



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

LEILIANE PATRÍCIA GOMES DE MACÊDO

**USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR
EM PACIENTES PÓS-AVC**

Recife
2022

LEILIANE PATRÍCIA GOMES DE MACÊDO

**USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR
EM PACIENTES PÓS-AVC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Área de concentração: Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

M141u Macêdo, Leiliane Patrícia Gomes de.
 Uso da realidade virtual na reabilitação de membro superior em
 pacientes pós-AVC / Leiliane Patrícia Gomes de Macêdo. 2022.
 88 f: il.

 Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Recife, 2022.
 Inclui referências, apêndices e anexos.

 1. Engenharia biomédica. 2. Acidente vascular cerebral. 3.
 Reabilitação. 4. Realidade virtual. 5. Sistemas virtuais. 6. Eletromiografia.
 7. Extremidade superior. I. Rodrigues, Marco Aurélio Benedetti
 (Orientador). II. Título.

UFPE

610.26 CDD (22. ed.)

BCTG / 2023 - 60

LEILIANE PATRÍCIA GOMES DE MACÊDO

**USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR
EM PACIENTES PÓS AVC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovada em: 29 / 07 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Cristiana Maria Macedo de Brito
Universidade Católica de Pernambuco

Profa. Dra. Patricia Silva Lessa
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho ao meu Deus, Ele é a razão de tudo na minha vida, sem Ele nada teria sentido e a minha família por sempre acreditar no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus que é a base de tudo na minha vida, que sempre me amparou nos momentos mais difíceis e me deu forças para continuar.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti pela orientação e apoio durante todo esse período, sendo fundamental para que eu chegasse até aqui, que mesmo no período da pandemia sempre me deu suporte e incentivo para que esta etapa fosse finalizada na minha vida.

Aos colegas do GPEB, por toda ajuda que recebi na área de engenharia, na construção do equipamento que contou com a colaboração de vários integrantes do grupo. Sou grata por toda dedicação e paciência dedicadas a mim durante todo o processo. A disponibilidade de cada um que contribuiu, direta ou indiretamente, foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

À participação de Gustavo na construção dessa pesquisa, pelas idas ao laboratório e coletas para me ajudar, com a montagem do equipamento, com os testes, sem contar na ajuda com os cálculos dos resultados. Sua contribuição foi de grande importância para a finalização desta pesquisa. Muito obrigada de verdade!

As minhas amigas da vida, Maria Clara Souza e Amanda Perez por todo apoio, ajuda e incentivo, por sempre estar ao meu lado em quaisquer circunstâncias. Vocês são muito importantes para mim, sem vocês eu não teria conseguido.

A minha família por ser minha base, e pelos valores ensinados e pelo incentivo de sempre nos meus estudos, obrigada por toda torcida de sempre. Ao meu namorado Roberto por toda paciência e apoio, obrigada pela parceria de sempre.

RESUMO

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma patologia que compromete o sistema nervoso central (SNC) levando a limitações funcionais. Sendo classificado como AVC isquêmico quando decorrente da obstrução de um vaso sanguíneo por um trombo ou um êmbolo ou hemorrágico quando ocorre o extravasamento de sangue nas estruturas encefálicas. A Realidade Virtual (RV) tem se tornado uma proposta tecnológica que contribui tanto no tratamento, quanto na motivação dos pacientes durante o processo de reabilitação. Os sinais biomédicos tornam possível a obtenção de dados importantes para avaliação, acompanhamento e reabilitação do paciente em tempo real, sendo ferramentas de grande importância no processo de reabilitação de indivíduos pós-AVC. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de realidade virtual imersiva (RVI) e eletromiografia (EMG) como proposta para auxiliar na reabilitação do membro superior de pacientes pós-AVC. Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico seguido de testes de funcionamento. O teste de funcionamento apresenta um desenho transversal com amostra por conveniência. A pesquisa foi dividida em quatro etapas, sendo a primeira voltada para a montagem do instrumento, composto por um jogo de RVI, óculos de RV e EMG, realizada no laboratório de Interface Homem-máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A segunda etapa foi composta pela seleção da amostra, com aplicação de testes e escalas para avaliar se o paciente estava apto a participar do estudo. A terceira etapa foi dedicada ao teste do instrumento, seguindo o protocolo de flexão e extensão do cotovelo para a interação com o jogo, com o objetivo de verificar a viabilidade de aplicação do equipamento proposto. Participaram do estudo cinco indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 55 e 72 anos e com cognitivo preservado. A quarta etapa e final foi dedicada à análise e interpretação dos resultados. A pesquisa resultou em um instrumento composto por um hardware, um software e firmware específico que se comunicam com um smartphone via protocolo bluetooth. Após os testes do instrumento com os participantes voluntários, analisaram-se os questionários aplicados e concluiu-se que o instrumento teve grau de satisfação positivo, indicando boa usabilidade, sugerindo que pode ser utilizado por profissionais de saúde em processos de reabilitação.

Palavras-chave: acidente vascular cerebral; reabilitação; realidade virtual; sistemas virtuais; eletromiografia; extremidade superior.

ABSTRACT

Cerebrovascular accident (CVA) is a pathology that compromises the central nervous system (CNS) leading to functional limitations. Being classified as ischemic stroke when resulting from obstruction of a blood vessel by a thrombus or an embolus or hemorrhagic when there is extravasation of blood in the brain structures. Virtual Reality (VR) has become a technological proposal that contributes to both treatment and patient motivation during the rehabilitation process. Biomedical signals make it possible to obtain important data for patient assessment, monitoring and rehabilitation in real time, being tools of great importance in the rehabilitation process of post-stroke individuals. The present research aims to develop a prototype of a human-machine interface, using immersive virtual reality (IVR) and electromyography (EMG) resources as a proposal to assist in the rehabilitation of the upper limb of post-stroke patients. This is a technological development study followed by functional tests. The test run features a cross-sectional design with a sample for convenience. The research was divided into four stages, the first one focused on assembling the instrument, consisting of an RVI game, VR glasses and EMG, carried out in the Human-Machine Interface laboratory of the Federal University of Pernambuco (UFPE). The second stage consisted of sample selection, with the application of tests and scales to assess whether the patient was able to participate in the study. The third stage was dedicated to testing the instrument, following the elbow flexion and extension protocol for interaction with the game, in order to verify the feasibility of applying the proposed equipment. Five individuals of both sexes participated in the study, aged between 55 and 72 years and with preserved cognitive impairment. The fourth and final stage was dedicated to the analysis and interpretation of the results. The research resulted in an instrument composed of hardware, software and specific firmware that communicate with a smartphone via bluetooth protocol. After testing the instrument with the voluntary participants, the questionnaires applied were analyzed and it was concluded that the instrument had a positive degree of satisfaction, indicating good usability, suggesting that it can be used by health professionals in rehabilitation processes.

Keywords: stroke; rehabilitation; virtual reality; virtual systems; electromyography; upper extremity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Acidente Vascular isquêmico e hemorrágico.....	21
Figura 2 -	Fluxograma de captação dos dados do estudo.....	37
Figura 3 -	Unidade de processamento.....	46
Figura 4 -	Topologia do INA19.....	47
Figura 5 -	Módulo Bluetooth HC-05	48
Figura 6 -	Protótipo utilizado nos testes com pacientes	49
Figura 7 -	Hardware finalizado dentro da caixa de proteção	50
Figura 8 -	Pacote de dados enviados via Bluetooth.....	51
Figura 9 -	Inicialização e calibração do equipamento.....	53
Figura 10 -	Tela do jogo indicando valor do EMG e números de pontos feitos acima da barra.....	54
Figura 11 -	Membro superior presente no cenário imersivo.....	54
Figura 12 -	Paciente durante a coleta com a utilização do equipamento desenvolvido.....	57
Figura 13 -	Membro virtual.....	58
Figura 14 -	Retângulo avermelhando indicando onde ocorre a maior pontuação.....	59
Figura 15 -	Trecho do gráfico contendo 331 amostras recebidas pelo jogo do paciente	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Objetivos, número de pacientes, intervenção e principais resultados encontrados em cada estudo.....	38
Tabela 2 -	Características gerais dos participantes	55
Tabela 3 -	Valores da avaliação da cognição	61
Tabela 4 -	Valores da avaliação da funcionalidade do MS na realização nas Atividades de vida diária.....	62
Tabela 5 -	Valores da escala de Ashworth	62
Tabela 6 -	Valores do método de avaliação do questionário SUS	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores de risco do AVC	22
Quadro 2 - Avaliação metodológica dos estudos pela escala de PEDro	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIT	Acidente Vascular Transitório
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVDs	Atividades de Vida Diária
BRS	Estágios de recuperação de Brunnstrom
EMA	Escala Modificada de Ashworth
EMG	Eletromiografia
FMA	Escala de Avaliação Fugl-Meyer
GC	Grupo Controle
GE	Grupo Experimental
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
IM	Índice de motricidade
MEEM	Mini Exame do Estado Mental
MI	Membro Inferior
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
MS	Membro Superior
OMS	Organização Mundial de Saúde
QV	Qualidade de vida
RV	Realidade Virtual
RVI	Realidade Virtual Imersiva
RVNI	Realidade Virtual Não Imersiva
SBDC	Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares
SUS	System Usability Scale
TC	Terapia Convencional
TCB	Teste de Caixa em Bloco
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
FFT	Transformada rápida de Fourier
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VRRS	Virtual Reality Rehabilitation System

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	O ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL	19
2.1.1	Acidente vascular Cerebral isquêmico.....	20
2.1.2	Acidente vascular hemorrágico	20
2.1.3	Fatores de risco do AVC	21
2.1.4	Quadro clínico do acidente vascular Cerebral	22
2.1.5	Comprometimentos do membro superior no acidente vascular cerebral.....	23
2.2	FISIOTERAPIA CONVENCIONAL.....	23
2.2.1	Reabilitação motora de membros superiores pós-AVC.....	24
2.3	ELETROMIOGRAFIA	26
2.4	JOGOS SÉRIOS.....	27
2.5	EXERGAMES	28
2.6	REALIDADE VIRTUAL	28
2.6.1	Realidade virtual imersiva (RVI)	29
2.6.2	Realidade virtual não imersiva (RVNI)	31
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	32
3.1	Escopo.....	32
3.2	Questões de pesquisa	33
3.3	Bases de dados	34
3.4	String de busca.....	34
3.5	Critérios de elegibilidade.....	34
3.6	Procedimentos de seleção dos estudos	35
3.7	Qualidade metodológica dos estudos	35
3.8	Resultados e discussão	36
3.9	Proposta de solução	44
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	DESENHO E LOCAL DO ESTUDO.....	45
4.2	PROCEDIMENTOS DAS ETAPAS DO ESTUDO.....	45

4.2.1	Primeira etapa: desenvolvimento do instrumento	46
4.2.2	Segunda etapa: Seleção da amostra para o estudo	54
4.2.3	Terceira etapa: procedimento de coleta	55
4.2.4	Etapa final: Análise dos dados obtidos através do System Usability Scale	59
5	RESULTADOS	61
5.1	Resultados da etapa de seleção da amostra	61
5.2	Resultados dos testes do instrumento com os participantes	63
5.3	Análises dos questionários	64
6	DISCUSSÃO	66
7	CONCLUSÃO.....	69
7.1	TRABALHOS FUTUROS.....	70
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE A - FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICO S/ANAMNESE.....	77
	APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	81
	ANEXO A - MINI EXAME DO ESTADO MENTAL (MEEM).....	88
	ANEXO B - ESCALA DE ASHWORTH MODIFICADA.....	89
	ANEXO C - INDICE DE BARTHEL	89
	ANEXO D - QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DO INSTRUMENTO	86
	ANEXO E - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	87

1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma das principais causas de morte e incapacidades no mundo, no Brasil é a doença crônica que mais atinge a população, tendo maior incidência em adultos de meia-idade e idosos. Os sobreviventes do AVC muitas vezes apresentam alterações funcionais crônicas e déficits cognitivos, reduzindo a qualidade de vida (QV), trazendo impactos também nas relações pessoais e sociais. Dentre as principais alterações funcionais presentes em um indivíduo pós-AVC é o comprometimento do membro superior (MS) que atinge aproximadamente 85% dos pacientes, trazendo limitações na realização das atividades de vida diária (AVDs) (OH et al, 2019; KAIRY et al, 2016).

Por ser um dos principais comprometimentos presentes nos pacientes que sofreram um AVC, a disfunção do membro superior torna o indivíduo dependente na realização das suas atividades, limitando a execução de tarefas como: segurar um objeto, utilizar um telefone, abrir uma maçaneta de porta e tarefas de autocuidado, levando ao desuso do segmento. Para a recuperação funcional do MS, é necessário que o paciente realize um programa de treinamento dinâmico, repetitivo, para que ocorra o aprendizado motor e o indivíduo consiga realizar as atividades de forma independente (ŞİMŞEK; ÇEKOK , 2016; CHOI et al, 2016; SHIN et al , 2016).

Os programas de reabilitação possuem grande importância na recuperação funcional e no alcance da independência de pacientes pós-AVC, podendo reverter ou prevenir disfunções, potencializando a capacidade funcional do paciente. No momento da terapia ocorre a aprendizagem de forma observacional e de forma ativa durante uma tarefa, sendo a ativa a maneira mais efetiva. Para que ocorra o alcance das tarefas propostas de maneira mais efetiva, é necessário que o momento da realização das atividades ocorra de forma lúdica, atrativa e satisfatória (WINSTEIN et al, 2016; STEFANELLO et al, 2019).

O conceito de tecnologia em saúde aborda toda e qualquer intervenção utilizada para promoção da saúde. Dentre as modalidades incluídas nesse conceito encontram-se as tecnologias biomédicas, que interagem direta ou indiretamente com os indivíduos. Na neuroreabilitação o uso de novas tecnologias vem aumentando, proporcionando benefícios diversos ao paciente, como o tratamento voltado para as necessidades específicas de cada paciente, fornecimento de feedback visual, tátil, auditivo, em tempo real (LORENZETTI et al, 2012; AMORIM et al, 2010; PEREZ et al,

2021).

Para auxiliar no processo de reabilitação, alguns dispositivos e sistemas eletromédicos vêm sendo utilizados pelos profissionais de saúde, tanto para a avaliação, quanto para tratamento das mais variadas disfunções, como a eletromiografia (EMG), e a realidade virtual (RV) que podem auxiliar no desenvolvimento de sistemas biomédicos adequados às necessidades do paciente (NOVELETTO et al, 2016; PAVÃO et al, 2014).

A atividade muscular pode ser mensurada por meio da Eletromiografia de superfície (EMG). O EMG é um sinal biomédico amplamente utilizado por profissionais de saúde para estudar os grupamentos musculares. Através da EMG pode-se obter dados sobre a atividade elétrica muscular, sendo possível mensurar a duração dos potenciais de ação das unidades motoras, amplitude, além de armazenar esses dados. A aplicação desta ferramenta traz contribuições positivas na clínica terapêutica, sendo utilizado tanto na reabilitação, quanto no auxílio do diagnóstico de disfunções musculares (MELLO et al, 2017; FREITAS et al, 2016).

A reabilitação com o uso de RV promove e induz a participação ativa do paciente durante a realização de uma atividade orientada em um ambiente enriquecido tecnologicamente, proporcionando repetições dos movimentos de forma motivadora. A RV proporciona aos usuários uma interação com um ambiente simulado com feedback contínuos e imediatos, relacionados com a atividade que está sendo realizada. Logo, o treinamento com RV ocorre de forma intensiva, repetitiva e voltada para a tarefa, sendo esses aspectos primordiais na neuroreabilitação (TONETTA et al, 2017; CHOI et al, 2016).

Resultados importantes sobre o uso de RV para reabilitação de diversas doenças, entre elas o AVC foram descritos por Widmer e colaboradores, (2017), onde é possível observar a importância da motivação no processo de reabilitação na recuperação das funções após um AVC. OH e seus colaboradores (2019) relataram os benefícios da RV através de atividades desafiadoras e orientadas na recuperação motora da função do MS, além da melhora na função cognitiva.

Uma das principais características da utilização da RV é a oportunidade de inserir o usuário em uma interface simulada e controlada, proporcionando motivação e prazer, durante a prática de atividades funcionais direcionadas aos mais diversificados protocolos de reabilitação. No entanto, apesar dos avanços envolvendo a RV direcionada para reabilitação, ainda são necessárias novas pesquisas para

contribuir na definição entre aceitabilidade do usuário, as plataformas e à adequabilidade dos sistemas virtuais as suas particularidades funcionais, sejam elas cognitivas ou motoras (POMPEU et al, 2014).

Atualmente, existe um aumento na procura por terapias efetivas e estimulantes para a reabilitação do AVC, sendo a RV uma opção positiva na contribuição do restabelecimento das funções perdidas do paciente pós-AVC. A maioria dos jogos já disponíveis no mercado é desenvolvida para entretenimento de indivíduos saudáveis. Logo, a utilização desses jogos pode oferecer riscos aos pacientes durante a prática, pois, não oferecem ajustes apropriados para os comprometimentos que o paciente possa apresentar, sejam eles déficits de aprendizado e/ou controle motor, de equilíbrio, sensorial e perceptual.

Diante do exposto, propõe-se o desenvolvimento de uma interface de RV, voltada especificamente para o tratamento dessa população, que poderá fornecer melhores resultados durante o processo de reabilitação. O equipamento em questão permitirá a reabilitação do MS com disfunção do paciente acometido pelo AVC. A proposta tem como incremento a ludicidade, a motivação, fornecendo feedback imediato, auxiliando no tratamento fisioterapêutico desses pacientes.

1.1 OBJETIVOS

Para a organização deste trabalho foram delineadas metas sobre o tema abordado, e de acordo com elas, os objetivos deste trabalho foram elencados.

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de Realidade Virtual Imersiva (RVI) e eletromiografia (EMG) como proposta para auxiliar na reabilitação do membro superior (MS) de pacientes pós-AVC.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Dimensionar requisitos do sistema de aquisição de EMG, como ganho do sistema de amplificação do sinal, faixa de frequência dos filtros e

posicionamentos de eletrodos;

b) Desenvolver e adaptar um hardware para realizar a aquisição do sinal de eletromiografia no MS;

c) Desenvolver e adaptar um firmware para a comunicação do hardware com um smartphone através do módulo bluetooth.

d) Desenvolver um *game* (jogo) com feedback visual e auditivo para o usuário, baseado no sinal de EMG;

e) Analisar a usabilidade do instrumento desenvolvido por meio do questionário do System Usability Scale.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, será apresentado o referencial teórico que embasou a presente pesquisa, possibilitando ao público leitor, uma melhor compreensão do tema em questão.

