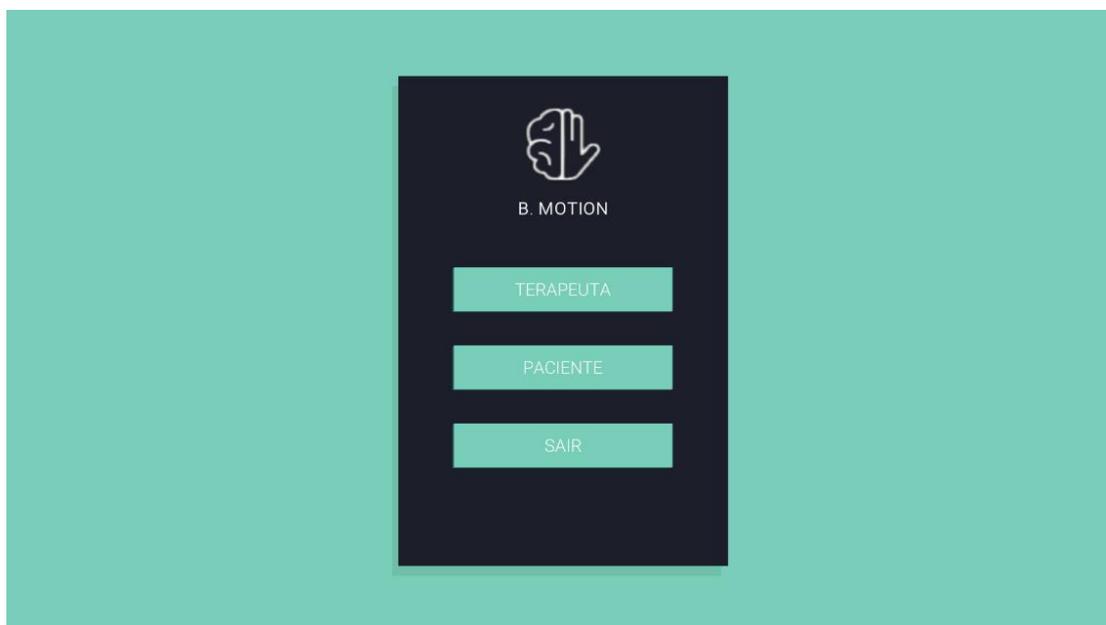


Figura 12 - Tela de seleção de função do sistema.

5.2.2.1.1 Menu principal

Ao escolher o perfil de utilização, o usuário irá para o menu principal o qual é mostrado na Figura 13, onde este terá as opções de assistir aos tutoriais de execução de cada um dos exercícios realizando *click* no botão *play/pause*, sendo eles o “Caixa e Blocos” e o “Tempo de Reação”, caso o paciente ainda não conheça o fluxo de execução de cada uma das narrativas.

A tela do menu contém diversos botões que te permitem selecionar atividades ou a visualização de gráficos de desempenho. Eles seguem as funcionalidades a seguir:

O botão “Caixa e Blocos” que contém o símbolo de uma mão irá levar o paciente para a primeira narrativa.

O botão “Tempo de Reação” que contém o símbolo de um cérebro levará o paciente para a segunda narrativa.

Os botões com os símbolos de um gráfico com os nomes de "Caixa e Blocos" e "Tempo de Reação" levaram para os gráficos de desempenho de cada uma das narrativas respectivamente.

O botão com o símbolo de uma seta levará o usuário para a seleção de função.

O botão com um x fecha a aplicação.

A Figura 13 ilustra o mostrado anteriormente.

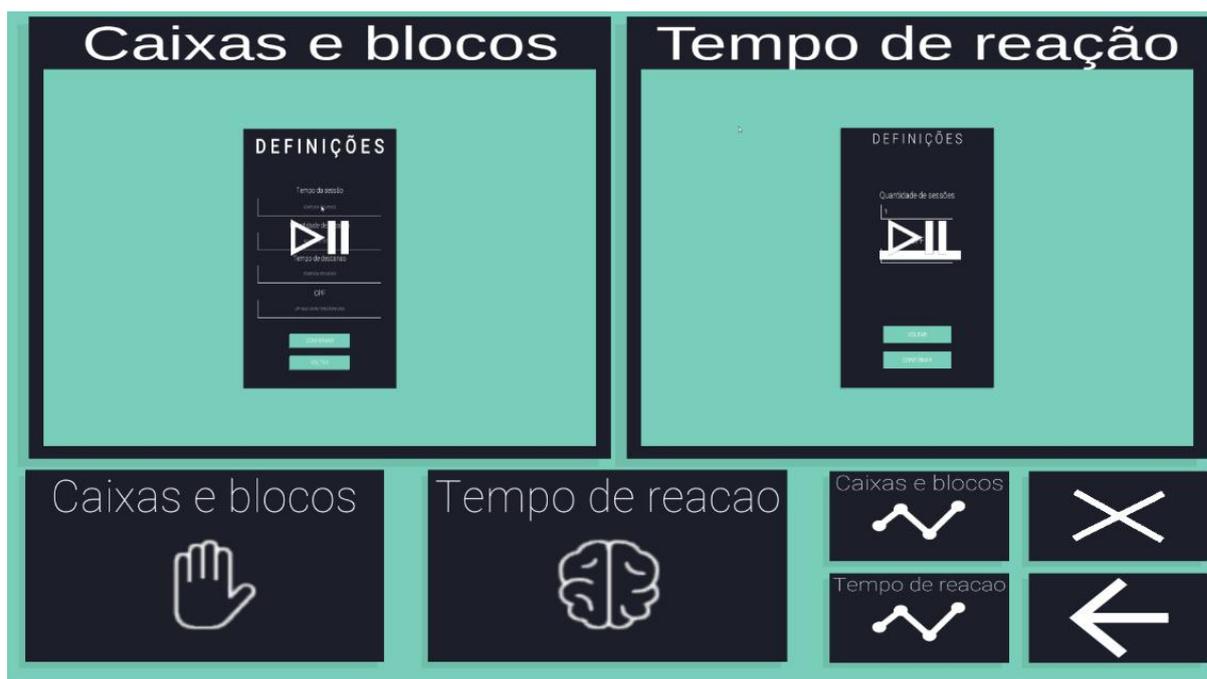


Figura 13 - Menu principal do paciente.

5.2.2.1.2 Configuração primeira narrativa

Uma vez selecionado a primeira narrativa, "Caixa e Blocos" torna-se necessária a configuração desta conforme recomendado pelo terapeuta. Na Figura 14 é possível observar 4 campos, os quais devem ser preenchidos.

O primeiro campo deve conter qual será o tempo em segundos de cada partida jogada na sessão, no campo "quantidade de sessões" deve-se inserir a quantidade de sessões que a partida conterà, o campo "tempo de descanso" deve receber quanto tempo de descanso em segundos o paciente receberá a cada sessão concluída, e por último no campo "CPF" é necessário informar o Cadastro de

Pessoas Físicas (CPF) do paciente pois este será usado para armazenar a pontuação dele.

O botão “confirmar” irá enviar todas as informações e iniciará um contador de 5 segundos, o qual o usuário deve posicionar ambas as mãos sobre o sensor para que este possa identificar tanto a direita como a esquerda, ao finalizar o tempo o paciente deve manter apenas a mão afetada sobre o sensor.

O botão “voltar” irá enviar o usuário para o menu principal novamente.