2.1 O ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL

Com o passar dos anos e com medidas voltadas para melhorar a QV, proporciona-se uma perspectiva de vida cada vez mais elevada em todo o mundo. Essa modificação do perfil demográfico ocasiona também o aumento no número de doenças crônico-degenerativas (SARDI; SCHUSTER; ALVARENGA, 2012). O AVC pode ser caracterizado como um déficit focal neurológico, de origem vascular e início súbito, ocasionando lesões encefálicas e danos às funções neurológicas. O AVC pode ser classificado como isquêmico ou hemorrágico, sendo o isquêmico considerado o mais comum (LACERDA et al, 2018), cujo diagnóstico clínico é determinado através de exames de imagens como tomografia computadorizada e ressonância magnética (BARCALA et al, 2011).

O AVC é uma das principais causas de morte e incapacidades no mundo, no Brasil por exemplo, são registradas cerca de 68 mil mortes por AVC anualmente (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015). Nos Estados Unidos o AVC é a quarta causa de morte e a principal causa relacionada à invalidez de longo prazo (TSOUPIKOVA et al, 2015). A incidência do AVC aumenta duas vezes mais a cada década de vida a partir dos 55 anos sem que em mulheres, a incidência é superior (PIASSAROLI, et al, 2012). No Brasil, em 2011, foram registradas 179 mil internações por AVC, atingindo principalmente a população de adultos de meia-idade e idosos (NOVELETTO et al, 2016). A Organização Mundial de Saúde (OMS) aponta que mundialmente, até 2030, o AVC permanecerá sendo a segunda maior causa de óbitos, sendo responsável por 12,2% dos óbitos previstos para o ano (ARAÚJO et al, 2018).

2.1.1 Acidente vascular cerebral isquêmico

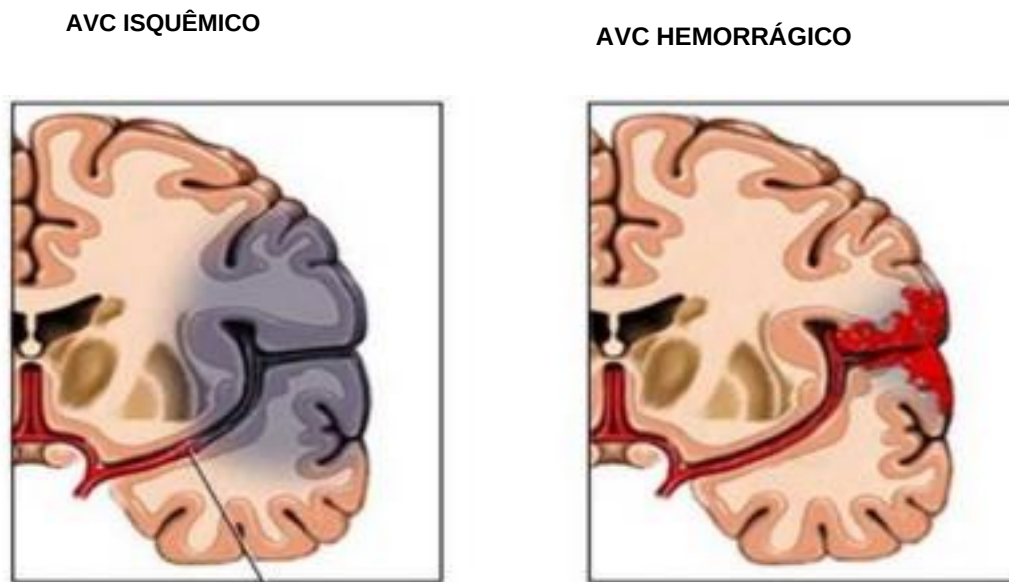
O AVC isquêmico é caracterizado pela obstrução de um vaso sanguíneo, dificultando o aporte de oxigênio e nutrientes ao tecido encefálico (ARAÚJO et al, 2018). Esta interrupção pode ser provocada por um trombo ou êmbolo, sendo provocada também através de uma redução da pressão de perfusão cerebral, provocada por hipotensão arterial grave ou pela redução do débito cardíaco (LACERDA et al, 2018).

O acometimento é considerado reversível quando esta privação dura menos de 24 horas, sendo denominado de Acidente Isquêmico Transitório (AIT), servindo como um alerta, pois 40% das pessoas que sofreram um AIT no intervalo de 1 ano terão um AVC (OPAS, 2018). Quando a isquemia persiste por um período maior que 24 horas, as lesões irreversíveis poderão instalar-se no tecido encefálico, levando a morte neuronal e dos tecidos adjacentes, ocasionando sequelas graves para os indivíduos acometidos pela patologia (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

2.1.2 Acidente vascular cerebral hemorrágico

O AVC hemorrágico ocorre devido a um extravasamento de sangue no interior ou em áreas adjacentes das estruturas encefálicas (ARAÚJO, et al, 2018). O AVC hemorrágico é causado pela ruptura de um vaso cerebral, levando a um sangramento intracraniano, podendo levar a ruptura espontânea de uma artéria devido a alguns fatores como a hipertensão prévia, ou à ruptura de um aneurisma, ou à ruptura de uma malformação arteriovenosa, trauma cefálico ou distúrbios hemorrágicos. O AVC hemorrágico geralmente atinge grande área do tecido encefálico, sendo aproximadamente 13% dos acidentes vasculares encefálicos (OPAS, 2018; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019). Na figura 1 pode-se observar na imagem o AVC isquêmico e o Hemorrágico.

Figura 1 - Acidente Vascular isquêmico representado a esquerda e hemorrágico a direita



Fonte: Adaptado da Associação Brasileira de Doenças Cerebrovasculares (SBDCV), 2022.

2.1.3 Fatores de risco do AVC

Segundo a Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares (SBDC), fatores de risco são aqueles que podem facilitar a ocorrência do evento. Evitar os fatores de risco diminui a probabilidade de um indivíduo vir a ter um episódio de AVC, aumentando a expectativa e a qualidade de vida (LACERDA et al, 2018).

Os fatores de riscos são divididos em fatores modificáveis e não modificáveis. Sendo os modificáveis: hipertensão arterial sistêmica (HAS), tabagismo, anticoncepcional, drogas, sedentarismo, etilismo, relação cintura quadril elevada, depressão, estresse psicossocial, fatores cardíacos, obesidade e dieta pobre em vegetais e frutas. Os fatores não modificáveis são: idade, sexo, histórico familiar e genética (LOTUFOI; BENSENOR, 2013; LACERDA et al, 2018). Para uma melhor compreensão, os fatores de riscos modificáveis e não modificáveis, estão descritos no quadro 1.

Fatores de risco modificáveis	Fatores de risco não modificáveis
Hipertensão	Idade
Diabetes	Sexo
Fumo/álcool	Etnia
Sedentarismo	Hereditariedade
Anticoncepcional	
Colesterol e Triglicerídeos	

Quadro 1 - Fatores de risco do AVC

Fonte: Adaptado de Lyra, 2016; adaptado de SBDVC, 2022.

2.1.4 Quadro clínico do acidente vascular cerebral

Os indivíduos que sofrem uma lesão no tecido encefálico apresentam disfunções sensório-motoras e cognitivas, levando a uma deficiência funcional crônica, comprometendo a realização das AVDs. O comprometimento do encéfalo pode ocorrer de forma bilateral ou unilateral, resultando em hemiparesia (paralisia parcial) ou hemiplegia (paralisia total) de um hemicorpo, podendo também apresentar alterações quadriparética ou quadriplégica comprometendo os membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII) (OH et al, 2019; RANGEL; BELASCO; DICCINI, 2013).

Segundo o Ministério da Saúde (2013), alterações como heminegligência (não percepção de estímulos sensoriais), hemianopsia (perda parcial ou completa da visão) e apraxia (perda ou irregularidade da coordenação motora e muscular), são comuns,

dependendo da região afetada. Sintomas como disfagia (dificuldade para deglutir), ataxia (perda da capacidade de executar movimentos precisos), diplopia (visão dupla), náuseas, nistagmo (tremor na região ocular) e desmaios (SILVA; ALBUQUERQUE, 2017; LEE et al, 2014). Os déficits citados acima levam ao comprometimento da capacidade do paciente de manter uma vida independente e autônoma (MARTEL; COLUSSI; MARCHI, 2016).

2.1.5 Comprometimento do membro superior (MS) no acidente vascular cerebral (AVC)

O comprometimento do MS é um dos sintomas mais comuns no paciente que sofreu AVC estando presentes padrões anormais no tônus muscular, reflexos primitivos, sinergia de flexores, sinergia de extensores, alteração na coordenação que reduzem a função motora do membro afetado (LEE et al ,2014). De acordo com a OMS, o AVC afeta mais de 15 milhões de pessoas no mundo por ano. Entre eles, 85% dos sobreviventes de AVC sofrerão deficiência no MS e 40% sofrerão deficiência crônica ou incapacidade permanente (JANARTHANAN et al, 2020).

A disfunção do MS está associada à necessidade de ajuda para a realização das AVDs, impactando negativamente na QV do indivíduo. A função do MS permite ao indivíduo a realização de atividades como abrir uma porta, segurar objetos, utilizar um telefone, além do cuidado pessoal, tornando o paciente dependente de outra pessoa para auxiliar na realização das AVDs (KIM et al, 2018; SHIN et al, 216; CHOI et al, 2016).

Além dessas alterações o paciente pode apresentar um quadro depressivo, devido a sua dependência, falta de interação social, levando a redução da motivação, o desinteresse, falta de alegria, medo, tristeza, raiva, sentimentos que afetam negativamente o processo de recuperação funcional (CHOI; SHIN; BANG, 2019). Recuperar a função do MS é considerado um objetivo mais difícil de alcançar, quando comparado com a recuperação funcional do membro inferior (MI), pois para realizar a locomoção, é necessário o movimento bilateral dos membros; já para os MS as atividades de vida diárias podem ser realizadas unilateralmente, utilizando apenas o membro menos afetado, levando ao desuso do segmento mais afetado (CHOI et al, 2016).

2.2 FISIOTERAPIA CONVENCIONAL

O protocolo de reabilitação no pós-AVC tem o intuito de melhorar a capacidade física, funcional e/ou cognitiva, promovendo a reinserção e reintegração do indivíduo com deficiência à sociedade. A recuperação ativa ocorre em torno do terceiro ao sexto mês após o evento, a janela de tempo para a recuperação do controle motor está mais ativa na fase subaguda pós-AVC, devido a plasticidade neural. Com embasamento na

teoria do aprendizado motor, o treinamento voltado para a tarefa, ocorrendo de forma repetitiva e intensa durante a fase subaguda pós-AVC é determinante favorecimento da plasticidade neural, induzindo assim a recuperação motora (MENDES et al, 2016; KIM et al, 2018).

A Fisioterapia convencional em pacientes pós-AVC, segundo as Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Encefálico do ministério da saúde (2013), pode ser dividida em três etapas de intervenção: a reabilitação na fase aguda, na fase pós-aguda e na fase crônica. Na fase aguda, com duração de aproximadamente três meses após o episódio do AVC, o paciente precisa ser submetido a uma reabilitação com intensidade baixa, que auxilia na prevenção ou minimiza possíveis comprometimentos. A intervenção pode ser iniciada logo após a estabilização do paciente, após o AVC.

Na fase pós-aguda ou subaguda, após três meses subsequentes ao AVC até cerca de um ano, é indicada uma terapia intensiva, que consiste em um mínimo de três horas de reabilitação ativa por dia, completando cinco dias na semana. Na fase crônica, as intervenções visam melhorias progressivas no equilíbrio, força, resistência e quaisquer outras características afetadas (LYRA, 2016; KIM et al, 2018) MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

2.2.1 Reabilitação motora de membro superior pós-AVC

Estima-se que aproximadamente 80% dos indivíduos que sofreram um AVC apresentam como consequência o comprometimento do MS, e que aproximadamente 60% desses pacientes não recuperam a funcionalidade completa do membro comprometido. Em muitas situações, mesmo na fase crônica é possível recuperar a função do segmento comprometido, mas que para as mudanças neuroplásticas ocorram a recuperação funcional seja realizada necessita de um tratamento intensivo, repetitivo e voltado para a tarefa. (JORDAN; SAMPSON; KING ,2014).

Portanto, o processo de reabilitação para o restabelecimento do MS é necessário e precisa acontecer de forma dinâmica, atrativa, visto que o envolvimento do paciente é primordial no seu processo de recuperação. Através de um protocolo direcionado e bem aceito, é possível proporcionar ao paciente autonomia e independência nas realizações das suas AVDs (MARTEL; COLUSSI; MARCHI, 2016). As limitações funcionais proporcionam ao paciente redução na QV, resultando também na redução da interação social, presença de sentimento de tristeza, medo,

raiva, afetando negativamente o seu processo de recuperação funcional (CHOI; SHIN; BANG, 2019).

Nessa perspectiva, podem ser utilizadas várias abordagens para recuperação funcional como: Terapia de movimento induzida por restrição com a finalidade de utilizar o MS mais acometido, evitando assim o desuso do segmento, terapia do espelho, observação de ação que consiste em observar um movimento, imitar um movimento permite que novas redes neurais envolvidas sejam criadas e potencialize a recuperação motora do MS. Na reabilitação convencional, é necessário criar estratégias voltadas para a repetição de tarefas direcionadas com o objetivo de melhorar a capacidade funcional do indivíduo (CHOI; SHIN; BANG, 2019; OH et al, 2019).

2.3 ELETROMIOGRAFIA

A eletromiografia (EMG) é uma técnica que permite o registro dos sinais elétricos gerados através das células musculares a partir da despolarização das membranas durante uma contração e o repouso. O estudo da atividade elétrica muscular é realizado por meio de um equipamento chamado eletromiógrafo. Através da utilização dessa tecnologia, é possível mensurar a amplitude e a duração dos potenciais elétricos das unidades motoras, sendo utilizado para registrar e analisar os dados a fim de avaliar a biomecânica humana. Essa análise contribui para a tomada de decisão do fisioterapeuta, contribuindo na condução do tratamento adequado para o paciente (MELLO et al, 2017; LYRA, 2016).

Os sensores são responsáveis por captar os sinais elétricos que são conduzidos através dos tecidos, representando um somatório de impulsos elétricos de uma população de unidades motoras próximas (FREITAS et al, 2016). O sinal biomédico, representado pelo sinal eletromiográfico, registra os impulsos elétricos provocados pelo espaço-tempo de um evento como um músculo contraindo, e fornece informações úteis para o entendimento dos mecanismos fisiológicos de um evento biológico (ENDERLE; BRONZINO, 2012).

É necessário compreender que a análise e o uso destes sinais em diferentes aplicações devem ser realizados depois de seus respectivos processamentos, pois antes dos processamentos, os sinais possuem baixa amplitude e grande quantidade de ruídos, dificultando a sua interpretação. Para o tratamento do sinal, as etapas de

condicionamento normalmente presentes são as etapas de amplificação e filtragem, as quais podem ser realizadas de diferentes formas, seja através de hardware, envolvendo o projeto de circuitos, utilizando componentes eletrônicos; ou através de software, utilizando programas para o processamento dos sinais digitais; podendo ainda conter os dois recursos, hardware e software (LA BANCA et al, 2016; JAMAL, 2012).

O EMG pode ser adquirido por eletrodos intramusculares ou de superfície de forma que os sinais de EMG possuem amplitudes em torno de 5mV no eletrodo de superfície e quando captados por eletrodos intramusculares, do tipo agulhas, os sinais possuem amplitudes em torno de 10mV. O sinal de EMG é maior na eletromiografia de superfície em frequências abaixo de 500Hz. Porém, a energia dominante do sinal está compreendida entre as frequências de 50Hz e 150Hz dependendo do grupamento muscular que está sendo avaliado (SOUZA, 2015; LYRA, 2016).

Diferentes tipos de eletrodos podem ser utilizados para o registro de EMG para diferentes músculos. É necessária uma preparação adequada da pele para as captações musculares não invasivas, que envolve a limpeza do local, com álcool ou aplicação de uma pequena quantidade de pasta eletrolítica, que ajuda a minimizar a impedância da pele-eletrodo, melhorando a qualidade do sinal registrado. Para o registro direto de sinais elétricos de nervos e fibras musculares, são utilizados eletrodos percutâneos de agulha, sendo o mais comum o eletrodo bipolar concêntrico (ENDERLE; BRONZINO, 2012; MERLETTI; FARINA, 2016).

2.4 JOGOS SÉRIOS

Jogo sério é aquele cujo objetivo principal é de educar ou treinar o jogador, ou seja, vai além do entretenimento e da diversão, mas isso não elimina o aspecto divertido do jogo. Esses jogos são utilizados por profissionais de diversas áreas, inclusive da saúde, e quando voltado para reabilitação, devem ser criados com o olhar voltado para as necessidades específicas de cada população, de cada caso, de maneira individualizada (GUIMARÃES; SILVEIRA; NUNES, 2013).

Os jogos sérios direcionados para a saúde surgiram antes mesmo do termo se tornar conhecido. Em 1992, foi desenvolvido um jogo chamado Captain Novolin, um jogo direcionado para saúde antes mesmo de ser denominado jogos sérios, com o foco em auxiliar as crianças a controlar a diabetes, o jogo consistia em um super-herói diabético com a missão de controlar o nível de glicose em seu sangue, combatendo

os inimigos aliens chamados de Junk food. O jogo auxilia as crianças a direcionarem o consumo de alimentos saudáveis, prevenindo as crises de glicose (DJAOUTI et al, 2011).

As grandes áreas das ciências da saúde possuem estudos utilizando jogos sérios como nas áreas de: Educação Física, Psicoterapia e Fisioterapia. A utilização desse recurso durante as sessões de Fisioterapia pode repercutir positivamente no tratamento desses pacientes, devido aos benefícios que essas tecnologias proporcionam como a interatividade, deixando as atividades realizadas mais lúdicas e seguras (BALISTA, 2013; LYRA, 2016; BOSTANCI et al, 2020).

Sabe-se que, a recuperação funcional de déficits neuromotores exige protocolos de reabilitação consideravelmente repetitivos. Entretanto, a repetição e a intensidade são desestimulantes para os pacientes, levando ao abandono do tratamento, seja por fadiga, baixo eficácia ou expectativas com os resultados não alcançados (ADIE et al, 2017). Nesse sentido, o uso de jogos sérios favorece a adesão dos pacientes na prática terapêutica, estimulando e reduzindo o índice de abandono do tratamento. (NOVELETTO et al, 2016; BALISTA, 2013).

2.5 EXERGAMES

O uso dos exergames tem aumentado na última década na reabilitação, devido ao envolvimento que esse recurso proporciona ao paciente. O termo exergames está relacionado com o entretenimento e o movimento corporal, logo, são videogames que se utilizam de sensores que permitem a interação física com o jogo, proporcionando um ambiente enriquecido e envolvente com maior motivação e aprendizagem. A utilização dos feedbacks visuais e auditivos trazem impactos positivos na eficácia da terapia e na adesão do paciente ao protocolo de tratamento (HENRIQUE; COLUSSI; MARCHI, 2019).

2.6 REALIDADE VIRTUAL

Teoricamente, o termo Realidade Virtual (RV) é considerado contraditório, ou seja, algo que é real e virtual ao mesmo tempo, porém pode-se dizer que os ambientes virtuais são, ao mesmo tempo, reais, considerando que são realidades alternativas, criadas artificialmente, mas que são percebidas como ambientes semelhantes ao real pelos nossos sistemas sensoriais. O ambiente virtual fornece interação

multissensorial, com atuações repetitivas, de alta intensidade, com atividades voltadas para tarefas específicas. Sendo a intensidade e a repetição de grande importância para a neuroplasticidade que se trata da capacidade de adaptação do cérebro (TORI, R; HOUNSELL, M, S, 2018; OH et al, 2019).

A RV trata-se de uma interface homem-máquina que proporciona a interação do usuário com ambientes simulados, similares aos do mundo real através de jogos interativos, desenvolvidos por programas de computador (PENNY et al, 2015). Os sistemas de RV oferecem feedbacks imediatos, com estímulos simples ou complexos, gerando informações sobre o progresso do paciente, em um ambiente controlado e seguro (BOSTANCI et al, 2020).

Pode-se dizer que uma das grandes vantagens de se utilizar a RV nos protocolos de reabilitação, advém do fato que, os jogos estimulam o usuário a realizar uma atividade repetitiva, de alta intensidade e orientado para tarefa, aplicando os conceitos básicos da neuroreabilitação, de forma lúdica, induzindo o interesse e a motivação. De acordo com o grau de imersão do ambiente virtual, a RV pode ser classificada como imersiva e não imersiva (CHOI; SHIN; BANG, 2019; KIM, et al, 2018; VIANA, 2013).

2.6.1 Realidade virtual imersiva (RVI)

O conceito de RV imersiva (RVI) refere-se ao isolamento das sensações do usuário do ambiente real, trazendo a ideia de inclusão experimentada pelo indivíduo no ambiente virtual. Ou seja, pode ser caracterizada pelo envio dos estímulos aos receptores sensoriais do indivíduo através de sistema de RV (MARTEL; COLUSSI; MARCHI, 2016; TORI; HOUNSELL, 2018). De acordo com Cummings, et al (2012), a imersão é caracterizada através das seguintes discriminações:

- a) Qualidade da imagem: relaciona-se ao realismo e fidelidade da imagem que envolve resolução, frequência, qualidade do mapeamento de texturas e graus de singularidade da imagem;
- b) Campo de visão: associa-se a perspectiva de visão que o usuário consegue alcançar ao interagir com o ambiente virtual;
- c) Estereoscopia: é a possibilidade que o sistema pode ou não ter para fornecer visão estereoscópica (imagens tridimensionais).
- d) Rastreamento: refere-se aos graus de liberdade, exatidão, tempo de resposta e outras características referentes a qualidade do sistema de acompanhamento da

imagem.

Os parâmetros de imersão citados acima estão direcionados no sentido da visão, sendo um sentido importante, na interação com sistemas de RV, todavia a imersão pode ser otimizada quando inserimos os demais sentidos ao sistema, proporcionando uma abordagem mais ampla das características que estabelece o nível de imersão de um sistema de RV:

- a) Abrangência: é referente à quantidade de diferentes estímulos sensoriais fornecidas aos usuários, como visual, auditiva e tátil;
- b) Combinação: refere-se à combinação entre os diferentes estímulos sensoriais;
- c) Envolvimento: relaciona-se à extensão em que os sentidos estão envolvidos panoramicamente (campo de visão, áudio espacial, rastreamento de movimentos de áreas corpóreas, etc.);
- d) Vivacidade: trata-se da qualidade da simulação (resolução, taxa de quadros, iluminação, áudio etc.);
- e) Interatividade: é referente à capacidade que o usuário tem de interferir no ambiente, resposta dos elementos do ambiente às ações do usuário e as possibilidades de interferência em acontecimentos futuros;
- f) Enredo: fluência, consistência e qualidade da narrativa e do comportamento do ambiente e dos elementos nele presentes. Sendo assim é possível definir e comparar, de forma clara e objetiva o grau de imersão que determinados sistemas de RVI podem proporcionar (TORI, R; HOUNSELL, M, S, 2018).

A imersão no ambiente virtual está relacionada à experiência de sentir-se parte do ambiente simulado, essa sensação pode ser potencializada com uso de aparelhos isolando os sentidos do indivíduo do ambiente real (PENNY et al, 2015). Um sistema imersivo é construído através do uso de utensílios como capacete de visualização, luvas, telas, óculos de imersão, plataformas vibratórias, etc. (VIANA, 2013).

2.6.2 Realidade virtual não imersiva (RVNI)

Na realidade virtual não imersiva (RVNI), o indivíduo não possui a sensação de inclusão no ambiente virtual, o usuário interage com o ambiente virtual de forma parcial, através de dispositivos como um monitor, projetor, consoles, *joysticks* ou sistemas de jogos para RVNI, ocorrendo uma interação de forma mais natural como o jogo (CHOI, et al 2016; MARTEL, COLOSSI; MARCHI, 2016).

Nessa condição não imersiva, os movimentos corporais dos usuários são captados através dos controles ou comandos computacionais, possibilitando que o indivíduo interaja com o jogo, conseguindo mover objetos e desviar de obstáculos. O envolvimento com o jogo é um fator primordial na adesão e na motivação do usuário com o recurso proposto, proporcionando aos usuários um protocolo de reabilitação de forma mais atraente e prazerosa, encorajando que as atividades sejam realizadas com um maior número de repetições sem que a atividade se torne monótona (POMPEU et al, 2014).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

As revisões sistemáticas da literatura são estudos com investigações direcionadas com questões bem delimitadas, e com o objetivo de identificar e sintetizar informações com maior clareza e evidência a respeito do assunto abordado seguindo protocolos específicos, ou seja, uma realização sequencial e metódica, dividida em algumas etapas (GALVÃO; RICARTE, 2019). A estrutura do presente estudo consiste na seguinte divisão: escopo, questões da pesquisa, bases de dados, termos de busca, strings de busca, critérios de elegibilidade e procedimentos de seleção de estudos.

a) Título: Uso da realidade virtual como recurso para reabilitação do membro superior em paciente pós-AVC.

b) Objetivo: Investigar o que a literatura aponta como resultados da Realidade Virtual na reabilitação do membro superior de pacientes pós-AVC.

3.1 ESCOPO

Afetando 16 milhões de pessoas no mundo anualmente, o acidente vascular cerebral (AVC) é uma das causas mais comuns de comprometimentos neurológicos. 30 a 60% dos pacientes apresentam déficits motores na extremidade superior, impactando na realização das atividades de vida diária do indivíduo que sofreu um AVC (LEE; KIM; LEE, 2016). Sendo considerada a segunda principal causa de morte por doença no mundo, o AVC é descrito como uma alteração cérebro-vascular que pode levar a sequelas irreversíveis, tratando-se de evento neurológico complexo, no qual os sinais e sintomas de origem vascular surgem de forma súbita, com duração igual ou superior a 24 horas. O AVC atinge principalmente os adultos de meia-idade e os idosos (NOVELETTO et al, 2016).

A alteração na função do membro superior é uma disfunção comum em pacientes que sofreram um AVC, ocasionando alterações como redução da força, da amplitude de movimento, impactos na cognição e no controle motor, interferindo diretamente na realização das atividades de vida diária (AVDs) (ADAMS et al, 2018). A recuperação da função do membro superior (MS) torna-se uma meta difícil de alcançar, pois o paciente acaba realizando suas atividades unilateralmente, ocasionando o desuso no membro afetado, que leva a diversas alterações como atrofia muscular, contraturas articulares, alteração do equilíbrio e subluxações, sendo

o processo de reabilitação repetitivo e intenso (CHOI; PAIK, 2018).

Novas estratégias estão sendo desenvolvidas na reabilitação de pacientes que sofreram um AVC, estudos com a utilização da realidade virtual (RV) estão em um crescente, com o desenvolvimento de jogos sérios que possam contribuir na recuperação funcional desses indivíduos (MARTEL; COLUSSI; MARCHI, 2016). Seguindo essa linha de raciocínio, a RV apresenta-se como uma ferramenta, que utilizada em conjunto com os protocolos convencionais, pode contribuir no tratamento fisioterapêutico, proporcionando interação, motivação e diversão durante as intervenções (CALABRÒ et al, 2017; CARREGOSA et al, 2018).

Nessa perspectiva, tem-se como conceito uma interface homem-máquina, que possibilita a interação do usuário com ambientes simulados semelhantes aos do mundo real, através de jogos interativos, desenvolvidos por um programa computacional (PENNY et al, 2015). Segundo Viana (2013), a RV pode ser classificada como imersiva e não imersiva. A Realidade Virtual Imersiva (RVI) está relacionada com a sensação de imersão, de fazer parte do ambiente virtual, através de objetos como luvas, telas, óculos de imersão, plataformas vibratórias, etc. Já na realidade virtual não imersiva (RVNI), o usuário interage com o ambiente virtual de forma parcial, sentindo-se no mundo real, fazendo o uso de teclados, joysticks, entre outros. (TORI, 2018).

3.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Para analisar de uma forma mais clara os títulos obtidos durante as buscas, foi realizada a elaboração de questionamentos que permitiram a aplicação de filtros e classificação desses artigos, com o intuito de obter informações relevantes que reforçassem as ideias do presente estudo. Abaixo segue a apresentação das três questões que foram utilizadas para nortear a avaliação dos estudos que foram selecionados através dessa revisão:

- a) Quais são as principais contribuições da engenharia para o desenvolvimento de dispositivos direcionados para o público com sequelas no membro superior advindas de um acidente vascular cerebral;
- b) Quais as condições devem ser consideradas para o desenvolvimento de dispositivos baseados em técnicas de RV para auxiliar na reabilitação de pessoas com sequelas no membro superior advindas de um acidente vascular cerebral;
- c) Quais os desafios e ou problemas identificados na literatura relacionados ao

desenvolvimento de dispositivos direcionados para pessoas com sequelas no membro superior decorrentes de um acidente vascular cerebral.

3.3 BASES DE DADOS

As bases de dados escolhidas para compor este estudo foram selecionadas por se tratarem das principais fontes onde as pesquisas são voltadas para as áreas da saúde e de engenharias. Foram elas: Pubmed, IEEE, ACM, Science direct, Springer e BVS. As buscas por artigos foram realizadas restringindo o período de publicação entre os anos de 2014 a 2021. A pesquisa dos artigos foi realizada entre os meses de outubro de 2021 e dezembro de 2021. As palavras-chave utilizadas foram: reabilitação, realidade virtual, vídeo game, acidente vascular cerebral, extremidade superior e seus correlatos em inglês. Os descritores utilizados na busca seguiram a descrição dos termos MESH/DECS, sendo eles: *rehabilitation*, *Stroke*, *Virtual Reality* e *Upper Extremity*. Para o cruzamento dos termos foram utilizados os operadores booleanos (AND e OR).

3.4 STRING DE BUSCA

Foi utilizada uma *string* de busca genérica que foi modificada para se adequar a cada base de dados pesquisada. A *string* genérica utilizada foi a seguinte: (*rehabilitation*) AND (*stroke*) AND (Upper Extremity) AND (*Virtual reality* OR *Serious Games* OR *games*). Após a finalização das buscas os arquivos foram filtrados para se adequarem ao objetivo do estudo, os filtros utilizados estão listados nos critérios de elegibilidade.

3.5 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os artigos selecionados para o presente estudo, foram avaliados e validados quando se tratavam de ensaios clínicos randomizados e estudos quase-experimentais. Por existir em números crescentes de estudos abordando a RV como recurso terapêutico para a reabilitação do AVC, foram estabelecidos como critérios de elegibilidade apenas os estudos que investigaram os efeitos da RV na reabilitação do membro superior de indivíduos pós-AVC, sendo protocolos de reabilitação realizados por fisioterapeutas. Quanto à população selecionada, foram incluídos estudos com indivíduos de ambos os gêneros, com idade superior a 18 anos.

Foram excluídos da pesquisa revisões de literatura, estudos de caso, estudos observacionais, conferências, resumos de artigos publicados em anais de congressos e cartas ao editor. Foram excluídos também estudos em que os pacientes apresentavam outras alterações neurológicas que potencializam os déficits neuromotores associados ao AVC, bem como outras formas de tratamento que não incluíssem à RV.

Foi criada uma tabela com um padrão único para o preenchimento dos principais dados coletados dos artigos e após a leitura e análise de cada artigo, os revisores preencheram essa tabela igualmente. Desse modo, os estudos foram selecionados por dois revisores independentes e, na existência de discordância na seleção dos estudos, um terceiro revisor foi recrutado para solucionar a não concordância. A tabela desenvolvida abrangia os seguintes dados: autor, ano, objetivo, amostra, detalhamento da intervenção e resultados apresentados nos estudos.

3.6 PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

A etapa de buscas nas bases de dados consiste no alcance de títulos após a realização das buscas nas bases de dados, utilizando a string e a aplicação de filtros escolhidos, como: período de publicação, idioma da publicação e tipo da publicação, bem como a análise dos critérios de elegibilidade. A análise foi realizada de forma criteriosa, selecionando os títulos e resumo dos artigos, com o propósito de remover todos os materiais que não estejam relacionados ao objetivo do estudo, bem como as referências duplicadas. Após essa etapa, foram lidas na íntegra a introdução e a conclusão do restante de artigos selecionados para assim selecionar só os estudos que realmente abordam o objetivo do presente estudo.

3.7 QUALIDADE METODOLÓGICA DOS ESTUDOS

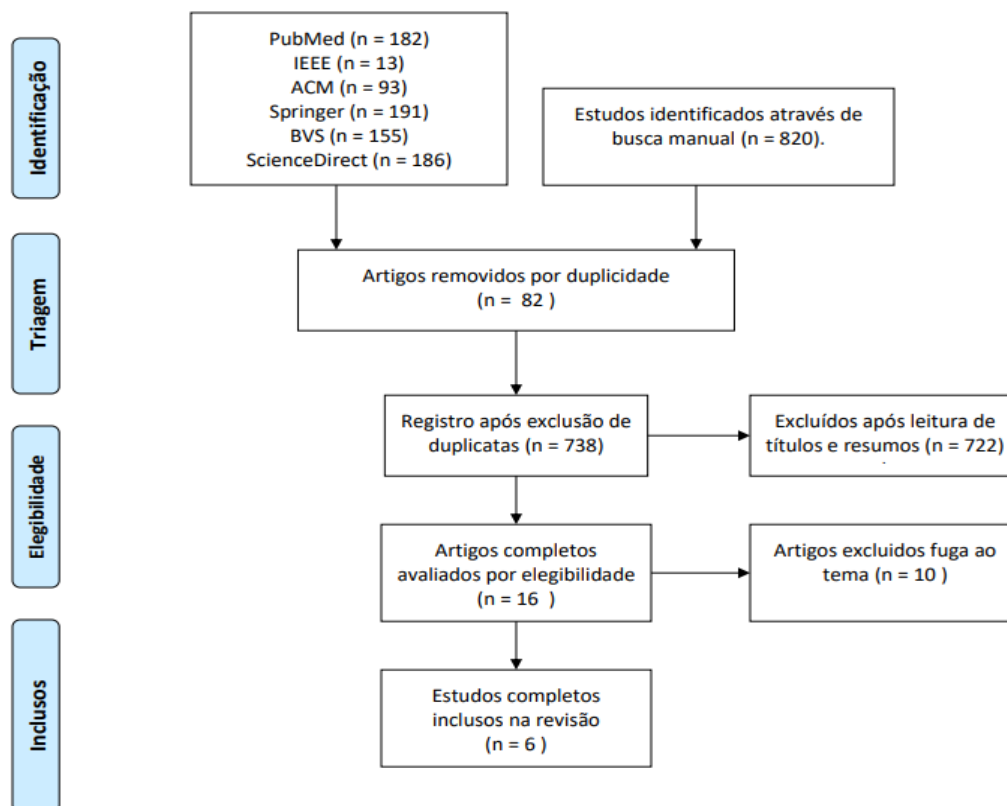
A avaliação da qualidade metodológica dos artigos selecionados foi realizada por meio da escala PeDro. A escala consiste em 11 questões sobre o estudo, das quais 10 são pontuáveis, cada item corresponde a 1 ponto quando atinge seu objetivo com exceção do item 1, que não é pontuado. Desta forma, a pontuação total pode variar de 0 (zero) a 10 (dez) pontos, sendo que quanto maior a pontuação obtida na

escala PEDro, maior é a qualidade metodológica do estudo, e estudos com pontuação superior a 5 são considerados de boa qualidade metodológica, e adequados ao estudo (BARROS et al, 2014).

3.8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca nas bases de dados estabelecidas resultou em 820 estudos, dentre os quais 82 foram excluídos por duplicidade, 722 após a leitura do título e resumo e foram selecionados 16 estudos para leitura completa, após a mesma, 10 estudos foram excluídos. Dessa forma, 6 estudos foram selecionados para esta revisão sistemática e estão apresentados na figura 2.

Figura 2 - Fluxograma de captação dos dados do estudo (PRISMA)



Fonte: A Autora, 2022.

Os estudos clínicos elegíveis selecionados para essa revisão sistemática da literatura foram caracterizados de acordo com as seguintes variáveis analisadas: ano de publicação do estudo, objetivo, tamanho da amostra, intervenção e principais resultados encontrados em cada estudo, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Objetivos, número de pacientes, intervenção e principais resultados encontrados em cada estudo

Autor/Ano	Objetivo	Amostra	Intervenção	Resultados
Brunner et al. (2017)	Comparar a eficácia do treinamento de reabilitação de realidade virtual (RV) da extremidade superior com o treinamento convencional (TC) com correspondência de tempo na fase subaguda após o AVC.	Total:102 GE: 50 GC: 52	GE: treinamento em RV com o sistema YouGrabber. GC: TC sob supervisão de um terapeuta para coincidir com o tempo de terapia fornecido no GE. Mínimo de 16 sessões de 60 minutos, durante 4 semanas, acompanhamento por 3 meses.	A adição do treinamento do Membro Superior (MS) com RV não foi superior à TC na fase subaguda após o AVC para pacientes com comprometimento leve a moderado e grave de punho e mão.
Askin et al (2018)	Avaliar os efeitos do treinamento de RV baseado no Kinect na recuperação motora da extremidade superior e nos resultados funcionais em pacientes com AVC crônico.	Total: 40 Divididos em GE e GC.	GE: fisioterapia convencional com RV com <i>Kinect</i> . GC: fisioterapia convencional	O uso auxiliar de treinamento de RV baseado em Kinect pode contribuir para a melhora da função motora da extremidade superior e amplitude de movimento ativo em pacientes com AVC crônico.
Afsar et al. (2018)	Avaliar o efeito do sistema de videogame <i>Microsoft Xbox 360 Kinect</i> nas funções motoras dos membros superiores de pacientes com AVC subagudo.	Total: 42 GE: 21 GC: 21	GE: treinamento de RV usando o Xbox Kinect, além da terapia convencional. GC: TC. Os participantes realizaram sessões com duração de 60 minutos, 5 dias por semana, em um total de 4 semanas.	A terapia de jogo baseada no Kinect contribui para a recuperação motora e funcional dos membros superiores quando implementada em adição à reabilitação convencional em pacientes com AVC subagudo.
Kiper et al. (2018)	Avaliar a eficácia do tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual combinado com a reabilitação convencional em comparação com a reabilitação convencional sozinha.	Total: 136 GE: 68 GC: 68	GE: tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual combinado com a reabilitação convencional GC: reabilitação convencional. Os participantes realizaram sessões com duração de 2 horas por dia, 5 dias por semana, durante 4 semanas.	Efeito positivo do tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual, pretendido como ambiente enriquecido, para reabilitação de membro superior após AVC. Os dados demonstraram que a recuperação também é possível com CR, mas em menor grau..