Por exemplo, uma partida com tempo de 30 segundos por sessão, contendo 3 sessões e um tempo de descanso de 10 segundos, será realizada em 3 etapas, sendo cada uma delas de 30 segundos e no final dos 30 segundos o paciente recebe 10 segundos de descanso, ao finalizar sua pontuação será armazenada conforme o CPF informado. A Figura 14 ilustra esta descrição.



A imagem mostra uma interface de usuário com o título "DEFINIÇÕES" em uma caixa escura centralizada sobre um fundo verde claro. O formulário contém os seguintes elementos:

- Tempo da sessão: [_____] (Tempo em segundos)
- Quantidade de sessões: [_____] (Número de sessões)
- Tempo de descanso: [_____] (Tempo em segundos)
- CPF: [_____] (CPF sem caracteres especiais)
- Botões: CONFIRMAR e VOLTAR

Figura 14 - Configurações da primeira narrativa “Caixa e Blocos”.

5.2.2.1.3 Execução da primeira narrativa

Durante o jogo, blocos com cores aleatórias entre vermelho, amarelo, azul e verde irão aparecendo sob a mão virtual do usuário. Estes blocos devem ser colocados dentro de sua respectiva caixa respeitando as cores. Para segurar o bloco o paciente deve movimentar sua mão virtual até o bloco, realizar o movimento de

fechar a mão, pegar o bloco e levar este até sua caixa fazendo uso da mão real e do sensor *Leap Motion*. Cada bloco colocado de forma correta irá somar um ponto, mostrado no canto inferior direito, ao finalizar o tempo, mostrado no canto inferior esquerdo será mostrada uma mensagem de descanso em tela. Caso um dos blocos seja movido a um local onde o usuário não consiga alcançar, basta apertar a tecla espaço e este será recolocado em sua posição inicial. A Figura 15 demonstra a execução da partida.

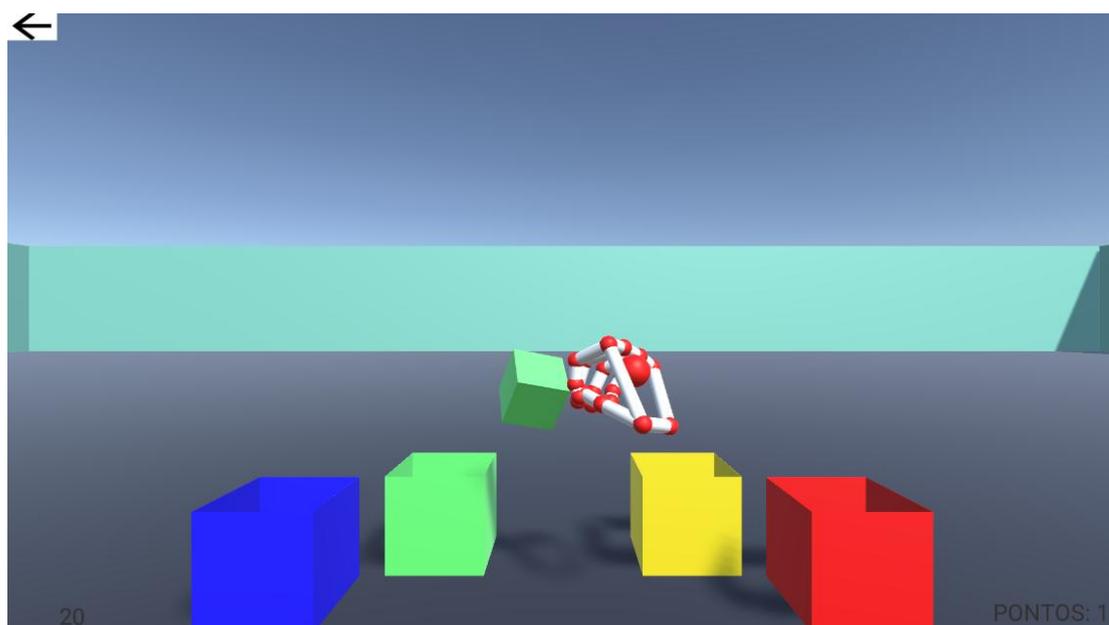


Figura 15 - Jogando a primeira narrativa “Caixa e Blocos”.

5.2.2.1.4 Descanso primeira narrativa

Enquanto a mensagem de descanso estiver em tela o jogador terá as mãos virtuais desativadas, até que o tempo mostrado no canto inferior seja igual ao tempo de descanso atribuído na tela de configurações. Uma vez que a mensagem desapareça, uma segunda sessão iniciará com o tempo de sessão configurado, isso será repetido até que a quantidade de sessões seja satisfeita. Ao concluir a partida, será mostrado o menu de *Game Over* junto com o gráfico formado das medias de cada partida. A Figura 16 demonstra a situação descrita.

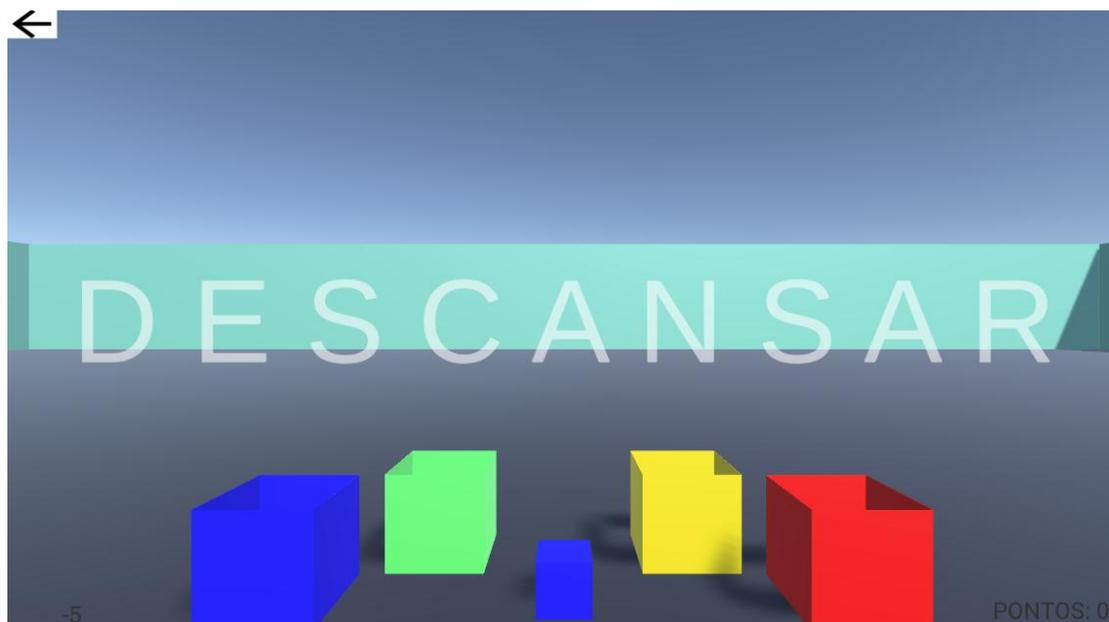


Figura 16 - Mensagem de descanso do jogo "Caixa e Blocos".

5.2.2.1.5 Menu Game Over primeira narrativa

No menu de *game over* é possível repetir a atividade realizando *click* no botão repetir, na parte superior esquerda, logo abaixo do botão repetir, encontra-se o botão para voltar ao menu principal. No centro, pode-se visualizar o gráfico de linhas em forma de histórico da média das sessões realizadas anteriormente. A Figura 17 representa a situação descrita.