Dash; Lahiri. (2019)	Desenvolver uma plataforma de quantificação da força de preensão baseada em EMG, habilitada para RV.	Total 20 8 saudáveis e 12 pós-AVC.	Indivíduos saudáveis: participaram apenas da fase 2, com duração de 45 minutos e uma exposição de 25 min a plataforma. Grupo pós-AVC: participaram de todas as fases e receberam múltiplas exposições plataforma.	Os resultados do estudo demonstram o potencial de uso do Gripx plataforma para contribuir para a reabilitação da capacidade de preensão.
Ain et al. (2021)	Investigar os efeitos adicionais do treinamento do <i>Xbox Kinect</i> em combinação com exercícios de fisioterapia de rotina com base em cada componente da Escala de Avaliação de FuglMeyer para Extremidade Superior (FMA-UE).	Total: 56 GE: 28 GC:28	GE: Tratamento com <i>Xbox Kinect</i> , juntamente a TC. GC:TC. Os participantes realizaram as intervenções duraram de 35-40 minutos, 5 dias por semana, durante 6 semanas.	Os resultados indicam que o uso repetitivo do membro superior hemiparético baseado no <i>Xbox Kinect</i> , além da terapia convencional, tem um potencial promissor para melhorar a função motora do MS em pacientes com AVC.

Nota: GC: Grupo controle; GE: Grupo experimental; RV: Realidade virtual; AVC: Acidente vascular Cerebral; TC: terapia convencional. MS: membro superior.

Fonte: A Autora, 2022.

De modo geral, os estudos dataram de 2017 a 2021, com tamanho de amostra variando de 20 a 136, investigando os efeitos da realidade virtual na reabilitação do membro superior de pacientes pós-AVC. Alguns artigos incluíram desfechos como, função motora, amplitude de movimento e força, esses desfechos não foram analisados por este estudo por não se tratarem do objetivo do mesmo. De forma geral, o estudo revela que o uso da RV é um recurso útil na reabilitação do membro superior de pacientes pós-AVC, quando realizada em associação com a reabilitação convencional.

Com relação à avaliação da qualidade metodológica dos estudos analisados, foi utilizada a escala PEDro. Os itens são: 1. Critérios de elegibilidade, 2. Alocação aleatória, 3. Sigilo na alocação, 4. Similaridade dos sujeitos, 5. Amostra cega, 6. Terapeutas cegos, 7. Avaliadores cegos, 8. Desfecho em 85% dos sujeitos, 9. Tratamento ou controle conforme alocação, 10. Pelo menos um resultado-chave intergrupo e, 11. Medidas de precisão e variabilidade. Dos seis estudos analisados, cinco foram considerados como de boa qualidade. O resultado dessa análise pode ser visualizado no Quadro 2.

Quadro 2 - Avaliação metodológica dos estudos pela escala de PEDro

Autor/ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Pontuação total
Brunner et al. (2017)	X	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	6/10
Askin et al (2018)	X	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	7 /10
Afsar et al. (2018)	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	6/10
Kiper et al. (2018)	X	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	8/10
Dash; Lahiri. (2019)	X	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2/10
Ain et al. (2021)	X	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10

Fonte: A Autora, 2022.

Brunner et al. (2017) compararam a eficácia de um protocolo de treinamento com o uso da RV na reabilitação da extremidade superior com a TC em pacientes na fase aguda, após o AVC. Participaram do estudo 102 pacientes com AVC confirmado através da tomografia computadorizada ou da ressonância magnética, sendo randomizados entre o grupo experimental (GE) com 50 indivíduos e controle (GC) com 52. O GE recebeu o treinamento de RV com o sistema YouGrabber, que consiste em um sistema com o uso de luvas de dados com sensores, uma câmera infravermelha e software em combinação com um computador pessoal e uma tela. O GC recebeu a TC sob supervisão de um terapeuta onde o tempo de terapia era o mesmo proporcionado ao GE.

Os treinamentos do GE incluem atividades de alcance e preensão, movimentos seletivos dos dedos, supinação / pronação, movimentos de todo o MS, treinamento unimanual ou bimanual e movimentos virtualmente aprimorados, sendo esses movimentos que podem ser aumentados visualmente na tela. Durante a atividade, parâmetros do jogo como velocidade dos objetos, intervalos entre os objetos e dispersão à esquerda e à direita das posições dos objetos puderam ser ajustados. Já os pacientes do GC realizaram treinamento de MS convencional através de um conjunto de exercícios padronizados com ênfase na atividade relacionada à tarefa. Foram incluídos exercícios para diferentes movimentos grossos e de destreza, utilizando variedades de pegadas e movimentos seletivos dos dedos.

Ambos os grupos foram avaliados no início do estudo (72 horas antes do início da intervenção), após o tratamento (dentro de 72 horas) e acompanhados durante os 3 meses. Como desfecho, os autores observaram que o uso da RV na reabilitação do

MS na fase subaguda após um AVC, se utilizado associado a reabilitação convencional, pode ser uma alternativa de treinamento motivadora, sendo um complemento à reabilitação padrão.

Seguindo o contexto da comparação da utilização da RV e da TC no tratamento de pacientes pós AVC, Askin e seus colaboradores em 2018 realizaram um estudo a fim de averiguar os efeitos do uso do Kinect associado a TC. Trata-se de um estudo cego, controlado e randomizado com um total de 40 pacientes, divididos em GE: fisioterapia convencional com RV com Kinect e GC: fisioterapia convencional. O GE realizou 20 sessões TC (5 dias por semana, durante 4 semanas) e 20 sessões de RV baseado em Kinect (1 hora por dia, 5 dias na semana, durante 4 semanas). O GC recebeu apenas 20 sessões de TC.

O estudo utilizou como medida de avaliação da função motora da extremidade superior a escala de avaliação Fugl-Meyer (FMA); o Estágios de recuperação de Brunnstrom (BRS) que é uma ferramenta que possui 6 estágios para avaliação do MS; a Escala Modificada de Ashworth (EMA) para avaliar o grau de espasticidade, o Teste de Caixa em Bloco (TCB) para medir a destreza manual grossa unilateral; e o Índice de motricidade (IM), que fornece uma rápida avaliação da função motora do MS. Sendo essas medidas aplicadas no início e ao final do tratamento por avaliadores familiarizados com os testes e as escalas.

Com o resultado do estudo os autores conseguiram observar que o uso auxiliar de treinamento de RV baseado em Kinect pode contribuir para a melhora da função motora da extremidade superior e amplitude de movimento ativo em pacientes com AVC crônico, proporcionando um tempo de treinamento maior e uma maior quantidade de repetições dos movimentos de forma lúdica, intensa e repetitiva, sendo positiva a utilização deste recurso associado a TC no processo de reabilitação de pacientes com sequelas em MS em AVC crônico.

Afsar et al. (2018) também utilizaram o recurso Kinect 360 associado a reabilitação convencional para avaliar o efeito nas funções motoras do MS de pacientes com AVC subagudo. Os pacientes foram divididos em 2 grupos aleatoriamente, GE: 21 pacientes e GC: também com 21 pacientes. Ambos os grupos foram submetidos a um protocolo de TC 5 dias por semana, em um total de 4 semanas. O GE realizou 30 minutos de TC e 30 minutos de RV com Kinect 360, já o GC realizou 60 minutos de intervenção convencional.

Os resultados mostram que ambos os grupos melhoraram em comparação ao período antes da intervenção, porém não foi possível observar diferença significativa quando comparado às intervenções entre os grupos. Os autores observaram que o

tempo de tratamento foi curto, além de que os jogos utilizados não foram criados especificamente para o processo de reabilitação em pacientes neurológicos. Logo os resultados indicam que a terapia de jogo com o uso do Kinect contribui para a recuperação motora e funcional do MS, quando associado à TC em pacientes com AVC subagudo. Mesmo apresentando algumas limitações, os resultados deste estudo corroboram com os resultados do estudo de Brunner et al. (2017) e de Askin. (2018).

Em 2018, Kiper e seus colaboradores realizaram um ensaio clínico randomizado, a fim de avaliar a eficácia do tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual combinado com TC. 136 pacientes foram divididos em dois grupos: GE: 68 e GC: 68. Os participantes do GE receberam 1 hora de tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual e 1 hora de TC. Já o GC recebia 2h de TC, ambos os grupos receberam o tratamento durante 5 dias na semana durante 4 semanas acompanhados por fisioterapeutas treinados em ambas as modalidades.

A terapia do GE consistia em exercícios de corpo inteiro mais a hora adicional do uso da RV com o programa Virtual Reality Rehabilitation System (VRRS), o GC também realizava atividades do corpo inteiro mais uma hora adicional de TC. Durante o processo de reabilitação do GE na hora adicional o indivíduo ficava sentado em frente a uma tela na parede segurando um objeto real sensorizado no membro parético, realizando movimentos simples e complexos. Ao final da sessão o terapeuta mostrava ao paciente os resultados dos seus movimentos.

No protocolo de tratamento do GC na hora adicional, eram realizados exercícios específicos para reabilitação do MS parético do indivíduo. Atividades como flexão e extensão do ombro, abdução e adução do ombro, rotação interna e externa do ombro, flexão e extensão do cotovelo, pronação e supinação do antebraço e tarefas de agarrar-soltar. Todas as atividades foram realizadas na posição sentada e de forma coerente com as tarefas do GE.

Ao final do estudo, os autores observaram em seus resultados que o tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual possui efeito positivo, através de um ambiente enriquecido, proporcionando ao processo de reabilitação da extremidade superior após AVC resultados significativos na recuperação das funções do MS parético. Sendo o protocolo do GE comparado com o GC mais expressivo nos seus resultados, beneficiando os pacientes.

Dash; Lahiri. (2019) observando a necessidade do uso de tecnologia sensível à fisiologia para atender à necessidade do paciente, durante o processo de reabilitação com RV, desenvolveram uma plataforma Gripix de quantificação da força de preensão baseada em dados extraídos da EMG e habilitada para RV, com a

pretensão de observar o desempenho dos pacientes baseado em tarefas do dia a dia, os índices fisiológicos e as medidas clínicas.

Os participantes selecionados para o estudo foram divididos em dois grupos, sendo um grupo de indivíduos saudáveis contendo 8 participantes e o outro grupo com indivíduos pós AVC. O estudo foi dividido em 3 fases: Na primeira fase, foi feita uma análise do prontuário para selecionar o paciente e obter dados em relação a sua disfunção do MS. A segunda fase compreendeu a captura da contração muscular máxima do paciente pós AVC no membro não parético e do paciente saudável no membro dominante, decidindo os limites individualizados para as tarefas baseadas em VR. Na fase 3 os participantes eram avaliados para que ocorresse uma comparação pré e pós, após múltiplas exposições.

A participação no estudo determinava que fossem cumpridos 45 minutos de exposição com 25 minutos de tarefas baseadas em realidade virtual. O grupo com indivíduos saudáveis participou apenas da segunda fase, já o grupo de indivíduos pós AVC participou de todas as fases do estudo, sendo submetidos a múltiplas exposições a RV. Os resultados encontrados pelos autores demonstram que o uso da plataforma Gripx contribui no processo de reabilitação aumentando da capacidade de preensão, porém é um estudo com participantes heterogêneos e com poucos participantes.

Finalmente Ain et al. (2021), tendo como objetivo investigar os efeitos adicionais do treinamento do Xbox Kinect em combinação com exercícios de fisioterapia, realizaram um estudo controlado, randomizado de braço paralelo, contendo um total de 56 participantes, sendo 28 do GE e 28 do GC. Os participantes realizaram as intervenções que duraram de 35-40 minutos, 5 dias por semana, durante 6 semanas, sendo avaliados no início do estudo e após a 6 semana de intervenção.

O GE recebeu um protocolo de reabilitação com o uso Xbox Kinect 360, com jogos selecionados para extremidades superiores do pacote de aventura Kinect e do esporte Kinect associados com a TC. O GC recebeu a TC focada no treinamento dos membros superiores, inicialmente realizavam alongamentos, sustentação de peso do MS, finalizando com tarefas relacionadas às atividades da vida diária. Ambos os grupos recebiam o tratamento com duração de 35–40 minutos, 5 dias por semana, em um total de seis semanas.

Os autores encontraram como resultados que indicam que o uso repetitivo do MS hemiparético baseado no Xbox Kinect 360, além da terapia convencional, tem um potencial promissor para melhorar a função motora do MS em pacientes com AVC. No entanto, não conseguiram esclarecer qual seria a dosagem correta do uso do Xbox Kinect 360 no processo de reabilitação e reforçaram a necessidade do

desenvolvimento de jogos adequados para diferentes tipos de pacientes com AVC.

3.9 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A partir da análise realizada anteriormente, embasada pela literatura apresenta alguns benefícios da RV em indivíduos que sofreram AVC e possuem sequelas em MS, e considerando a escassa quantidade de estudos definidos especificamente para atender as necessidades do paciente neurológico com utilização da RV, essa pesquisa propõe o desenvolvimento de um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de RVI e eletromiografia com a finalidade de auxiliar na reabilitação do MS do paciente pós AVC.

Essa interface será direcionada para esse público e levará em consideração aspectos específicos da reabilitação do AVC. A interface proporciona ao terapeuta e ao usuário um feedback visual e auditivo, em tempo real, durante a execução da atividade funcional, proporcionando motivação ao paciente em realizar e aperfeiçoar a atividade proposta. Será possível também o armazenamento de dados para a análise posterior pela autora, visando possíveis adaptações, calibrações e avaliações periódicas da evolução do paciente.

4 METODOLOGIA

A metodologia dessa pesquisa foi dividida em etapas com a proposta de fornecer um melhor entendimento de todos os procedimentos realizados, a sequência será descrita abaixo.

4.1 DESENHO E LOCAL DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico seguido de testes de funcionamento e usabilidade. O teste de usabilidade apresenta um desenho transversal com amostra por conveniência. A pesquisa foi realizada no laboratório de Interface Homem Máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizada na Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP, 50740-550, e na Clínica Escola do Centro Universitário São Miguel, localizada na Avenida Beberibe, Encruzilhada, Recife - PE, CEP, 52081-430

4.2 PROCEDIMENTOS DAS ETAPAS DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada em quatro etapas, onde a primeira foi composta pelo desenvolvimento e montagem do instrumento, composto por um hardware e software, a definição do posicionamento dos eletrodos e o desenvolvimento de um jogo sério. A segunda etapa foi dedicada à seleção dos pacientes, com a aplicação de testes e escalas para determinar se o paciente estaria apto a participar do estudo. A terceira etapa foi direcionada para a coleta de dados e aplicação do teste de usabilidade com os participantes voluntários da pesquisa, a fim de verificar a viabilidade do uso do instrumento. A etapa final foi dedicada à interpretação dos resultados, obtidos através do System Usability Scale (SUS).

Baseado nas tecnologias atuais, o equipamento é de fácil manuseio e baixo custo, sendo escolhido o smartphone com as devidas características: Sistema operacional Android, versão 4.4 ou uma versão mais atualizada, tela entre 4 e 6 polegadas, devido ao jogo utilizar a RVI. O aparelho precisa possuir sensores como por exemplo o giroscópio, pois é necessário o reconhecimento para onde o usuário está olhando. A escolha dos óculos de RV, modelo Vr Box 2.0, precisa interagir com o smartphone e ser de baixo custo e fácil manuseio, proporcionando conforto e sensação de imersão.

O jogo foi criado por um sistema de desenvolvimento de games chamado unity,

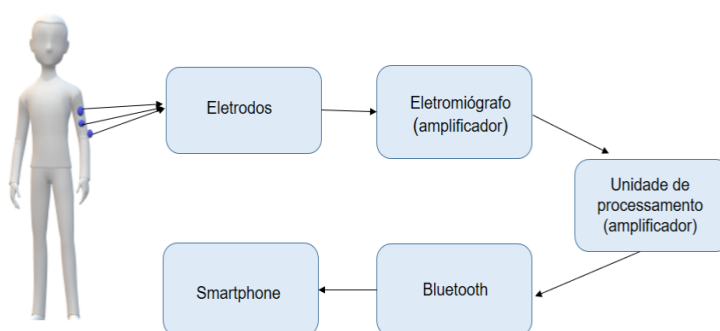
com a presença de um cenário agradável, fácil utilização, e objetivos que estimulem as atividades terapêuticas. O jogo baseia-se na contração muscular do membro mais acometido de forma que os eletrodos posicionados no membro, irão captar a contração muscular e enviar essa informação para o smartphone. O envio dos dados é feito através do bluetooth, presente na maioria dos smartphones atuais.

4.2.1 Primeira etapa: Desenvolvimento do instrumento

O equipamento foi desenvolvido a partir do equipamento de SOUZA (2015), que inicialmente, esse equipamento base foi utilizado em conjunto com um aplicativo que apresenta tanto sinais de EMG, quanto de eletrocardiograma (ECG), na tela de um smartphone. O equipamento foi modificado para as necessidades da presente pesquisa e adequado às necessidades específicas para a captação do sinal de EMG em indivíduos de AVC (ESTEVES, 2020).

O hardware do equipamento foi composto por um eletromiógrafo de um canal, contendo filtros e amplificadores, microcontrolador e módulo Bluetooth e bateria. As etapas a seguir simplificam o seu funcionamento: os eletrodos posicionados nos músculos enviam os sinais para o eletromiógrafo, os sinais são filtrados e amplificados, após isso, são processados pelo microcontrolador que os transforma em dados digitais que por fim são enviados para um smartphone via Bluetooth, como pode-se observar no diagrama na figura 3.

Figura 3- Unidade de processamento (filtragem e conversões de sinais A/D, comunicação)

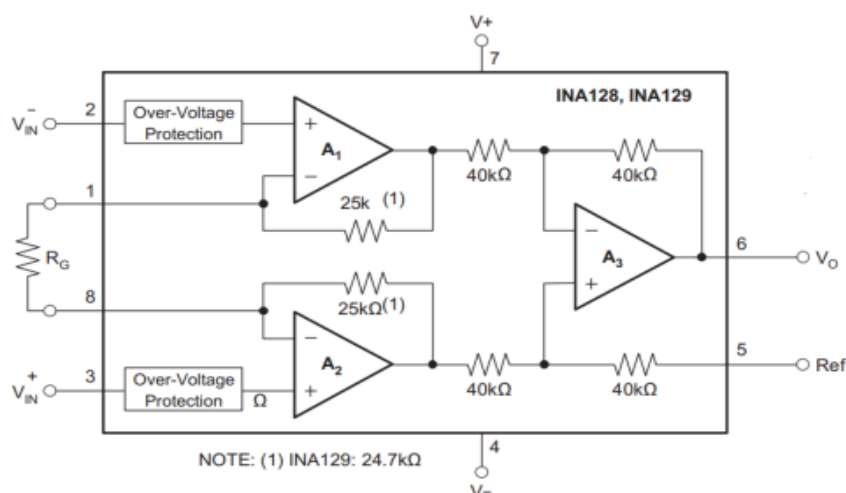


Fonte: A Autora, 2022.

O amplificador operacional de instrumentação INA129 foi utilizado nesse projeto, que possui uma arquitetura de três amplificadores operacionais, com valores

de resistores internos de precisão, como pode-se observar na figura 4, A fórmula utilizada para o ganho de circuito é indicada na equação 1

Figura 4- Topologia do amplificador INA19



Fonte: Adaptado de Texas Instruments, 2015.

$$G = 1 + \frac{49,4k\Omega}{R_g}$$

Equação 1- Ganho de circuito

Suas principais características são a razão de rejeição de modo comum de 120dB, tensões máximas das entradas de $\pm 40V$ e intervalo de alimentação entre $\pm 2,25V$ até $\pm 18V$. Sendo esta última característica de fundamental importância para o uso em equipamentos embarcados, que utilizam baterias como fonte de alimentação.

O microcontrolador utilizado foi o ATMega328, popular no mercado devido ao seu uso nas placas de prototipagem Arduino UNO, no qual apresenta um conversor A/D de 10 bits, e uma tensão de operação de 2,7V até 5,5V.

Durante a detecção dos sinais de EMG foram observados alguns fatores complicadores, como: o componente de corrente contínua, que vai se deslocando, chegando a saturar o sinal, sendo um problema para o presente trabalho, pois uma forma de medir uma contração é analisando o comprimento de uma onda. Diante disso, foi utilizada a Transformada de Fourier do sinal de EMG, para quando um valor passe de um determinado limiar, seja considerado como uma contração.

Uma opção para minimizar esse problema é a utilização de filtros para o sinal, podendo ser feito utilizando componentes passivos, como resistores e capacitores, ou componentes ativos, incluindo amplificadores operacionais. Essa forma de filtragem é conhecida como analógica.

Uma outra possibilidade é decompor o sinal de EMG em frequências e analisar

apenas as que apresentam maior variação em relação à contração, podendo assim ignorar a variação no componente de corrente contínua, desde que essa não sature o sinal. Esse processo foi escolhido para esse protótipo, realizando a decomposição do sinal. A transformada rápida de Fourier (FFT) possibilita que um sinal no domínio de tempo seja analisado, através do seu espectro de frequência, tornando mais simples a filtragem de ruídos e a escolha de uma faixa de frequência. A FFT foi implementada no firmware do microcontrolador, utilizando bibliotecas desenvolvidas para essa aplicação. Dessa forma, o sinal de EMG precisou passar por processos de amostragem e quantização antes da transformada rápida de Fourier ser aplicada.

Para enviar as informações do microcontrolador para o smartphone foram utilizados módulos do tipo HC-05, como pode-se observar na figura 5. Esses módulos utilizam a comunicação Bluetooth na versão 2.0. Sendo essa a versão escolhida por apresentar maior simplicidade de integração e compatibilidade com o Unity, permitindo o envio de informações para o smartphone de forma segura, a alimentação do módulo é feita com uma tensão de 5V, porém seus pinos de comunicação trabalham com tensão de 3,3V. Para o uso desses módulos com o smartphone, é necessário ocorrer uma comunicação entre eles, sendo necessário efetuar um pareamento, encontrando o dispositivo em uma lista no smartphone e digitar uma senha correspondente.

Figura 5- Módulo Bluetooth HC-05



Fonte: Adaptado de ESTEVES, 2020.

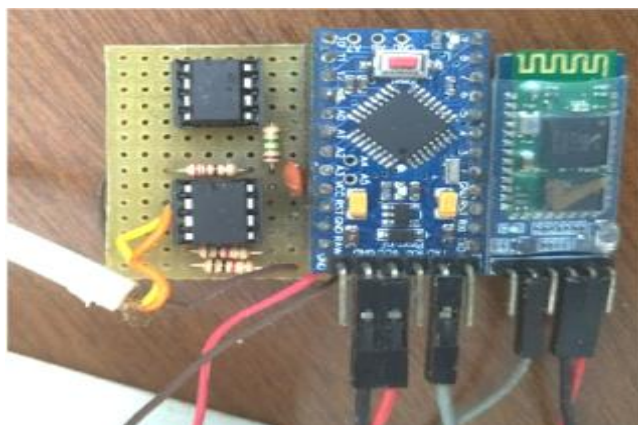
Um recurso útil para a prototipação de circuitos eletrônicos é a placa de ilha. Ela possibilita que componentes sejam interligados com maior facilidade e segurança do que a utilização de protoboards. Numa placa ilha componentes são posicionados, soldados e posteriormente interligados com a utilização de fios, ou mesmo as próprias ilhas da placa que não estiverem ligando componentes.

O sistema é alimentado a partir de uma única bateria de 9V, que alimenta um regulador de tensão de 5V e por sua vez alimenta o microcontrolador e o INA129. Para

ajustar o ganho do INA129, foi utilizado um resistor de 220 Ohms, resultando em um valor de ganho de aproximadamente 226, de acordo com a Equação 3, assim, cada valor de tensão proveniente de uma contração tinha seu valor multiplicado por 226. Este valor foi escolhido pois ele permitia que uma contração, mesmo que tênue, pudesse ser detectada pelo microcontrolador, ao mesmo tempo não permitia que o sinal atingisse a saturação, o que atrapalha a detecção de contrações mais fortes.

A versão utilizada para testes em pacientes consiste em soquetes para dois amplificadores operacionais de 8 pinos, soquetes para encaixe de uma placa Arduino Pro Mini, componentes passivos como resistores e capacitores, fios para eletrodos de EMG e conector para a bateria 9V, conforme Figura 6. A utilização do Arduino Pro Mini permitiu que o módulo Bluetooth fosse ligado diretamente a ele, sem precisar de conectores extras na placa ilha.

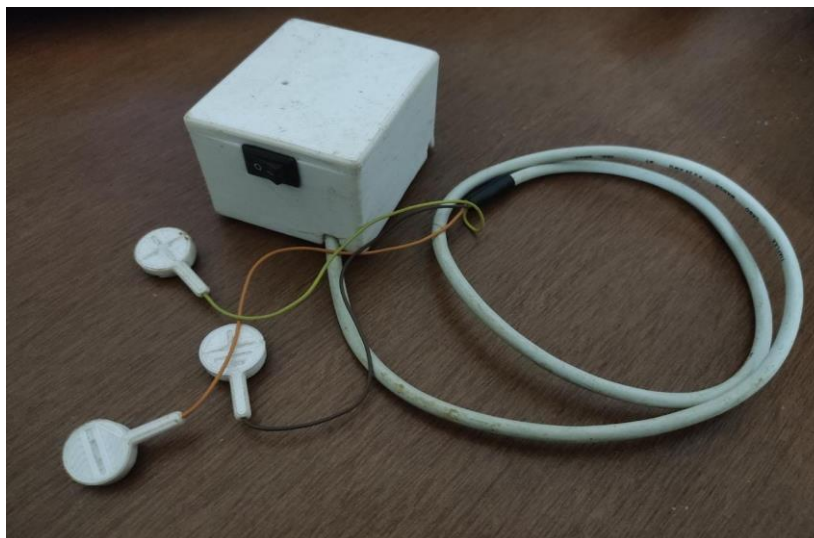
Figura 6 – Protótipo utilizado nos testes com pacientes (1: amplificador, 2: microprocessador, 3: sistema de transmissão).



Fonte: Adaptado de ESTEVES, 2020.

Foi utilizada uma impressora 3D, a DaVinci 3D, para a construção de caixas de proteção do hardware desenvolvido. Essa impressora é capaz de trabalhar com materiais plásticos e permite que os arquivos de impressão sejam enviados pela rede WiFi a partir do software XYZware Pro. Na placa, ainda existe uma saída para o canal de EMG e uma para o eletrodo de referência e uma entrada específica para a bateria, como pode-se observar na Figura 7.

Figura 7 – Hardware finalizado dentro da caixa de proteção e conectores para os eletrodos



Fonte: A Autora, 2022.

As principais características do hardware são:

- Sistema de detecção automática da frequência, que possui maior variação entre relaxamento e contração.

- O software armazenado no hardware é responsável por adquirir o sinal de EMG, processar pela FFT e enviar os dados para o celular para que ocorra a interação com o jogo, que estimula a execução de exercícios no MS do paciente pós-AVC.

Métrica baseada na quantidade de contrações, através do uso da FFT.

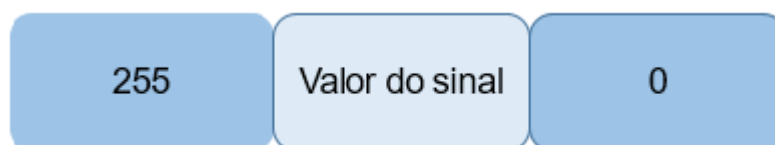
- Armazenamento dos valores das contrações para posterior análise.

O passo a passo do hardware desenvolvido é descrito da seguinte forma: O sinal da contração muscular é captado por eletrodos, chegando até o amplificador de instrumentação, onde sua amplitude é multiplicada pelo ganho de 226, além de ocorrer a eliminação de alguns tipos de ruídos, através de filtros analógicos. O sinal então chega ao microcontrolador, que será o responsável por transformar o sinal no domínio do tempo no domínio de frequência, analisar o espectro do sinal, efetuar a calibração, e posteriormente, detectar quando ocorre uma contração e enviar os sinais para o celular. As informações de contrações detectadas pelo microcontrolador são

condicionadas em um único byte. Esse byte, por sua vez, é inserido em um pacote de dados que são enviados através de um módulo Bluetooth, externo a placa, para o dispositivo onde está ocorrendo a interação.

O envio de dados é realizado por um módulo Bluetooth, que segue o seguinte protocolo: primeiro é enviado um byte com o valor máximo da conversão igual a 255. Logo após é enviado o valor da magnitude máxima da frequência, no instante da aquisição, e por fim, um byte com o valor mínimo igual a 0. Conforme pode-se observar na Figura 8. Esse empacotamento do dado é fundamental para que ele seja aceito pelo jogo desenvolvido no celular, com a finalidade também de evitar erros com o recebimento de informações. Dessa forma foi escolhido que os valores mínimos de amplitude fossem convertidos para valores próximos de 0 e os valores máximos fossem convertidos para valores próximos de 255.

Figura 8 – Pacote de dados enviados via Bluetooth.



Fonte: Adaptado de ESTEVES, 2022.

Para os parâmetros utilizados para FFT, foi escolhido utilizar amostras de tamanho igual a 128 e com frequência de amostragem de 400 por segundo. Esses parâmetros permitem reconstruir sinais de até 200 Hz de acordo com o teorema de Nyquist. Com isso, a resolução da FFT resultante ficou com frequências espaçadas por 3,125 Hz. Assim, o sistema de hardware leva um tempo para armazenar as 128, somado ao tempo de processamento do algoritmo da FFT (implementada em um microcontrolador de 8 bits, com clock de 16Mhz). O intervalo de tempo entre envio de informações do microcontrolador para o smartphone através do módulo Bluetooth é em média de 370 milissegundos. Este intervalo de tempo não causou atrasos perceptíveis entre a contração muscular e a execução dos comandos no jogo do celular.

O código desenvolvido para o microcontrolador ATmega328 (firmware) pode ser dividido em duas etapas:

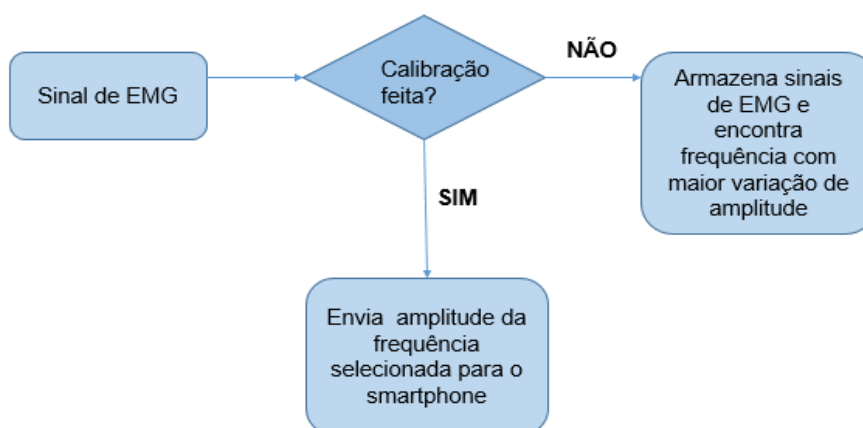
- 1ª etapa: Calibração automática- é aplicada a transformada rápida de Fourier em sinais de EMG, recebidos num intervalo de tempo equivalente a 128 amostras (processamento, durando uma média de 370 milissegundos). Esses sinais são

armazenados e comparados, frequência a frequência, com os valores das amplitudes resultantes do próximo sinal da FFT, com a finalidade de escolher a frequência que teve a maior e a menor variação de amplitude, isto é, ao final, a frequência resultante de maior amplitude e menor amplitude é armazenada. No momento da calibração, solicita-se ao paciente que fique relaxado ao máximo que puder e posteriormente, contraia a musculatura, também ao máximo que puder.

- 2º etapa: Aquisição em tempo real- é composta pela aquisição do sinal de EMG e o cálculo da frequência a ser enviada pelo microcontrolador. Desta forma, o microcontrolador irá enviar todos os valores de amplitude de frequência ou energia do sinal da FFT, para o smartphone, através do módulo Bluetooth.

As etapas estão descritas na figura 9, a calibração possui grande importância, pois os limites da frequência podem variar de pessoa para pessoa. A etapa da calibração automática consiste desta forma, em determinar os limites do sinal durante um período de tempo. O músculo deverá permanecer cerca de 2 segundos em relaxamento e 2 segundos contraído, o processo se repete até que uma luz indicativa seja acesa, indicando o fim dessa etapa. Durante esse período o microcontrolador irá armazenar a maior e a menor amplitude para cada frequência, sendo escolhida a frequência de maior variação de amplitude, por ser a que irá gerar uma melhor detecção das contrações. Essa etapa depende exclusivamente do hardware desenvolvido, não sendo necessária a conexão dele com o smartphone.

Figura 9– Inicialização e calibração do equipamento

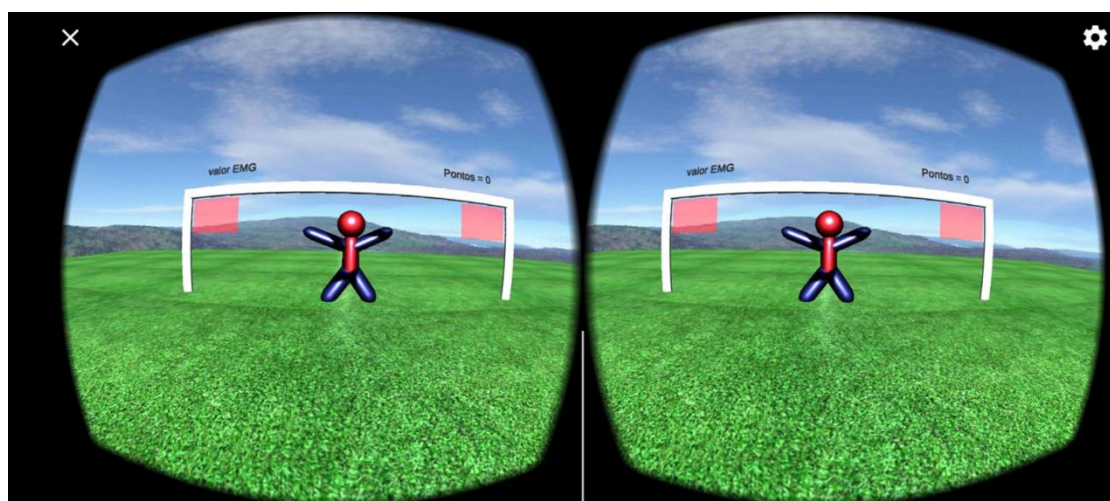


Fonte: Adaptado de ESTEVES, 2020.

Para o desenvolvimento do jogo no celular, primeiro foi utilizado o MIT App Inventor, focado em criar aplicativos para celulares, e o Unity, um sistema de desenvolvimento de jogos para diversas plataformas. O MIT App Inventor é um site que permite criar aplicativos para smartphones que utilizam o sistema operacional Android. Para a construção do aplicativo, primeiro são incluídos os diversos componentes que ele vai possuir, como comunicações, imagens, botões, etc. Depois vem a programação do aplicativo, onde será descrito o que cada componente irá fazer e como irão interagir entre si.