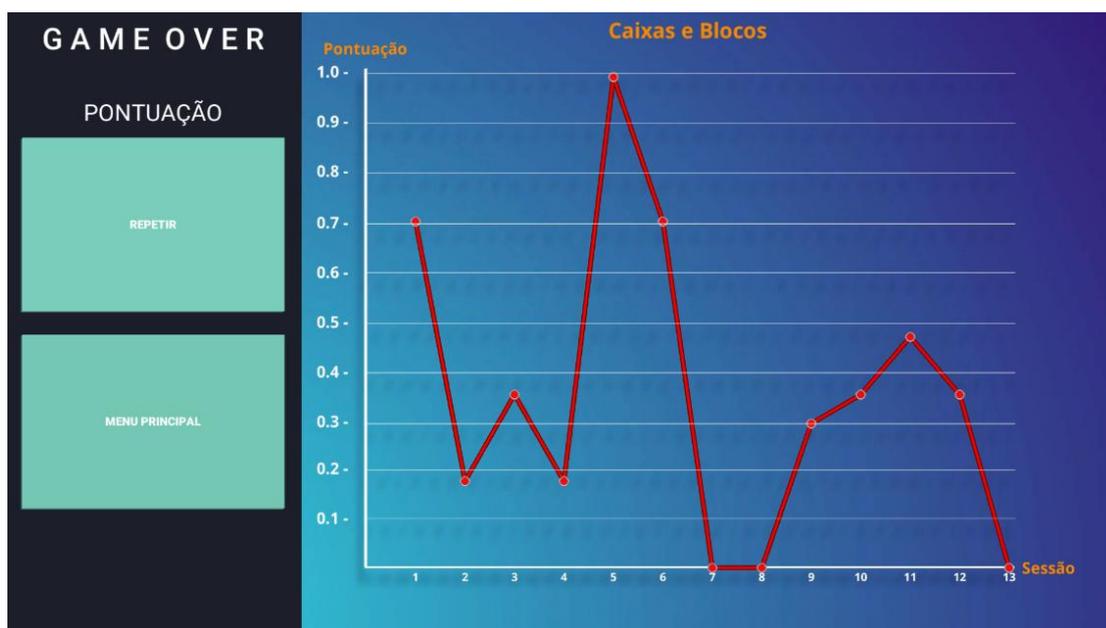


Figura 17 - Menu de Game Over da primeira narrativa.

5.2.2.2 Segunda narrativa

Novamente no menu principal, ilustrado na Figura 13, é possível selecionar a outra narrativa intitulada como "Tempo de Reação". A Figura 18 apresenta as configurações da narrativa.

5.2.2.2.1 Configuração segunda narrativa

Na tela de configuração encontra-se dois campos que devem ser preenchidos, estes são, quantidade de sessões e o CPF do paciente. Nesta narrativa, o usuário deve completar 5 partidas para que uma sessão seja contada, e a pontuação é realizada a partir da média do tempo das 5 partidas, e finalmente é realizada a média de todas as sessões.

Por exemplo, uma partida configurada com 3 sessões, contará com um total de 15 rodadas.

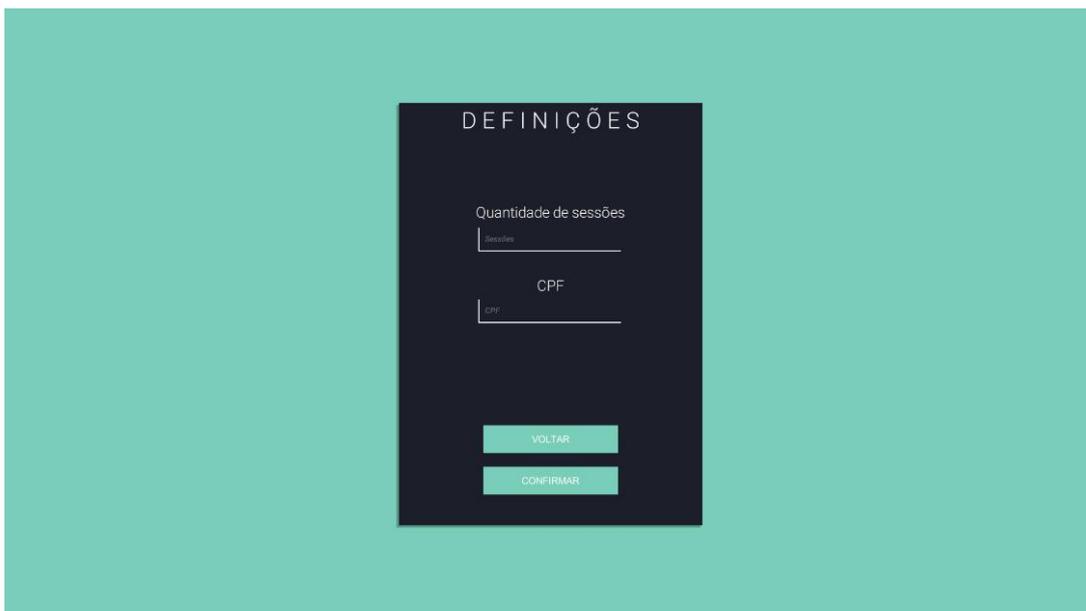


Figura 18 - Tela de definições da segunda narrativa "Tempo de Reação".

5.2.2.2.2 Execução segunda narrativa

Assim que as configurações forem confirmadas, o paciente irá para a próxima tela, conforme Figura 19, onde será necessário que este posicione a mão afetada com a palma para cima para que o jogo possa iniciar.

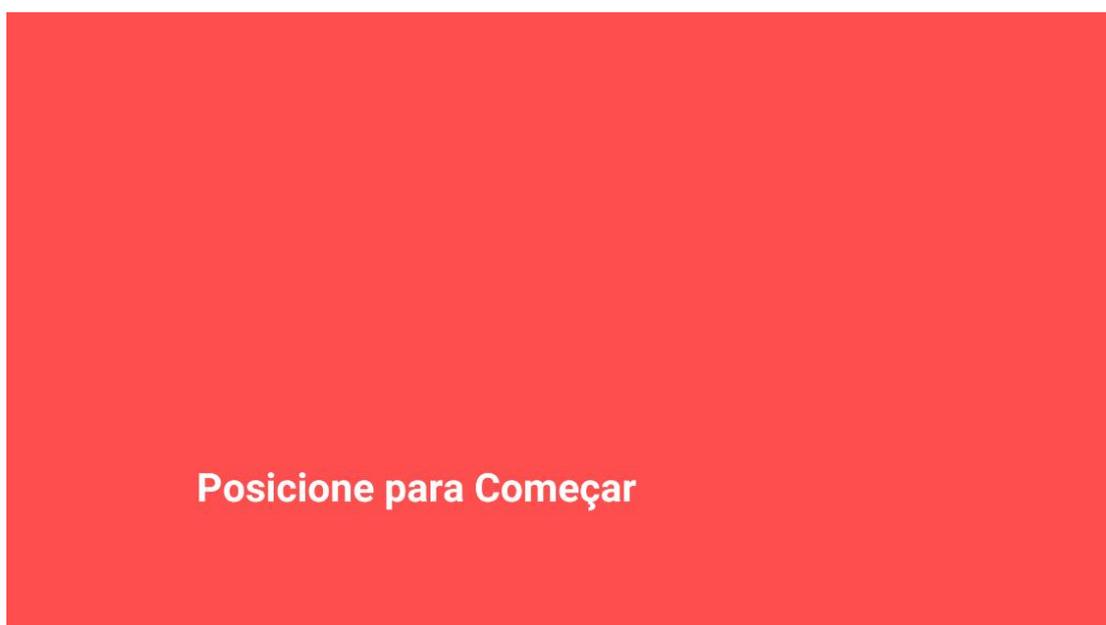


Figura 19 - Posicionar a mão para começar o jogo.