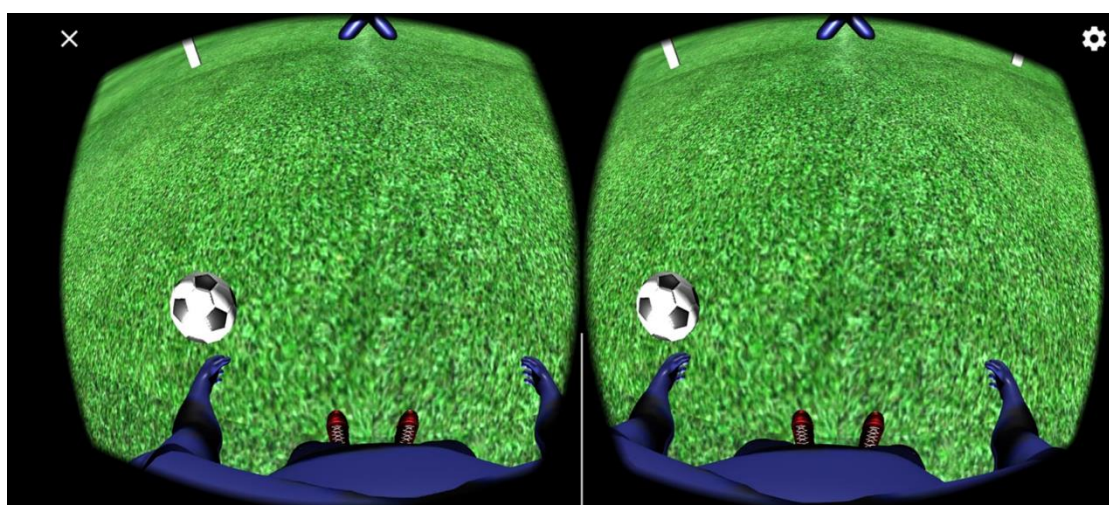
A programação é realizada através de blocos que se encaixam, simplificando sua construção. O cenário do jogo é composto por uma trave de gol, onde o paciente terá o objetivo de arremessar a bola com o MS em direção ao gol, uma adaptação da tese de ESTEVES, 2020, onde o cenário do jogo era para membros inferiores. Nas figuras 10 e 11, pode-se observar o cenário do jogo.

Figura 10 – Tela do jogo indicando valor do EMG e número de pontos feitos acima da barra



Fonte: A Autora, 2022.

Figura 11 – Membros superiores presente no cenário imersivo



Fonte: A Autora, 2022.

A movimentação da bola e a sua força é realizada através do sinal obtido pela etapa do hardware. Quando ocorrer a contração, a bola é liberada com a força determinada pelo sinal da EMG.

4.2.2. Segunda etapa: seleção da amostra para o estudo

A segunda etapa foi direcionada para a seleção dos pacientes incluídos no estudo, sendo aplicados alguns testes e escala para a seleção. Foi aplicada uma ficha de anamnese (APÊNDICE A) para obter as informações referentes ao paciente com diagnóstico clínico de AVC comprovado através de exames clínicos e de imagem. A

cognição foi avaliada através do exame Mini Exame do Estado Mental (MEEM), com ponto de corte de 18 para iletrados e de 24/25 para letrados (ANEXO A). Para a avaliação da espasticidade foi aplicada a escala de Ashworth (ANEXO B) modificada com ponto de corte acima de 3. Para a avaliação da funcionalidade do membro superior utilizou-se o Índice de Barthel (ANEXO C), relacionado com a independência funcional do indivíduo, no qual estavam incluídas questões sobre alimentação, higiene pessoal, vestuário, entre outras com escore máximo é de 100 pontos, sendo este valor sugestivo de independência.

Os participantes do estudo possuíam idades entre 55 e 74 anos, com o diagnóstico de AVC, sendo 4 do sexo feminino e um do sexo masculino como pode-se observar na tabela 2, que apresenta as características gerais da amostra, bem como a média e o desvio padrão referentes à idade cronológica dos voluntários da pesquisa. O total da amostra para a validação e usabilidade do sistema foi de 5 indivíduos, procurou-se utilizar pacientes bem diferentes entre si para realizar o teste do equipamento. Foram excluídos indivíduos com hipertensão arterial sistêmica (HAS) descontrolada, e que possuam outras doenças que cursem com sequelas neuromotoras associadas ao AVC, distúrbios vestibulo-cerebelares e amputados.

Tabela 2- Características Gerais dos participantes

Participantes	Idade	Sexo
1	69	F
2	74	F
3	70	F
4	67	F
5	55	M
Média: 67		
Desvio Padrão: $\pm 6,41$		

Legenda: F: feminino, M: masculino

Fonte: A Autora, 2022.

4.2.3 Terceira etapa: procedimento de coleta

Esta etapa da pesquisa teve parecer favorável do comitê de ética em pesquisa

com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CCS/UFPE), obtendo o nº: 46797421.0.0000.5208 (ANEXO E). Aos indivíduos interessados em participar, foi solicitada a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) atendendo as normas do conselho de Ética e Pesquisa em Seres Humanos e as normas do Ministério da Saúde conforme a resolução 466 de 12 de dezembro de 2012 (APÊNDICE B).

Os pacientes foram orientados sobre os procedimentos e ferramentas utilizadas, bem como a função de cada uma delas. Os participantes elegíveis realizaram um único teste com o instrumento desenvolvido, que durou de 20 a 30 minutos entre a calibração e execução da tarefa. Durante todo o teste, os participantes foram monitorados pela eletromiografia de superfície. Os dados obtidos e os questionários foram analisados para verificar a usabilidade da plataforma de RVI. Todos os participantes realizaram um procedimento semelhante aos citados abaixo:

- 1) Esclarecimento de dúvidas a respeito da plataforma desenvolvida;
- 2) Preencher o Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE);
- 3) Após as explicações sobre o sistema, confirmar se o paciente compreendeu como será a interação com o ambiente de RVI;
- 4) Paciente orientado a sentar na cadeira, após a limpeza do óculos de RV com álcool 70% e em seguida, colocar o óculos no paciente, como pode-se observar na imagem 12.
- 5) Limpeza da pele com álcool 70%, na região do bíceps, onde será colocado o eletrodo de EMG;
- 6) Colocação dos eletrodos de Ag/AgCl no paciente, posicionados como pode-se observar na imagem 12.
- 7) Calibração do equipamento podendo exigir algumas tentativas para achar a melhor frequência a ser utilizada pela FFT, mas quando feita corretamente, o do arremesso da bola responde conforme o projetado;
- 8) Retirada dos eletrodos do MS;
- 9) Preencher os questionários pós-experimentais;

Figura 12 – Paciente durante a coleta com a utilização do equipamento desenvolvido



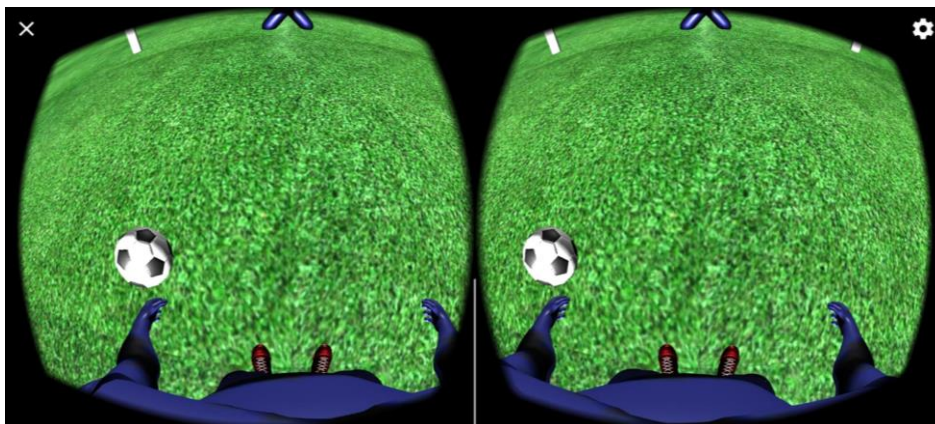
Fonte: A Autora,

2022.

Para haver um arremesso no ambiente virtual é necessário que o jogador utilize o equipamento desenvolvido neste trabalho, que é capaz de captar os sinais das contrações musculares, condicionar os sinais e os enviar via Bluetooth. O MS virtual que irá executar o arremesso é previamente escolhido de acordo com o MS real onde serão colocados os eletrodos.

Ao receber os dados, o jogo extrai o valor referente à contração, e o indica para o jogador na forma de um texto, localizado no canto superior esquerdo da barra. Quando o valor recebido pelo jogo ultrapassa o valor numérico de 100, ocorre um arremesso. Nesse momento, o MS virtual, visto na Figura 13, efetua um movimento de flexão de cotovelo em contato com a bola. No momento do contato o jogo identifica uma colisão e gera um impulso na bola, que é proporcional à intensidade do valor recebido da comunicação pelo hardware e da direção para onde o jogador estiver olhando, ou seja, quanto maior for o valor recebido, mais forte a bola irá para frente e a posição da cabeça do jogador irá atuar de forma a enviar a bola para os lados, livrando da barreira, que é o goleiro por exemplo.

Figura 13 – Membro virtual



Fonte: A Autora, 2022.

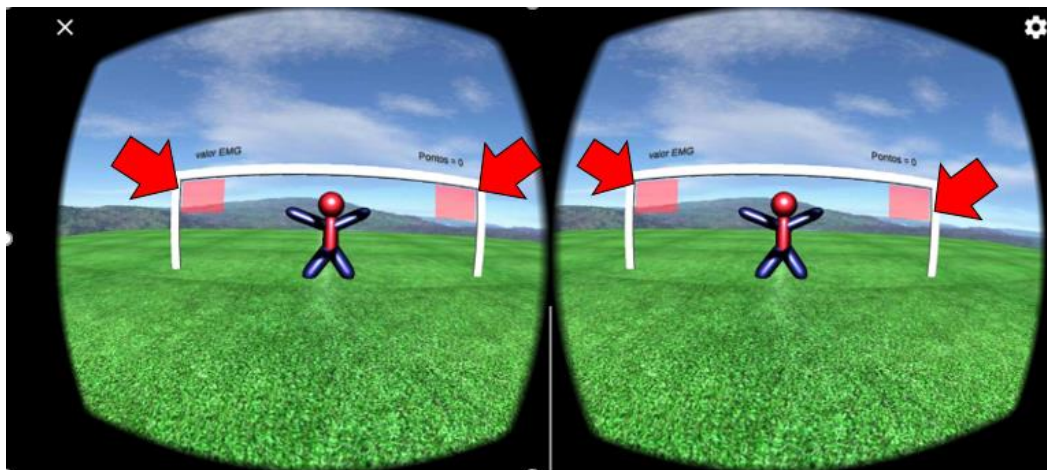
Caso o valor recebido via Bluetooth seja pouco maior que 100, a bola receberá um impulso fraco, dessa forma, ela irá se deslocar para frente, mas não conseguirá fazer o gol. Caso o valor recebido seja suficiente para que a bola chegue ao gol, ainda é necessário que ela não acerte o goleiro, localizado no meio da barra, pois ele é um objeto que possui um corpo rígido e irá interagir com a bola, impedindo sua passagem.

Caso a bola receba um impulso forte o suficiente, esta vai na direção correta e não colida com o goleiro, então ocorrerá um gol. No momento do gol, ocorre um estímulo auditivo, uma mensagem sonora irá informar que houve o gol e consequentemente a pontuação, motivando o jogador.

Após um arremesso, a bola irá se deslocar durante cinco segundos, e voltará para a posição inicial na frente do jogador, independentemente de ter ocorrido um gol ou não. Durante esse tempo, os valores referentes à contração muscular continuarão sendo atualizados na parte superior esquerda da barra, mas mesmo que algum valor acima de 100, a MS virtual não irá efetuar um novo arremesso até que a bola tenha retornado.

No momento do gol, um marcador de pontuação localizado do lado superior direito da barra, irá incrementar um ponto a cada arremesso assertivo. Caso a bola efetue o gol, passando pelos ângulos retos superiores, indicados por retângulos avermelhados, conforme a Figura 14, então a pontuação será acrescida de dois pontos. Dessa forma, o jogador deve ter como objetivo fazer a maior pontuação dentro do tempo estipulado, e para isso, ele deve buscar olhar na direção certa para ganhar mais pontos a cada gol.

Figura 14 – Retângulo avermelhado indicando onde ocorre a maior pontuação



Fonte: A Autora, 2022.

Todos os valores recebidos via Bluetooth pelo jogo são armazenados em um documento de texto em uma pasta no smartphone, referente ao aplicativo. Cada novo valor é posicionado abaixo do anterior, formando uma matriz coluna, que posteriormente pode ser analisada. Ao fim de uma partida, o arquivo de texto deve ser nomeado de acordo com o nome do jogador e assim quando uma nova partida é iniciada um novo arquivo de texto é criado. Esses dados também são importantes para saber quantas contrações foram realizadas ao longo da utilização do jogo, já que a quantidade de pontos não reflete diretamente a quantidade de contrações executadas.

4.2.4 Etapa final: Análise dos dados obtidos através do System Usability Scale

Após o uso do instrumento proposto, os participantes selecionados para a pesquisa responderam um questionário (ANEXO D), baseado no questionário do System Usability Scale (SUS). O questionário contou com 10 perguntas classificadas em uma escala de 1 a 5, para identificar o grau de satisfação do participante quanto ao instrumento utilizado sendo que a análise do questionário seguiu os requisitos SUS, que consiste em uma métrica utilizada para mensurar a usabilidade de diversos produtos e serviços.

A análise do SUS, respondida pelos usuários, é realizada com base em um cálculo que indica o quanto esse usuário está satisfeito com a usabilidade do instrumento através de uma escala numérica, pontuada de 1 a 5. O questionário contará com dez questões graduadas em escala com valores de um a cinco,

classificadas respectivamente como: “discordo fortemente”, “discordo”, “não concordo nem discordo”, “concordo” e “concordo fortemente”. O tempo total estimado para responder o questionário é de cinco a dez minutos. Após o preenchimento, é calculada a pontuação total, que irá gerar um número único.

Para calcular o escore, primeiro é somado o escore de cada item que contribui em uma escala de 1 a 5. Para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, o escore individual é a nota recebida menos 1. Para os itens 2, 4, 6, 8 e 10, a contribuição é 5 menos a nota recebida; em seguida multiplica-se a soma de todos os escores por 2,5 e assim é obtido o valor total. Após a pontuação com o cálculo do escore, é possível fazer a classificação do sistema avaliado: 20,5 (pior imaginável); 21 a 38,5 (pobre); 39 a 52,5 (mediano); 53 a 73,5 (bom); 74 a 85,5 (excelente); e maior que 86 (melhor imaginável) (BROOKE, 2013).

O SUS é uma ferramenta tecnológica, agnóstico, quando comparado a outros instrumentos de avaliação, podendo ser utilizado para avaliar diversos produtos e serviços, como websites, hardware, sistemas multimodais, sistemas de comando de voz, aplicações móveis e sistemas clínicos (PADRINI-ANDRADE et al, 2019). Essa ferramenta foi selecionada como instrumento de avaliação para esse estudo por se tratar de um questionário validado para avaliar o grau de satisfação de usuários quanto à usabilidade de diversos sistemas, respondendo assim a um dos objetivos propostos neste estudo.

5 RESULTADOS

Nesta sessão, serão apresentados os resultados obtidos na presente pesquisa.

5.1 RESULTADOS DA ETAPA DE SELEÇÃO DA AMOSTRA

Para a seleção dos pacientes que participaram do estudo foi aplicado o MEEM para avaliar a cognição do paciente, pois o mesmo precisaria entender as etapas do jogo para poder interagir. Na tabela 3, pode-se observar a pontuação de cada participante. Os participantes apresentaram de uma forma geral o cognitivo preservado.

Tabela 3- Valores da avaliação da Cognição

Participantes	Grau de escolaridade	MEEM
1	2° Grau completo	28
2	1° Grau incompleto	19
3	1° Grau incompleto	21
4	2° Grau completo	28
5	2° Grau completo	27
Média: 24,6		
Desvio Padrão: $\pm 4,27$		

Legenda: MEEM: Mini Exame do Estado Mental

Fonte: A Autora, 2022.

Para analisar a funcionalidade do MS na realização das atividades de vida diária, foi aplicado nos participantes o índice de Barthel, composto por questões relacionadas à alimentação, higiene pessoal, vestuário, entre outras, cujo escore máximo é de 100 pontos, sendo este valor sugestivo de independência, a tabela 4 apresenta os valores relacionados ao índice de Barthel. Os participantes apresentaram no geral boa funcionalidade, exceto o segundo participante que apresentou uma dependência moderada.

Tabela 4- Valores da avaliação da funcionalidade do MS nas Atividades de Vida Diária

Participantes	Índice de Barthel
1	95
2	60
3	90
4	100
5	95
Média: 88	
Desvio Padrão: 16,04	

Legenda: MS: Membro superior

Fonte: A Autora, 2022.

Para avaliar a espasticidade no bíceps braquial, responsável pela flexão do antebraço, foi utilizado a escala de Ashworth, cujas pontuações variam de 0 a 4, sendo 4 sugestivo de aumento de tônus considerável, levando a limitação dos movimentos do segmento afetado. A Tabela 5 representa os valores dos participantes do estudo. No geral os participantes apresentaram uma alteração de tônus leve.

Tabela 5- Valores da escala de Ashworth

Participantes	Sexo
1	1
2	1
3	1
4	1
5	2
Média: 1,2	
Desvio Padrão: $\pm 0,44$	

Fonte: A Autora, 2022.

5.2 RESULTADOS DOS TESTES DO INSTRUMENTO COM OS PARTICIPANTES

O teste constituiu-se da mesma atividade realizada com os participantes que consta em realizar um arremesso com o MS em direção ao gol para avaliar o comportamento da EMG, bem como a comunicação entre o hardware e o software. O paciente realiza a flexão de cotovelo e a direção da bola é dada através do movimento da cabeça do paciente. Os dados obtidos foram armazenados para possíveis análises posteriores.

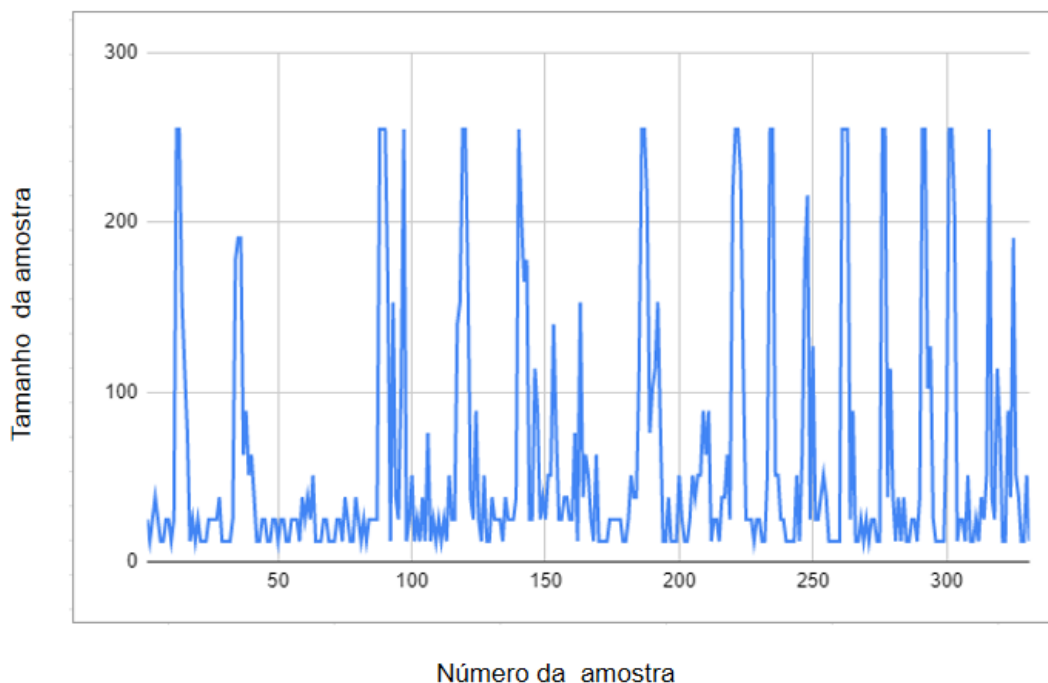
O software foi desenvolvido para adquirir e plotar, em tempo real, os sinais recebidos do hardware, através de comunicação bluetooth. Além disso, o programa possibilita o armazenamento de dados, como registros dos sinais biomédicos de EMG, análises de média e desvio padrão e o processamento dos sinais para avaliação pós-execução das atividades.

Todos os pacientes tiveram também suas contrações devidamente adquiridas pelo equipamento e, conseguiram controlar adequadamente os arremessos no ambiente virtual, que depende da intensidade da contração e direção da cabeça. A Figura 15 mostra um gráfico resultante do teste do paciente 01, contendo 331 amostras consecutivas armazenadas no documento de texto que o jogo gera. Após a etapa da calibração, é escolhida uma frequência, que será monitorada, esse gráfico é composto pelas amplitudes da frequência escolhida, e mostradas de forma sequencial, conforme o jogo as recebia.

O jogo só utiliza o primeiro valor acima de 100 para executar o arremesso, dessa forma o jogador só pode efetuar um novo arremesso cinco segundos após o anterior mesmo que haja contrações com intensidade suficiente para isso. Essa limitação foi imposta para que a MS virtual não fique executando vários arremessos, enquanto a bola não tenha voltado ao seu local de origem.

Figura 15 – Trecho do gráfico contendo 331 amostras recebidas pelo jogo do paciente 1.

Fonte: A Autora, 2022.



5.3 ANÁLISES DOS QUESTIONÁRIOS

Participaram do teste do equipamento cinco pacientes com diagnóstico de AVC, sendo um do sexo masculino e quatro do sexo feminino, com idade entre 55 e 74 anos. Cada participante teve um tempo individual para compreender e completar a atividade proposta pelo jogo. Após a colocação dos óculos de RV e do posicionamento dos eletrodos de EMG no paciente, o mesmo deve realizar a atividade proposta e arremessar a bola em direção ao gol, a direção da bola é dada pelo posicionamento da cabeça, podendo assim livrar a bola do goleiro.

Após utilizarem o jogo, os participantes responderam ao questionário SUS, com o objetivo de avaliar o sistema de reabilitação nas características a seguir: facilidade de uso, necessidade de auxílio profissional ao usá-lo, e as inconsistências ocorridas no funcionamento do jogo durante o uso (BROOKE, 2013). A Tabela 6 apresenta os valores obtidos pelo SUS.

Tabela 6- Valores do método de avaliação do questionário SUS

Participantes	Sexo
1	87,5
2	100
3	65
4	92,5
5	92,5
Média: 87,5	
Desvio Padrão: $\pm 13,34$	

Legenda: SUS: System Usability Scale

Fonte: A Autora, 2022.

A utilização da avaliação com o questionário do SUS nesse estudo, buscou verificar a facilidade do uso, a sensação de segurança ao utilizá-lo e as inconsistências ocorridas no funcionamento no ambiente virtual, durante a utilização do jogo. O valor individual do questionário SUS proporcionado pelos participantes voluntários foi classificado com escores entre 65 e 100, e o valor da média foi de 87,5, indicando que o ambiente de realidade virtual imersiva foi classificado como “útil”, segundo a escala de avaliação SUS.

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostram que o uso do sistema desenvolvido foi efetivo em gerar e armazenar dados, possibilitando avaliações posteriores, sendo a interface considerada como interessante e de boa usabilidade de acordo com os participantes do estudo, observado através das respostas obtidas pelo questionário SUS.

Brunner et al. (2017) realizaram um estudo randomizado, comparando a eficácia de um protocolo de treinamento com o uso da RV na reabilitação da extremidade superior com a TC em pacientes na fase aguda, após o AVC. Os autores sugeriram que o uso da RV na reabilitação do MS na fase subaguda após um AVC, se associado à reabilitação convencional, pode ser uma alternativa de treinamento motivadora, sendo um complemento à reabilitação padrão, reforçando a hipótese desse trabalho.

Ainda comparando a utilização da RV, Askin et al, 2018 realizaram um estudo com o objetivo de averiguar os efeitos do uso do Kinect associado à TC. O estudo realizado foi cego, controlado e randomizado, divididos em GC e GE. Com o resultado do estudo, os autores observaram que o uso auxiliar de treinamento de RV baseado em Kinect pode contribuir para a melhora da função motora da extremidade superior e da amplitude de movimento ativo em pacientes com AVC crônico, através de treinamento com uma maior quantidade de repetições dos movimentos de forma lúdica, intensa e repetitiva. Embora o estudo seja de RV não imersiva, este estudo corrobora os resultados obtidos nesse trabalho.

Afsar et al. (2018) utilizaram o recurso Kinect 360, associado a reabilitação convencional para avaliar o efeito nas funções motoras do MS de pacientes com AVC subagudo. Os participantes foram divididos em GC e GE, os participantes foram submetidos a um protocolo de TC 5 dias por semana, em um total de 4 semanas. O GE realizou 30 minutos de TC e 30 minutos de RV com Kinect 360, já o GC realizou 60 minutos de intervenção convencional. Como resultado, os autores encontraram que ambos os grupos melhoraram em comparação ao período antes da intervenção, porém não foi possível observar diferença significativa, quando a comparação das intervenções foi realizada entre os grupos. Sugerindo que os testes após esse trabalho, um estudo de RV imersiva e a Fisioterapia convencional possam vir a ser realizados com a utilização de um jogo criado especificamente para reabilitação de pacientes com AVC.

Kiper e seus colaboradores em 2018 realizaram um ensaio clínico randomizado, com objetivo de verificar a eficácia do tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual combinado com TC. Os pacientes foram divididos em dois grupos. O GE recebeu uma hora de tratamento com feedback reforçado em ambiente virtual e uma hora de TC e o GC recebeu 2h de TC, ambos os grupos receberam o tratamento durante 5 dias na semana durante 4 semanas acompanhados por fisioterapeutas treinados em ambas as modalidades. Ao final do estudo, os autores tiveram como resultado que o feedback reforçado em ambiente virtual possui efeito positivo, através de um ambiente enriquecido, proporcionando ao processo de reabilitação da extremidade superior após AVC resultados válidos na recuperação da função do MS. Assim, pode-se verificar a necessidade do feedback visual, que auxiliado pelo EMG em um ambiente virtual pode ser um caminho na reabilitação do paciente.

Dash; Lahiri. em 2019 observaram a necessidade do uso de tecnologia sensível à fisiologia para atender à necessidade específica do paciente, durante o processo de reabilitação com a utilização da RV. Os autores desenvolveram uma plataforma Gripx de quantificação da força de preensão baseada em dados extraídos da EMG e habilitada para RV, com o objetivo de observar o desempenho dos pacientes baseado em tarefas do dia a dia, os índices fisiológicos e as medidas clínicas. Os resultados encontrados pelos autores demonstram que o uso da plataforma Gripx contribui no processo de reabilitação, aumentando a capacidade de preensão, porém é um estudo com participantes heterogêneos e com um tamanho pequeno de amostra. A grande dificuldade de realizar a aquisição com equipamentos de EMG é o problema na realização de testes contínuos com a eletromiografia. Este trabalho traz um amplificador de EMG e um sistema de transmissão de sinal sem fio, miniaturizados, facilitando a utilização pelos pacientes.

A pesquisa de Ain et al. (2021), trata-se de um estudo controlado e randomizado, de braço paralelo, divididos em GC E GE. Os participantes realizaram as intervenções que duraram de 35-40 minutos, 5 dias por semana, durante 6 semanas, sendo avaliados no início do estudo e após a 6 semana de intervenção. O GE recebeu um protocolo de reabilitação com o uso Xbox Kinect 360, com jogos selecionados para extremidades superiores do pacote de aventura Kinect e do esporte Kinect associados com a TC. O GC recebeu a TC focada no treinamento dos membros superiores. Como resultados, os autores encontraram que o uso repetitivo do MS hemiparético baseado no Xbox Kinect 360, além da terapia convencional, tem um potencial promissor para melhorar a função motora do MS em pacientes com AVC.

Neste contexto a ferramenta desenvolvida nesse trabalho pode auxiliar na aquisição do sinal de EMG em paralelo com os exercícios. Embora a pesquisa dos autores seja com a RV não imersiva, a aplicabilidade desse sistema é de grande relevância, pois reforça a necessidade da criação de jogos adequados para pacientes com AVC.

Janarthanan et al, 2020 realizaram um projeto de desenvolvimento de uma luva com sensor como interface de jogo para a reabilitação da extremidade superior de pacientes com sequela de AVC, com o objetivo de satisfazer as necessidades individuais de cada paciente, durante a reabilitação e recuperação das funções motora da mão. Durante a realização do jogo os dados são compilados e colocados em um log file. Este registro poderá ser utilizado pelo terapeuta para analisar o desempenho do paciente e fazer os ajustes necessários. Da mesma forma, esse sistema é capaz de armazenar os resultados em arquivos para posteriores análises e estatísticas.

Os estudos de Dash; Lahiri. (2019) e de Janarthanan et al, (2020) reforçam a proposta dessa dissertação de utilizar sinais biomédicos para auxiliar na reabilitação do MS de pacientes pós-AVC, de forma individualizada e específica para as necessidades de cada pessoa, além de proporcionar um protocolo de reabilitação motivador e lúdico. Contudo, nenhum dos estudos utilizou o ambiente imersivo de modo sincrônico com os sinais da EMG, com a proposta e os objetivos específicos de reabilitação.

7 CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento do protótipo do sistema de reabilitação, utilizando um jogo baseado em RVI, foram considerados os requisitos levantados na fase de concepção e projeto. Os requisitos foram: limitações funcionais do usuário, a atividade realizada, o ambiente motivador e a facilidade de uso do sistema proposto. Os resultados mostram que o instrumento com a utilização do smartphone proporciona a facilitação na propagação e na acessibilidade da aplicação, durante os protocolos de reabilitação do paciente.

O instrumento foi capaz de fornecer ao usuário e ao profissional de reabilitação um feedback em tempo real de desempenho e resultados quantitativos alcançados durante a utilização do jogo. Através do biofeedback da eletromiografia é possível visualizar o nível de ativação muscular, possibilitando o acompanhamento do progresso alcançado. As principais contribuições deste trabalho foram o desenvolvimento de um hardware simplificado com transmissão dos sinais sem fio, com custo reduzido, capaz de detectar contrações musculares, mesmo em indivíduos com alterações do tônus muscular devido às sequelas decorrentes do AVC.

O jogo de RVI é capaz de funcionar em diversos smartphones compatíveis com essa tecnologia, motivando os pacientes a executarem o exercício proposto, gerando um documento, contendo todos os valores de contrações recebidas para análises e estatísticas posteriores.

Apesar do pequeno número de sujeitos que avaliaram o sistema, foi possível observar na análise do questionário SUS, que os participantes da pesquisa com diagnóstico de AVC, classificaram o sistema desenvolvido como muito bom, quanto a sua usabilidade. As características descritas foram de um sistema fácil de usar, sem a necessidade de auxílio de uma pessoa especializada e com funções bem integradas. O equipamento funcionou em todos os testes, não havendo a necessidade de ajustes durante os testes. Dessa forma, foi possível validar os aspectos físicos e funcionais do sistema. Novos estudos com um maior número amostral podem trazer mais informações a respeito dos efeitos da utilização do sistema a fim de sugerir novas alternativas de tratamento. Porém, este trabalho foi realizado visando a validação do equipamento, verificando se o mesmo pode ser capaz ou não de ser utilizado no dia a dia da Fisioterapia, atendendo os principais requisitos da área de pesquisa.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

- a) Realizar um ensaio clínico utilizando o instrumento para analisar o efeito do equipamento no processo de reabilitação da função motora do MS em pacientes pós AVC.
- b) Desenvolver outras fases para o jogo;
- c) No jogo, desenvolver outros cenários e inserir a opção de qual membro (superior ou inferior) desejamos reabilitar.
- d) Melhorar a interface do jogo de acordo com o feedback dos usuários;
- e) Auxiliar no estabelecimento de diretrizes para tratamentos fisioterapêuticos.

REFERÊNCIAS

- ADIE, K.; SCHOFIELD, C.; BERROW, M.; WHINGHAM, J.; HUMFRYES, J.; PRITCHARD, C.; JAMES, M.; ALLISON, R. Does the use of Nintendo Wii Sports™ improve arm function? Trial of Wii™ in Stroke: A randomized controlled trial and economics analysis. **Clinical Rehabilitation**, v. 32, n. 2, p. 173-185, 2017.
- ADAMS, R. J; LICHTER, M. D; ELLINGTON, A; WHITE, M; ARMSTEAD, K; PATRIE, J. T; DIAMOND, P. T. Virtual Activities of Daily Living for Recovery of Upper Extremity Motor Function. V 26, 2018.
- AFSAR, I. A; MIRZAYEV, I; YEMISCI, O. U; SARACGIL, S. N. C. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, 2018.
- AIN, Q. U; KHAN, S; LLYAS, S; YASSEEN, A; TARIQ, L; LIU, E. L; WANG, J. Additional Effects of Xbox Kinect Training on Upper Limb Function in Chronic Stroke Patients: A Randomized Control Trial. **HealthcarE**, 9, 242, 2021. <https://doi.org/10.3390/healthcare9030242>.
- AMORIM, F. F.; FERREIRA, P. N.; FARIA, E. R.; JOZEFO, K. Quadros de Almeida. Avaliação de Tecnologias em Saúde: Contexto Histórico e Perspectivas. **Ciências Saúde**, v. 21, n. 4, p. 343-48, 2010.
- ARAÚJO J. P; DARCIS, J. V. V.; THOMAS, A. C. V .; MELLO, W. A. Mortality trend due to cerebrovascular accident in the city of Maringá, Paraná between the years of 2005 to 2015. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v.31, n.1, p56-62, 2018.
- ASKIN, Y; ATAR, E; KOÇYGITI, H; TOSUN, A. Effects of Kinect-based virtual reality game training on upper extremity motor recovery in chronic stroke. **Somatosensory & motor research**, DOI: 10.1080 / 08990220.2018.14445992018, 2018.
- BALISTA. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. **SBC – Proceedings of SBGames**, p. 16-20, 2013.
- BARCALA, L.; COLELLA, F.; ARAUJO, M. C.; SALGADO, A. S. I.; OLIVEIRA, C. S. Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii Fit. **Fisioter. Mov**, v. 24, n. 2, p. 337-343, 2011.
- BARROS, A. F. S.; SANTOS, S. G.; MEDEIROS, G. F. R.; MELO, L. P. Análise de Intervenções Fisioterapêuticas na Qualidade de Vida de Pacientes Pós-AVC. **Rev Neurocienc**, v. 22, n. 2, p. 308-314, 2014.
- BOSTANCI, H; EMIR, A; TARAKCI, D; TARAKCI, E. Video game-based therapy for the non-dominant hand improves manual skills and grip strength. **Hand Surgery and Rehabilitation**. n.39, n.4, p. 265-269.

BRUNNER, I; SKOUEN, J. S; HOFSTAD, H; ABMUS, J; BECKER, F; SANDERS, A. M; PALLESEN, H; KRISTENSEN, L. Q; MICHELSEN, M; THIJS, L; VERHEYDEN, G. Virtual Reality Training for Upper Extremity in Subacute Stroke (VIRTUES) A multicenter RCT. **American Academy of Neurology**. 89: 1-9, 2017.

CALABRÒ, R. S.; NARO, U. M.; RUSSO, H.; LEO, A.; DE LUCA, R.; BALLETTA, T.; BUDA, U. M.; ROSA, G.; BRAMANTI, U. M.; BRAMANTI, P. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 14, n. 53, p. 1-16, 2017.

CARREGOSA, A. A.; AGUIAR DOS SANTOS, L. R.; MASRUHA, M. R.; COELHO, M. L. D. S.; MACHADO, T. C.; SOUZA, D. C. B.; PASSOS, G. L. L.; FONSECA, E. P.; RIBEIRO, N. M. D. S.; DE SOUZA, M. Virtual Rehabilitation through Nintendo Wii in Poststroke Patients **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**. v. 27, n. 2, p. 494-498, 2018.

CHOI, Y.; KU, J.; LIM, H.; KIM, Y.; PAIK, N. Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke. **Restorative Neurology and Neuroscience**, v. 34, n. 3, p. 455-463, 2016.

CHOI, H.; SHIN, W.; BANG, D. Mirror therapy using gesture recognition for upper limb function, neck discomfort, and quality of life after chronic stroke: A single-blind randomized controlled trial. **Medical Science Monitor**. v. 25, p. 3271-3278, 2019.

CHOI, Y. H; PAIK, N.J. Mobile Game-based Virtual Reality Program for Upper Extremity Stroke Rehabilitation. **J. Vis. Exp.** (133), e56241, doi:10.3791/56241, 2018.

CUMMINGS, J. J.; BAILENSEN, J. N.; FIDLER, M. J. How immersive is enough?: a foundation for a meta-analysis of the effect of immersive technology on measured presence. In: **INTERNATIONAL SOCIETY FOR PRESENCE RESEARCH ANNUAL CONFERENCE**, 2012, Filadélfia. Proceedings [...]. Filadélfia, EUA: ISPR, 2012.

DASH, A; LAHIRI, U. Design of Virtual Reality-Enabled Surface Electromyogram-Triggered Grip Exercise Platform. **IEEE Transações em Sistemas Neurais e Engenharia de Reabilitação**. 1534-4320, 2019.

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, A.; JESSEL, J. P.; RAMPNOUX, O. Origins of serious games. In: MA, M.; OIKONOMOU, A.; JAIN, L. C. **Serious games and edutainment applications**. Berlin: Springer, 2011. p. 25-43.

ENDERLE, J. D.; BRONZINO, J. D. Introduction to biomedical engineering. 3. ed. Burlington, MA: **Elsevier**, 2012. cap. 9 e 11.

ESTEVEZ. **Utilização de Realidade Virtual para análise e reabilitação de pacientes pós AVE**. Tese (Engenharia elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2020.

BROOKE, J. SUS: A Retrospective. **Journal of Usability Stud**, v. 8, n. 2, p. 29-40, 2013.

FERLA, F. L.; GRAVE, M.; PERICO, E. Fisioterapia no tratamento do controle de tronco e equilíbrio de pacientes pós AVC. **Rev Neurocienc**, v. 23, n. 2, p.211-217, 2015.