Quando a mão estiver posicionada de forma correta, o paciente receberá um estímulo visual de cor azul indicando que está pronto para começar, neste momento o paciente deve esperar o estímulo de cor verde para ativar gatilho de posicionamento da mão para que o "Tempo de Reação" e movimentação seja salvo. A Figura 20 representa este contexto.



Figura 20 - Esperando sinal verde.

Se houver um movimento para uma posição diferente da posição de espera, palma para cima, antes da confirmação de movimento, cor verde, o usuário irá receber um estímulo vermelho e uma mensagem indicando que este realizou o movimento antes do determinado. Figura 21 demonstra esta condição.



Figura 21 - Posicionamento antes da hora correta.

Se o paciente realizar o movimento de rotação da palma para que esta esteja posicionada para baixo junto com o movimento de fechamento do punho quando este receber o estímulo de cor verde, o paciente irá receber a pontuação referente ao acerto e será armazenando o tempo que gastou em realizar o movimento em conjunto com o "Tempo de Reação" ao estímulo visual. Portanto este deve tentar realizar o movimento o mais rápido possível, porém tentando manter a precisão do movimento.

Para iniciar a próxima rodada, o paciente simplesmente deve reposicionar a mão com a palma para cima novamente. A Figura 22 apresenta este cenário.

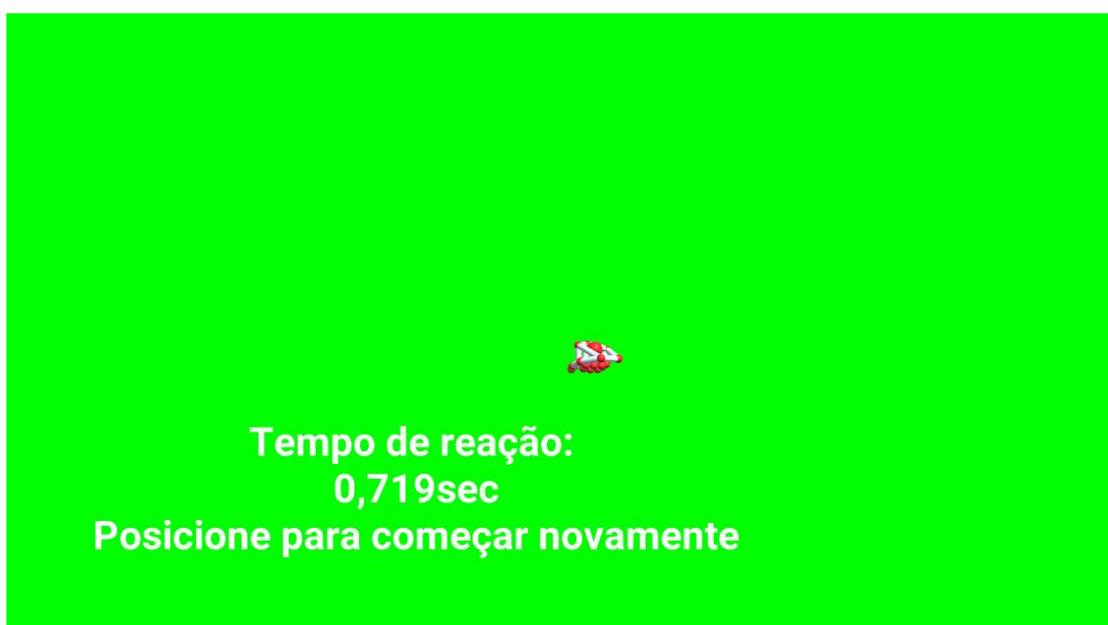


Figura 22 - Movimento aceito.

5.2.2.2.3 Menu Game Over segunda narrativa

Ao completar todas as rodadas configuradas, a pontuação será enviada conforme CPF informado e mostrada em um gráfico de linhas em forma de histórico mostrando o desempenho. Neste menu, pode-se repetir a atividade realizando *click* no botão “repetir”, ou retornar ao menu principal utilizando o botão “menu principal”. A Figura 23 mostra a situação descrita.

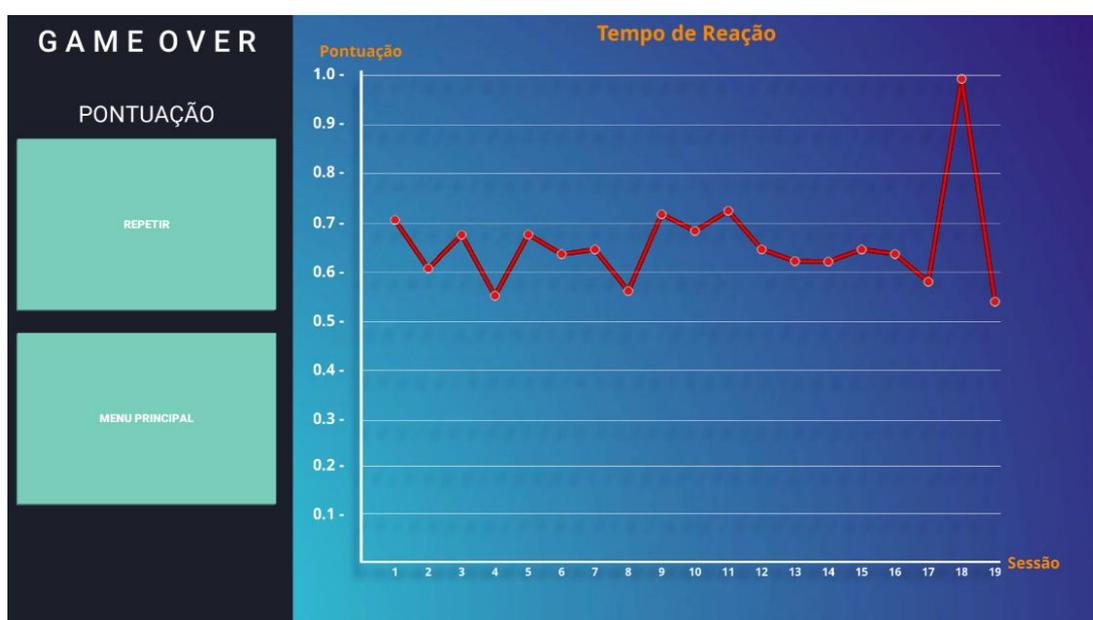


Figura 23 - Menu Game Over da segunda narrativa.

5.2.2.3 Visualizar gráfico

Outra vez no menu principal do paciente, conforme Figura 13, este pode visualizar o gráfico de ambas as atividades sem necessidade de iniciar uma atividade, o usuário deve realizar *click* no botão com um símbolo de gráfico com o nome da atividade que deseja visualizar, seja está "Caixa e Blocos" ou o "Tempo de Reação", ambos posicionados na parte inferior direita da tela. Na tela do gráfico, o paciente pode optar por visualizar o gráfico de outra atividade realizando *click* no botão localizado acima do botão menu. Conforme apresentado na Figura 24.

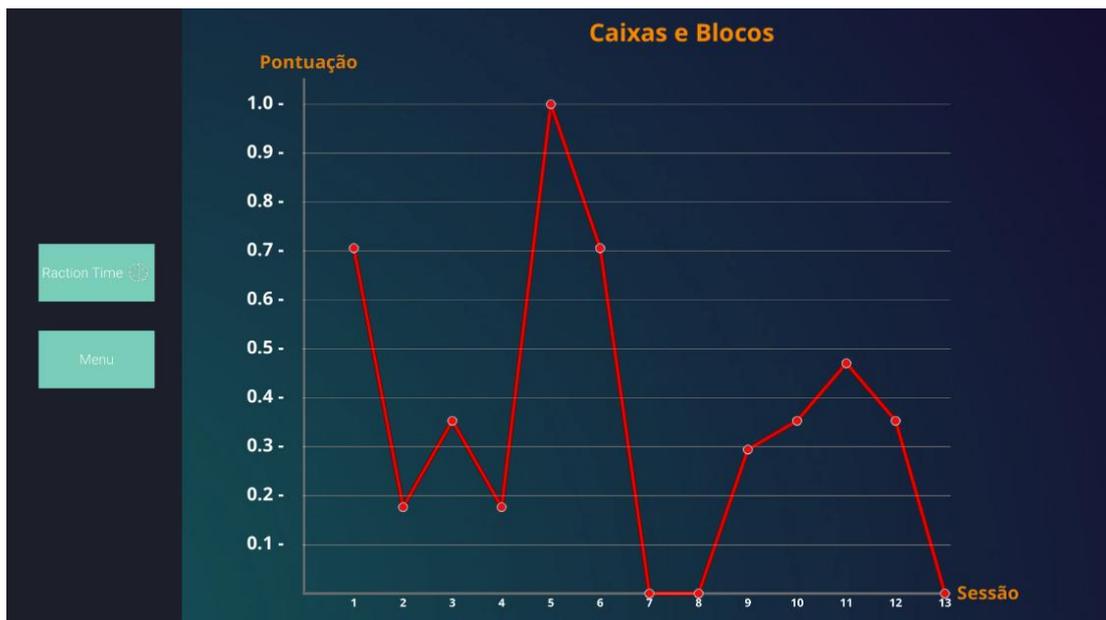


Figura 24 - Gráfico primeira narrativa.

5.2.3 Uso do protótipo para o terapeuta

Este ponto guiará o terapeuta através das funcionalidades disponíveis para visualização dos dados de cada paciente que realizar as atividades.

5.2.3.1 Tela de login

Quando iniciado o jogo, se o usuário escolher a opção de terapeuta na tela inicial, este irá encontrar uma tela de *login*, a qual irá pedir um usuário e senha, estas são um usuário e senha padrão, conforme Figura 25.

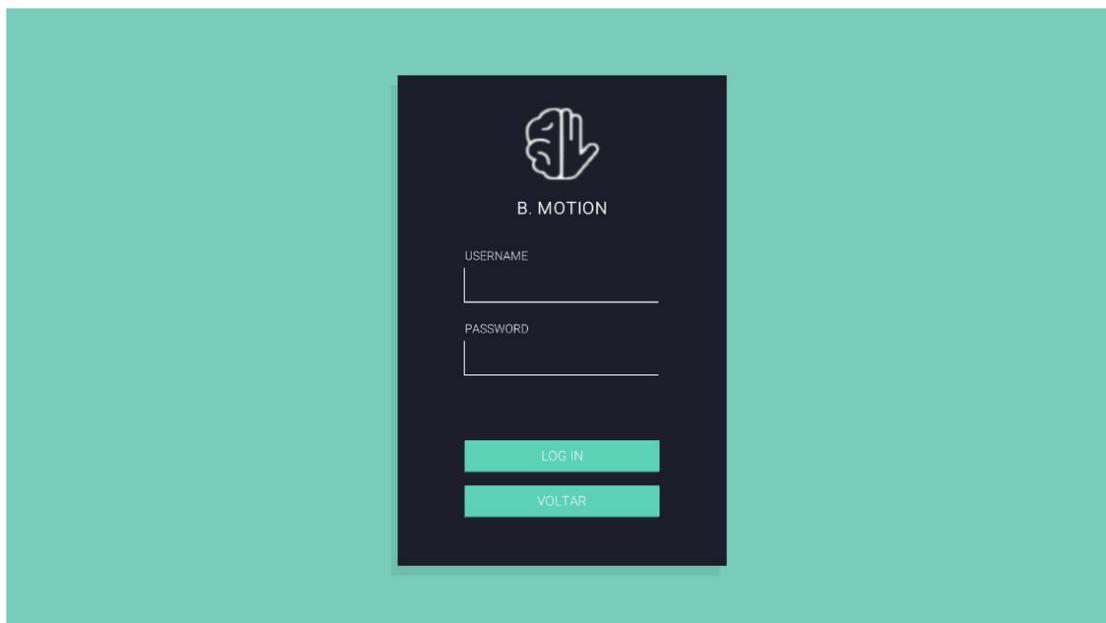


Figura 25 - Tela de login do terapeuta.

5.2.3.2 Seleção de informação

Uma vez conectado, o terapeuta pode escolher qual dado deseja visualizar, este pode escolher entre os dados do "Tempo de Reação" ou "Dados Caixa e Blocos", ao selecionar, o terapeuta será enviado para o *Google Sheets* onde encontrará armazenado todos os dados dos pacientes. A Figura 26 apresenta a ação descrita.

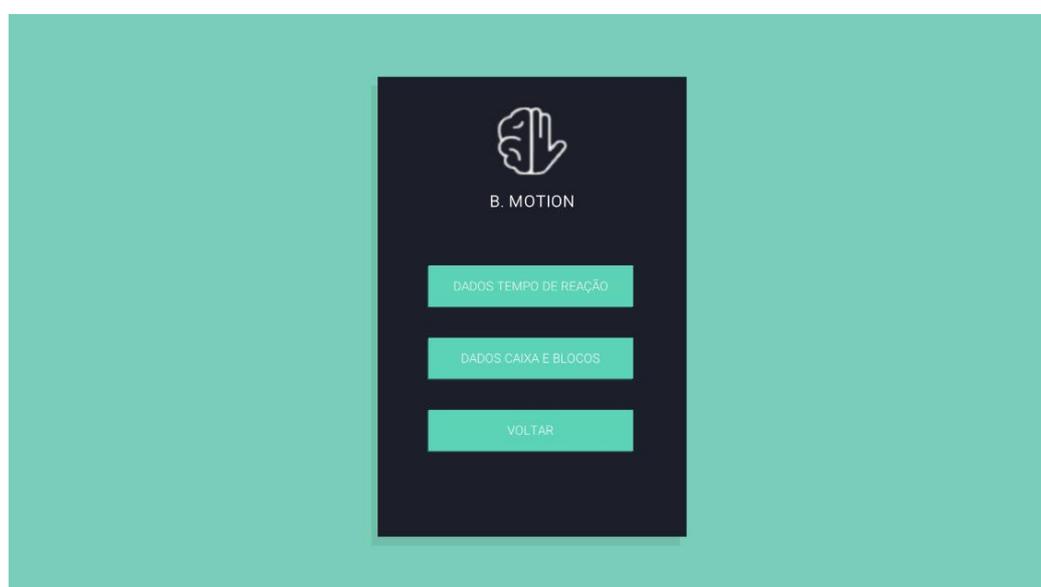


Figura 26 - Tela de seleção de dados.

5.3 REQUISITOS DE HARDWARE

Os requisitos de *hardware* descrevem as configurações mínimas e ideais para que o sistema possa funcionar de forma fluida sem causar transtornos e sem afetar a experiência do usuário.

Para este protótipo é necessário o uso de um computador minimamente equipado com um processador Intel I3 de quarta geração ou equivalente, com uma placa gráfica equivalente a uma Nvidia GT 1030 de 2GB, 8GB de memória RAM, 2GB de armazenamento interno, conexão a Internet e o LMC para o rastreamento e captura dos movimentos. Em uma máquina com estas configurações, o protótipo teve um desempenho médio de 45 quadros por segundo com taxa mínima de 20 quadros.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como os trabalhos usados como base para a produção deste, utilizou-se um dispositivo de captura. Assim como o trabalho de Soares, este também usa LMC para captura, porém se aplica apenas para o membro superior ao contrário do trabalho de Balista que também se aplica para o membro inferior. Conforme todos os outros trabalhos levantados, seu uso é em plataforma desktop.

Tabela 10 - Comparativa com os trabalhos correlatos.

Nome	Plataforma	Dispositivo de captura	Foco	Evolução do paciente	Aceitação do paciente
SOARES	<i>Desktop</i>	LMC	Membro Superior	Sim	Sim
CYRINO	<i>Desktop</i>	-Myo -Joystick -Plataforma de suporte assistido	Membro Superior	Sim	Sim
BALISTA	<i>Desktop</i>	Kinect	-Membro Superior -Membro Inferior	Não especificado	Sim
OLIVEIRA	<i>Desktop</i>	LMC	Membro superior	Testes não realizados	Testes não realizados

6 TESTES DO SISTEMA

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os testes do sistema serão realizados usando o método de teste de caixa preta o qual tem como foco apenas testes de funcionalidade, desconsiderando o código da aplicação. Este teste será aplicado aos UC003, UC004 e UC005, já que estes apresentam maior importância e um maior número de funcionalidades para o protótipo.

6.2 DEFINIÇÕES DO TESTE DE CAIXA PRETA

Neto (2007) descreve o teste de *software* como um processo de execução de um produto para definir se este alcançou as especificações para as quais foi projetado, Neto complementa que este tem como objetivo revelar falhas para que elas possam ser corrigidas.

O teste de caixa preta também pode ser conhecido por teste funcional, pois este se preocupa com a função que o programa desempenha, desconsiderando a maneira que foi implementado. O teste de caixa preta pode ser classificado como um teste dinâmico já que o *software* é executado enquanto testado e o analista não tem conhecimento da estrutura interna da implementação do produto testado. Isto torna o teste de caixa preta um teste baseado somente nos requisitos e especificações. Este teste direciona o testador a escolher subconjuntos de funcionalidades a serem testadas que, serão mais eficientes na descoberta de erros (VIDAL et al., 2011 apud COPELAND, 2004).

6.3 VALIDAÇÃO DAS CLASSES E CASOS DE TESTE

Para validação dos UC serão usados os casos UC003, UC004 e UC005 pois estes recebem maior quantidade de entradas e desenvolvem um papel importante dentro da aplicação.

6.3.1 Selecionar atividade

Neste teste é avaliado o UC003, que dá início ao teste de caixa preta validando o funcionamento do botão de seleção de atividade "Caixa e blocos". No teste realizou-se um *click* no botão para validar seu funcionamento, este retornou o estado correto iniciando a tela de configurações do exercício.

Tabela 11 - Teste UC003.

Caso de uso	Condição de entrada	Classes validas	Classes invalidas
UC003 - Selecionar atividade	<i>Click</i> no botão de seleção da atividade "Caixa e Blocos".	1. Iniciar a tela de configuração da atividade "Caixa e Blocos".	2. Não iniciar a tela de configurações.
			3. Iniciar a tela de configurações de outra atividade.
			4. Não executar nada.

Tabela 12 - Resultado do teste UC003

Condição de Entrada	Classe	Resposta
Inserir tempo de sessão.	1	Apresentou comportamento esperado.
	2	O sistema se dirigiu a tela de configurações.
	3	O sistema não iniciou outra atividade.

6.3.2 Configurar atividade

Para o teste do UC004, será necessário a validação das entradas que a tela de configurações irá receber. Ao inserir os dados nos campos referentes ao tempo, todos estes se comportaram de forma correta, aceitando apenas números inteiros com valores positivos, maiores que zero e menores que o limite do tipo inteiro. O campo CPF cumpriu com o esperado aceitando apenas CPFs válidos sem separações por pontos, traços ou espaços.

Ao finalizar as configurações e realizar o *click* no botão confirmar, este retornou o resultado esperado iniciando o contador de 5 segundos para posicionamento das mãos sobre o sensor.

Tabela 13 - Teste UC004.

Caso de uso	Condição de entrada	Classes validas	Classes Invalidas
UC004 - Configurar atividade	Inserir tempo de sessão	1. Número inteiro entre 1 e 2147483647.	2. Número negativo
			3. Letra
			4. Símbolos
			5. Número maior que 2147483647.
			6. Zero
			7. Zero
	Quantidade de sessões	7. Número inteiro entre 1 e 2147483647.	8. Número negativo
			9. Letra
			10. Símbolos
			11. Número maior que 2147483647.
			12. Zero
			12. Zero
Tempo de descanso	13. Número inteiro entre 1 e 2147483647.	14. Número negativo	
		15. Letra	
		16. Símbolos	
		17. Número maior que 2147483647.	
		18. Zero	
		18. Zero	
<i>Click</i> no botão confirmar	19. Iniciar contador para o pré posicionamento das mãos.	20. Não iniciar o contador.	
		21. Iniciar a atividade diretamente.	
		22. Executar outra atividade.	
CPF		23. Número inteiro	24. Símbolos

		sem símbolos ou espaços com 11 dígitos.	25. Número com menos de 11 dígitos.
			26. Letras
			27. Espaços
			28. CPF invadidos

Tabela 14 - Resultado do teste UC004.

Condição de Entrada	Classe	Resposta
Inserir tempo de sessão.	1	O sistema aceitou números inteiros entre 1 e 99999.
	2	O sistema rejeitou números negativos pois não permite a entrada de símbolos.
	3	O sistema rejeitou qualquer letra.
	4	O sistema rejeitou qualquer símbolo.
	5	O sistema rejeitou números com mais de 5 dígitos.
	6	O sistema rejeitou o número zero.
Quantidade de sessões	7	O sistema aceitou números inteiros entre 1 e 99999.
	8	O sistema rejeitou números negativos pois não permite a entrada de símbolos.
	9	O sistema rejeitou qualquer letra.
	10	O sistema rejeitou qualquer símbolo.
	11	O sistema rejeitou números com mais de 5 dígitos.
	12	O sistema rejeitou o número zero.
Tempo de descanso	13	O sistema aceitou números inteiros entre 1 e 99999.
	14	O sistema rejeitou números negativos pois não permite a entrada de símbolos.
	15	O sistema rejeitou qualquer letra.
	16	O sistema rejeitou qualquer símbolo.
	17	O sistema rejeitou números com mais de 5 dígitos.
	18	O sistema rejeitou o número zero.
Click no botão confirmar	19	O sistema se comportou como esperado.
	20	O sistema iniciou o contador.
	21	O sistema realizou a contagem para posicionamento das mãos.
	22	O sistema iniciou a atividade "Caixa e Blocos".

CPF	23	O sistema se comportou como esperado.
	24	O sistema não aceitou símbolos.
	25	O sistema rejeitou números com menos de 11 dígitos.
	26	O sistema rejeitou letras.
	27	O sistema rejeitou espaços.
	28	O sistema rejeitou CPF inválido.

6.3.3 Realizar exercício

Por último, utilizou-se o UC005 para avaliar a viabilidade do exercício a partir do teste de caixa preta. Neste verificou-se o funcionamento dos movimentos das mãos necessários para executar a atividade, ao realizar os movimentos de abrir e fechar a mão estes responderam de forma correta pegando o objeto e soltando este quando requisitado. A função de somar pontos assim como os pontos avaliados anteriormente, também se comportou corretamente somando pontos apenas quando um bloco fosse solto dentro de uma caixa de cor correta.

Tabela 15 - Teste UC005

Caso de uso	Condição de entrada	Classes validas	Classes invalidas
UC005 - Realizar exercício	Fechar a mão.	1. Pegar blocos.	2. Não pegar bloco.
			3. Somar pontos.
			4. Terminar sessão.
			5. Iniciar descanso.
			6. Soltar bloco
	Abrir a mão.	6. Soltar bloco	7. Pegar bloco.
			8. Somar pontos.
			9. Terminar sessão.
			10. Iniciar descanso.
Colocar bloco na caixa.	11. Somar pontos.	12. Não somar pontos.	
		13. Terminar sessão.	
		14. Iniciar descaso.	
Apertar tecla espaço.	15. Reiniciar posição do bloco.	16. Não reiniciar a posição do bloco.	
		17. Somar pontos.	
		18. Destruir o bloco.	

Tabela 16 - Resultado teste UC005

Condição de Entrada	Classe	Resposta
Fechar a mão.	1	Apresentou comportamento esperado.

	2	Não apresentou comportamento invalido.
	3	Não realizou a soma de pontos.
	4	Não terminou a sessão.
	5	Não iniciou o descanso.
Abrir a mão.	6	Apresentou comportamento esperado.
	7	Não apresentou comportamento invalido.
	8	Não realizou a soma de pontos.
	9	Não terminou a sessão.
	10	Não iniciou descanso.
Colocar bloco na caixa.	11	Apresentou comportamento esperado.
	12	Não apresentou comportamento invalido.
	13	Não terminou sessão.
	14	Não iniciou descanso.
Apertar tecla espaço.	15	Apresentou comportamento esperado.
	16	Não apresentou comportamento invalido.
	17	Não realizou a soma dos pontos.
	18	Não destruiu o bloco.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes de caixa preta aos UC cujas funcionalidades correspondem a primeira narrativa, "Caixa e Blocos", se comportaram de forma correta e em todos os testes estes retornaram o resultado esperado. Estes UC foram escolhidos pois apresentam maior funcionalidades para o sistema.

Usou-se o UC003 por ser a ação que dá início a atividade, nesta, foi avaliado o funcionamento e execução da ação após receber o comando de entrada, o *click*.

No UC004 avaliou-se os dados de entrada que este recebe para realizar as configurações de tempo da atividade, portanto este não deveria receber números negativos, igual a 0 e não receber números maiores ao limite do tipo "int" da linguagem C#.

Já no UC005 foram avaliados os movimentos de entrada que o paciente pode executar para realizar a tarefa, como fechar a mão para agarrar um objeto, abrir a mão para soltar um objeto e a ação de colocar o bloco na caixa.

Em todas essas análises as ações retornaram os resultados corretos, exceto aqueles casos que testavam o limite do tipo “*int*” os quais aceitaram apenas números com um máximo de cinco dígitos. No geral o sistema se comportou de forma correta e não gerou erros que impossibilitem o uso do mesmo, passando assim de forma eficaz pelo teste de caixa preta.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo geral o desenvolvimento de um protótipo para auxílio da reabilitação da paralisia do membro superior causado pelo AVC, com intuito de promover uma possível ferramenta complementar no tratamento gerando autonomia para o paciente a partir do momento em que o terapeuta permita o uso do protótipo, além da redução de custos no tratamento a partir do uso de um sensor de baixo custo, sendo este o LMC.

Durante a criação e testes do protótipo, o sensor se comportou bem durante a maior parte do tempo, rastreando cada movimento das mãos. Este teve dificuldades em rastrear nos primeiros momentos em que as mãos eram inseridas no campo de visão do sensor. O LMC neste momento não conseguia identificar qual das mãos estava sendo rastreada, ocasionando a troca de mãos virtuais em tela. Para solucionar o problema, foi colocado um contador de 5 segundos após a configuração da atividade "Caixa e Blocos".

A *engine* funcionou de forma correta em todo momento, não houve problemas ou contratempos usando a *Unity*. Na versão 2019.4.8f1, trouxe todas as funcionalidades necessárias para desenvolver o protótipo e uso da SDK do sensor.

Para a modelagem, foi usado o ambiente de modelagem gráfica *Blender*, este não teve um uso muito aprofundado já que nele só foram criadas formas básicas, cubos. As únicas modificações usadas foram o *extrude*, para criar uma abertura em um cubo para que este se tornasse uma caixa, e posteriormente a ferramenta de modificação *solidify*, para que o objeto fosse sólido e que pudesse ser palpável pelas mãos virtuais.

Devido ao *software* ser dirigido a pessoas que já sofrem com a paralisia causada pelo AVC este deve funcionar de forma precisa e correta, para evitar mais transtornos aos pacientes, e que a experiência de uso seja fluida e confortável podendo trazer assim melhores resultados e maior motivação na hora de usar a ferramenta. Por esse motivo foram realizados teste de caixa preta com o protótipo

com o objetivo de verificar aspectos funcionais do sistema, e encontrar erros relacionados ao uso.

Após os testes da aplicação, foi possível verificar que o protótipo se comportou de forma correta e prevista. A aplicação conseguiu rastrear as mãos com alta precisão na maior parte do tempo, além de disponibilizar de forma quantitativa o desempenho atingindo mostrando para o usuário um histórico em forma de gráfico para um acompanhamento visual de seu desempenho. A aplicação também conseguiu armazenar os dados necessários de forma correta no *Google Sheets*, proporcionando ao terapeuta uma forma de acompanhamento do desempenho do paciente.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Como explicado, o LMC teve dificuldade em rastrear as mãos em alguns momentos, para testar uma proposta diferente e que possa trazer benefícios, propõe-se a adaptação do protótipo para que este possa ser usado em conjunto com sensores convencionais, como celulares ou *Kinect* do *Xbox*.

Em função da necessidade do uso de um novo sensor, torna-se necessário à validação por comparativa dos sensores. Deseja-se comparar a precisão dos sensores e verificar qual destes teria melhor desempenho em conjunto com o sistema desenvolvido.

Devido ao estado atual da pandemia do COVID-19, foi descartado a possibilidade de realizar teste com usuários, por este motivo propõe-se como trabalho futuro os testes com usuários afetados por algum tipo de paralisia causada por AVC, seguindo as normas de saúde e após protocolar e receber anuência do comitê de ética. Estes testes visam verificar se o paciente irá obter algum tipo de evolução dos movimentos usando o protótipo desenvolvido nesta pesquisa.

Outro trabalho futuro bastante relevante diz respeito a procurar novas soluções que possam ser implementadas na ferramenta desde o ponto de vista do paciente, assim como também do ponto de vista do terapeuta podendo assim sempre atualizar a ferramenta com nova funcionalidades que possam ajudar ambos ou inclusive com novas narrativas.

Além da implementação citada anteriormente, torna-se importante aplicar a utilização de um sensor estereoscópico de alta imersão, óculos de RV, para realizar estudos em como a imersão maximizada do paciente pode afetar nos resultados dos treinamentos realizados na aplicação.

A implementação de um banco de dados para maior aproveitamento e análises dos dados gerados por pacientes, assim como uma API para divulgação colaborativa de novos usuários e terapeutas. Por fim, criar um sistema de cadastro e *login* tanto para terapeutas como para pacientes.

REFERÊNCIAS

ABRAMCZUK, Beatriz; VILLELA, Edlaine. A luta contra o AVC no Brasil. *ComCiência*, n. 109, p. 0-0, 2009.

ALVES FILHO, EMILIO MALTEZ; MARTINEZ, Antonio Lopo. Requisitos funcionais de um sistema de informações para gestão de custos no setor público. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2006.

ALVES, Thamyres Pereira et al. Prática Mental, Terapia Ocupacional e Reabilitação no Acidente Vascular Cerebral. **Revista Neurociências**, v. 28, p. 1-25, 2020.

ELOR, Aviv; TEODORESCU, Mircea; KURNIAWAN, Sri. Project star catcher: A novel immersive virtual reality experience for upper limb rehabilitation. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**, v. 11, n. 4, p. 1-25, 2018.

BALISTA, Vania Gabriella. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. **Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital**, p. 16-18, 2013.

BARROS, Saulo Lordão Andrade; PASSOS, Néelson Rangel Santos; NUNES, M. A. S. N. Estudo inicial sobre acidente vascular cerebral e serious games para aplicação no projeto “avc” do núcleo de tecnologia assistiva da UFS. **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 1, p. 129-143, 2012.

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE. Linha de cuidados em acidente vascular cerebral (AVC) na rede de atenção às urgências e emergências. 2012.

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE. Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral: Ministério da Saúde, 2013.

BYRNE, Christine M. **Water on tap: The use of virtual reality as an educational tool**. 1996. Tese de Doutorado. University of Washington.

BRESSAN, Paulo Alexandre et al. **Visualização de Alto Desempenho: Utilizando componentes convencionais**. Porto Alegre: Editora SBC, 2003.

CANCELA, Diana Manuela Gomes. O acidente vascular cerebral—classificação, principais consequências e reabilitação. O portal do Psicólogo, Portugal, p. 2-18, 2008.

CARDEAL, Liliane et al. Jogos virtuais como recurso terapêutico no estímulo de funções manuais. **Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento**, v. 16, n. 2, p. 68-76, 2016.

CARDOSO, Alexandre; KIRNER, Cláudio; LAMOUNIER, Edgard; KELNER, Judith. **Tecnologias para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007.

CRAIGHEAD, Jeff; BURKE, Jennifer; MURPHY, Robin. Using the unity game engine to develop sarge: a case study. In: **Proceedings of the 2008 Simulation Workshop at the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2008)**. 2008.

COCKBURN, Alistair. **Escrevendo Casos de Usos Eficazes: Um guia prático para desenvolvedores de software**. Bookman Editora, 2005.

CYRINO, Gabriel Fernandes et al. HarpyGame: um jogo sério customizável com interface multimodal para reabilitação de indivíduos pós-AVE. 2019.

CYSNEIROS, Luiz Marcio; DO PRADO LEITE, Julio Cesar Sampaio. Utilizando Requisitos Não Funcionais para Análise de Modelos Orientados a Dados. In: **WER**. 1998. p. 149-158.

CYSNEIROS, Luiz Marcio; LEITE, J. C. S. P. Requisitos não funcionais: da elicitação ao modelo conceitual. **PhDTese, PUC-RJ**, 2001.

DA ROCHA, Rafaela Vilela; BITTENCOURT, Ig Ibert; ISOTANI, Seiji. Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2015. p. 692.

ESPINOSA TELLES, Yoandris; SIMÃO CAHEBO, André Nelson; PRADO SOSA, Osmary. Reabilitação física dos pacientes com acidente vascular cerebral diagnosticados com hemiparesia. **Revista Cubana de Medicina Militar**, v. 49, n. 1, 2020.

FRANCHI, Emanuele Farenzena et al. Prevalência de pessoas com deficiência física e acesso ao serviço de reabilitação no Brasil. **Cinergis**, v. 18, n. 3, p. 169-173, 2017.

GUIMARÃES, Renata; BLASCOVI-ASSIS, Silvana Maria. Uso do teste caixa e blocos na avaliação de destreza manual em crianças e jovens com síndrome de Down. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 98-106, 2012.

HAAS, John. A history of the unity game engine. **Diss. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE**, 2014.

KENT, Brian R. Visualizing astronomical data with Blender. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 125, n. 928, p. 731, 2013.

MENDES, Maria Fernanda et al. Teste de destreza manual da caixa e blocos em indivíduos normais e em pacientes com esclerose múltipla. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 59, p. 889-894, 2001.

NETO, Arilo; DIAS, C. Introdução a teste de software. **Engenharia de Software Magazine**, v. 1, p. 22, 2007.

NETTO, Antônio Valério; MACHADO, Liliane dos Santos; OLIVEIRA, Maria Cristina F. **Realidade Virtual – Fundamentos e Aplicações**. Florianópolis-SC: Visual Books, 2002.

NEVES, Afonso Carlos et al. Custos do paciente com acidente vascular cerebral no setor de emergência do Hospital São Paulo. **Revista Neurociências**, v. 10, n. 3, p. 137-140, 2002.

PEREIRA, Amanda F. et al. Terapia Espelho na Reabilitação do Membro Superior Parético. **Revista Neurociências**, v. 21, n. 4, p. 587-592, 2013.

ROSA, Camila Azevedo; ROSA, Carolina Azevedo; CAMPOS, Denise. Técnicas para reabilitação neurológica de hemiparéticos. 2013.

SCHROEDER, RAFAELA BOSSE. **Wobu-Bubble-Jogo Sério para o Equilíbrio Dinâmico de Pacientes com Hemiparesia**. 2017. Tese de Doutorado. Master's thesis, Universidade do Estado de Santa Catarina.

SIEGLE, Del. Technology: Moving beyond a Google Search: Google Earth, SketchUp, Spreadsheet, and More. **Gifted Child Today**, v. 30, n. 1, p. 24-28, 2007.

SOARES, Nayron Medeiros et al. Terapia baseada em realidade virtual usando o Leap Motion Controller para reabilitação do membro superior após acidente vascular cerebral. **Scientia Medica**, v. 27, n. 2, p. ID25935-ID25935, 2017.

TORI, Romero; KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: VIII Symposiun on Virtual Reality, 2006.

ULTRALEAP; Leap Motion Controller Datasheet. 2019; Disponível em: <https://www.ultraleap.com/datasheets/Leap_Motion_Controller_Datasheet.pdf> Acesso em: 30/01/2021

VAZ, Daniela Virgínia et al. Terapia de movimento induzido pela restrição na hemiplegia: um estudo de caso único. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 15, n. 3, p. 298-303, 2008.

VIDAL, Adriana Rocha et al. Teste funcional sistemático estendido: uma contribuição na aplicação de critérios de teste caixa-preta. 2011.

XAVIER-ROCHA, Tulio Brandao et al. The Xbox/Kinect use in poststroke rehabilitation settings: a systematic review. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 78, n. 6, p. 361-369, 2020.