FREITAS, G.; MITUUTI, C.; FURKIM, A.; BUSANELLO-STELLA, A.; STEFANI, F.; ARONE, M.; BERRETIN-FELIX, G. Electromyography biofeedback in the treatment of neurogenic orofacial disorders: systematic review of the literature. **Audiol Commun Res**. v.21, n. 1671, 2016.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **LOGEION: Filosofia da informação**, Rio de Janeiro, v. 6 n. 1, p.57-73, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21728/logcion.2019v6n1.p57-73>.

GUIMARÃES; SILVEIRA; NUNES. Prospecção em jogos sérios para reabilitação de pacientes pós-AVC, **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 2, p.147-156, 2013.

HENRIQUE, P; COLUSSI, E; MARCHI, A. Effects of Exergame on Patients' Balance and Upper Limb Motor Function after Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**. v. 28, n.8, p.2351- 2357, 2019.

JAMAL, M. Z. Signal acquisition using surface EMG and circuit design considerations for robotic prosthesis. In: NAIK, G. R. (Ed.). **Computacional Intelligence in electromyography analysis – a perspective on current applications and future challenges**. [s.l.]: InTech, 2012. cap. 18.

JANARTHANAN, V; ASSAD-UZ M; RAHMAN, M; GONIGLE, E. Design and development of a sensed glove for home-based rehabilitation. **Journal of Hand Therapy**. v. 33, n.2, p. 209-219, 2020.

JORDAN, K.; SAMPSON, M.; KING, M. Gravity-supported exercise with computer gaming improves arm function in chronic stroke. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 95, n.8, p. 1484-1489, 2014.

KAIRY, D.; VERAS, M.; ARCHAMBAULT, P.; HERNANDES, A.; HIGGINS, J.; LEVIN, M.; POISSANT, LISE.; RAZ, A.; KAISER, F. Maximizing post-stroke upper limb rehabilitation using a novel telerehabilitation interactive virtual reality system in the patient's home: study protocol of a randomized clinical trial. **Contemporary Clinical Trials**, v. 47, p. 49-53, 2016.

KIM, W.; CHO, S.; PARK, S.; LEE, J.; KWON, S.; PAIK, N. A low cost kinect-based virtual rehabilitation system for inpatient rehabilitation of the upper limb in patients with subacute stroke. **Medicine (United States)**. v.97, n.25, 2018.

KIPER, P; SZCZUDLIK, A; AGOSTINI, M; OPARA, J; NOWOBILSKI, R; VENTURA, L; TONIN, P; TUROLLA, A. Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Arquivos de Medicina Física e Reabilitação**, 99: 834-42, 2018.

LA BANCA, M. M. R; MENDES, J. J. A; PIRES, M. B; STEVAN, S. L. Captura e Processamento de Sinais Biomédicos Utilizando o LabVIEW. **Revista Brasileira de Instrumentação e Controle**. v. 4, n. 2, p. 1-9, 2016.

LACERDA, I. D.; BRITO, J. S.; SOUZA, D. L.; COSTA, W. L.; FARIA, T. A. AVE isquêmico em paciente jovem sem fatores de risco: relato de caso. **Rev Med**, v. 97, n. 3, p. 361-7, 2018.

LEE, D.; LEE, M.; LEE, K.; SONG, C. Asymmetric training using virtual reality reflection equipment and the enhancement of upper limb function in stroke patients: A randomized controlled trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**. v. 23, n.6, p. 1319-1326, 2014.

Lee, S; Kim, Y; Lee, B. Effect of Virtual Reality-based Bilateral Upper Extremity Training on Upper Extremity Function after Stroke: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Occup. Ther. Int*, 2016. DOI: 10.1002/oti.1437.

LORENZETTI, J.; TRINDADE, L. L.; PIRES, D. E. P.; RAMOS, F. R. S. Tecnologia, Inovação tecnológica e saúde: uma reflexão necessária. **Texto Contexto Enferm**, v.1, n. 2, p. 432-9, 2012.

LOTUFOI, P.A.; BENSENOR, I. J. M. Raça e mortalidade cerebrovascular no Brasil. **Rev Saúde Pública**. v. 47, n. 6, p. 1201-4. 2013.

LYRA. Jogos sérios para reabilitação de membros inferiores de pacientes pós- AVC utilizando kinect, ambientes virtuais e sinais mioelétricos. 2016. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – **Centro de Ciências da Saúde**, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

MARTEL, M.; COLUSSI, E.; MARCHI, A. Efeitos da intervenção com game na atenção e na independência funcional em idosos após acidente vascular encefálico. **Fisioter. Pesqui.** v.23, n.1, P 52-58, São Paulo Jan./Mar, 2016.

MELLO, A.; SILVA, W; BONOW, A; CEZAR-VAZ, R. Eletromiografia de superfície da região cervical - contribuição para a saúde muscular. **Acta Paul Enferm.**, v. 30, n. 5, p. 512-9, 2017.

MENDES, L. M.; GADELHA, I. D. S.; BRITO, G. E. G.; MORAES, R. M.; RIBEIRO, K. S. Q. S.; Acesso de sujeitos pós-acidente vascular cerebral aos serviços de fisioterapia. **Rev enferm UFPE online**. v. 10, n. 2, p. 387-94, 2016.

MERLETTI, R; FARINA, D (eds). **Surface Electromyography**: physiology, engineering, and applications. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016. cap. 4 e 5.

Ministério da saúde- **Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Encefálico**, 2013.

NOVELETTO, F.; BERTEMES, P.; HOUNSELL, M.S.; SOARES, A.V. Biomedical Control Interface for a Physical Rehabilitation Serious Game. **Biomedical Control Interface**, v. 14, n. 1, p. 38-44, 2016.

OH, Y.; KIM, G.; HAN, K.; WON, Y.; PARK, S.; SEO, J.; KO, M. Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 100, n. 8, p. 1400-1408, 2019.

OPAS. **Organização Pan Americana da Saúde. Rede interagencial de**

informações para a saúde. Disponível em: <http://www.opas.org.br/ripsa/produto-final-det.cfm?id=9>. Acesso em março.2022.

PADRINI-ANDRADE, L.; BALDA, A.; ARECO, N.; BANDIERA-PAIVA, P.; NUNES, B.; MARBA, M.; CARVALHO, B.; RUGOL, S.; ALMEIDA, C.; PROCIANOY, S.; DUARTE, B.; REGO, S.; FERREIRA, M.; ALVES, N.; GUINSBURGA, R.; DINIZ, A.; SANTOS, F.; TESTONI, D.; SILVA, M.; GONZALE, C.; SILVA, C.; MENESE, J.; GONÇALVES-FERRI, A.; PERUSSI, R.; BOMFIM, O. Avaliação da usabilidade de um sistema de informação em saúde neonatal segundo a percepção do usuário. **Paul Pediatr**, v. 37, n. 1, p.90-96, 2019.

PAVÃO, S.; ARNONI, J.; OLIVEIRA, A.; ROCHA, N. et al. Impact of a virtual reality-based intervention on motor performance and balance of a child with cerebral palsy: a case study. **Rev Paul Pediatr**. V.32, n 4, p 389-394, 2014.

PEREIRA, F.; BERMÚDEZ I BADIA, S.; JORGE, C.; CAMEIRÃO, M.; The use of game modes to promote engagement and social involvement in multi-user serious games: a within-person randomized trial with stroke survivors. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 18, n. 1, 2021.

PENNY, J.; STANDEN, K. T.; CONNELL, L.; RICHARDSON, A.; BROWN, D. J.; BATTERSBY, S.; SUTTON, C. J.; PLATTSPATIENTS, P. Use of a Home-Based Virtual Reality System to Provide Rehabilitation of the Upper Limb Following Stroke. **Physical Therapy**, v. 95, n. 3, p. 350-359, 2015.

POMPEU, J. E.; ALONSO, T. H.; MASSON, I. B.; POMPEU, S. M. A.A.; TORRIANI PASIN, C. Os efeitos da realidade virtual na reabilitação do acidente vascular encefálico: Uma revisão sistemática. **Motri. Ribeira de Pena**, v. 10, n. 4, p. x, 2014.

PIASSAROLI, C. A. P.; ALMEIDA, G. C.; LUVIZOTTO, J. C.; SUZAN, A. B. B. M. Modelos de reabilitação fisioterápica em pacientes adultos com sequelas de AVC isquêmico. **Rev Neurocienc**. v. 20, n. 1, p. 128-37, 2012.

RANGEL, E. S. S.; BELASCO, A. G. S.; DICCINI, S. Quality of life of patients with stroke rehabilitation. **Acta Paul Enferm**. v. 26, n. 2, p. 205-12. 2013.

SARDI, M. D.; SCHUSTER, R. C.; ALVARENGA, L. F.C. Efeitos da realidade virtual em hemiparéticos crônicos pós-acidente vascular encefálico. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. N. 10, v. 32, p. 29-34, 2012.

SBDVC- **Associação Brasileira de Doenças Cerebrovasculares**. Disponível em: <https://avc.org.br/pacientes/acidente-vascular-cerebral/>, acesso: 1março, 2022.

SHIN, J.; KIM, M.; LEE, J.; JEON, Y.; KIM, S.; LEE, S.; SEO, B.; CHOI, Y. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: A single-blinded, randomized controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 13, n.1, 2016.

SILVA, E. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Influence of constraint induced movement therapy on functional performance in stroke patients: a randomized clinical trial. **Fisioter Pesqui**. v. 24, n. 2, p. 184-190, 2017.

Şimşek, T.; Çekok, K. The effects of Nintendo WiiTM-based balance and upper

extremity training on activities of daily living and quality of life in patients with sub-acute stroke: a randomized controlled study. **International Journal of Neuroscience**, v. 126, n. 12, p. 1061-1070, 2016.

SOUZA. **Sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para plataforma androidtm**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

STEFANELLO, J.; MENDES, G; MOSER, A.; NOHAMA, P.; Ludic-activities-based therapeutic suitcase for rehabilitation of people with stroke. **Fisioterapia em Movimento**. v. 32, n. 3245, 2019.

TONETTA, M. C.; ROSA, L. F.; GERZSON, L. R.; SBRUZZI, G.; ALMEIDA, C. S. Realidade virtual em pacientes pós-acidente vascular cerebral: revisão sistemática com metanálise de ensaios clínicos randomizados. **Fisioter Bras**, v. 18, n. 1, p. 80-96, 2017.

TORI, R; HOUNSELL, M. S, (org.). Introdução a realidade virtual e aumentada.

Porto Alegre: **Editora SBC**, 2018. Capítulo 1 - Realidade Virtual.

TSOUPIKOVA, D.; STOYKOV, N. S.; CORRIGAN, M.; THIELBAR, K.; VICK, R.; LI, YU.; TRIANDAFILOU, K.; PREUSS, F.; KAMPER, D. Virtual Immersion for Post-Stroke Hand Rehabilitation Therapy. **Biomedical Engineering**. v. 43, n. 2, p. 467-477, 2015.

VIANA. Eficácia da terapia por realidade virtual (wii®) associada à estimulação transcraniana por corrente contínua na recuperação do membro superior parético de indivíduos pós-acidente vascular cerebral: ensaio clínico randomizado duplo cego. 2013. **Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2013.

WIDMER, M; HELD, J; WITTMANN, F; LAMBERCY, O; LUTZ, K; LUFT, A. Does motivation matter in upper-limb rehabilitation after stroke? ArmeoSenso-Reward: Study protocol for a randomized. **Trials**. v.18, n.1, 2017.

WINSTEIN, C; STEIN, J; ARENA, R; BATES, B; CHERNEY, L; CRAMER, S; DERUYTER, F; ENG, J; FISHER, B; HARVEY, R; LANG, C; MACKAY-LYONS, M; OTTENBACHER, K; PUGH, S; REEVES, M; RICHARDS, L; STIERS, W; ZOROWITZ, R. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: **A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association**. v. 47, n. 6, p. 98-169, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health Topics: Stroke, Cerebrovascular Accident. Disponível em: <http://www.emro.who.int/health-topics/stroke-cerebrovascular-accident/index.html>. Acesso em: março. 2022.

APÊNDICE A - FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS/ANAMNESE



FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS/ANAMNESE

Paciente: _____

Cuidador: _____ Telefones: _____

Sexo: () M () F Estado Civil: _____. Data de Nasc.: ____/____/____

Profissão: _____ Endereço: _____.

Telefone(s) do Paciente: _____.

Peso: _____ Altura: _____.

Grau de Instrução: () Analfabeto () Ignorado () 1º grau completo () 1º grau incompleto
() 2º grau completo () 2º grau incompleto () Nível superior(), Pós-graduação.

Diagnóstico médico: _____. Comorbidades: ()

Diabetes Mellitus () Cardiopatia. () Tem restrição médica para realização de
exercícios? _____ Solicitar parecer do cardiologista () Hipertensão arterial
sistêmica () Sofreu quedas recentes? _____ () Tem medo de cair?

_____ () Tabagismo _____ ()

Alcoolismo _____ () Desnutrição () Prótese () Amputação ()

Labirintite/Vestibulopatias () Déficits auditivos: _____ ()

Usa aparelho auditivo () Déficits visuais: _____ Usa

óculos: sim () não (). Outras doenças neurológicas: ()

Quais: _____ É

acompanhado por um médico de rotina? Não (), Sim (). Nome do médico:

_____. Atividades de Vida Diária:

(AVD), atividades de trabalho e lazer: () Independente () Dependente () Semi-
independente. Cirurgias: _____. Quais:

Faz uso de medicações de rotina: _____

Quais _____

Está fazendo fisioterapia: _____. Caso a resposta seja afirmativa, por quanto
tempo: _____ Está fazendo terapia ocupacional: _____. Caso a

resposta seja afirmativa, por quanto tempo: _____ O Sr(a) tem
alguma queixa ou alguma observação a fazer: _____

_____.

Assinatura do avaliador:

ANEXO A - MINI EXAME DO ESTADO MENTAL (MEEM)



MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL
(Folstein, Folstein & McHugh, 1.975)

Paciente: _____

Data da Avaliação: ____/____/____ Avaliador: _____

ORIENTAÇÃO

- Dia da semana (1 ponto)()
- Dia do mês (1 ponto)()
- Mês (1 ponto)()
- Ano (1 ponto)()
- Hora aproximada (1 ponto)()
- Local específico (apartamento ou setor) (1 ponto)()
- Instituição (residência, hospital, clínica) (1 ponto)()
- Bairro ou rua próxima (1 ponto)()
- Cidade (1 ponto)()
- Estado (1 ponto)()

MEMÓRIA IMEDIATA

- Fale 3 palavras não relacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente pelas 3 palavras. Dê 1 ponto para cada resposta correta()

Depois repita as palavras e certifique-se de que o paciente as aprendeu, pois mais adiante você irá perguntá-las novamente.

ATENÇÃO E CÁLCULO

- (100 - 7) sucessivos, 5 vezes sucessivamente (1 ponto para cada cálculo correto)()

(alternativamente, soletrar MUNDO de trás para frente)

EVOCAÇÃO

- Pergunte pelas 3 palavras ditas anteriormente (1 ponto por palavra)()

LINGUAGEM

- Nomear um relógio e uma caneta (2 pontos)()
- Repetir "nem aqui, nem ali, nem lá" (1 ponto)()
- Comando: "pegue este papel com a mão direita dobre ao meio e coloque no chão" (3 pts)()
- Ler e obedecer: "feche os olhos" (1 ponto)()
- Escrever uma frase (1 ponto)()
- Copiar um desenho (1 ponto)()

SCORE: (____/30)

MEEM: comprometimento cognitivo para aqueles que pontuarem ≤ 13 pontos (analfabetos), ≤ 18 pontos (1-8 anos de escolaridade), ≤ 26 (>8 anos de escolaridade).

ANEXO B - ESCALA DE ASHWORTH MODIFICADA



ESCALA MODIFICADA DE ASHWORTH

Classificação da Espasticidade

Grau		Descrição
	0	Sem aumento do tônus muscular
	1	Discreto aumento do tônus muscular, manifestado pelo apreender e liberar, ou por mínima resistência ao final da amplitude de movimento, quando a parte (ou as partes) afetada é movimentada em flexão e extensão.
	1+	Discreto aumento no tônus muscular, manifestado pelo apreender, seguido de mínima resistência através do resto (menos da metade) da amplitude de movimento.
	2	Marcante aumento do tônus muscular através da maior parte da amplitude de movimento, porém as partes afetadas são facilmente movimentadas.
	3	Considerável aumento do tônus muscular; movimentos passivos dificultados.
	4	A parte (ou partes) afetadas mostram-se rígidas à flexão ou extensão.

ANEXO C - ÍNDICE DE BARTHEL



13. ÍNDICE DE BARTHEL	
ALIMENTAÇÃO 0. Dependente. Necessita ser alimentado por outra pessoa. 5. Necessita de ajuda para cortar a carne, passar manteiga, porém, é capaz de comer sozinho. 10. Independente. Capaz de comer por si só em tempo razoável (<i>A comida pode ser preparada por outra pessoa</i>).	
BANHO 0. Dependente. Necessita de algum tipo de ajuda ou supervisão. 5. Independente. Capaz de se lavar inteiro, de entrar e sair do banho sem ajuda e de fazê-lo sem que outra pessoa supervisione.	
HIGIENE PESSOAL 0. Dependente. Necessita alguma ajuda com o cuidado pessoal. 5. Independente. Realiza todas as atividades de higiene pessoal sem ajuda (barbear, dentes, rosto, cabelo).	
VESTIR-SE 0. Dependente. Necessita de alguma ajuda. 5. Necessita ajuda, mas consegue fazer uma parte sozinho. 10. Independente. Capaz de vestir-se e despir-se sem ajuda (incluindo botões, zíper, laço, etc.).	
INTESTINO 0. Incontinente (ou necessita de enemas). Mais de um episódio semanal de incontinência. 5. Episódios ocasionais de incontinência (uma vez por semana). 10. Contínente (não apresenta episódios de incontinência).	
SISTEMA URINÁRIO 0. Incontinente ou cateterizado. 5. Episódios ocasionais de incontinência (máximo uma vez em 24 h). 10. Contínente (por mais de 7 dias).	
USO DO SANTÁRIO 0. Dependente. 5. Necessita ajuda parcial, mas consegue fazer algumas coisas sozinho. 10. Independente (senta-se, levanta-se, pentea-se, lava-se, veste-se sem ajuda).	
TRANSFERÊNCIA (<i>transfere-se com e/ou a varal</i>) 0. Incapaz. Não tem equilíbrio para manter-se sentado. 5. Grande ajuda física (uma ou duas pessoas), consegue sentar-se. 10. Pouca ajuda (verbal ou física). 15. Independente (não necessita qualquer ajuda, mesmo que utilize cadeira de rodas).	
MOBILIDADE (<i>locomução em superfície plana</i>) 0. Imóvel. 5. Independente na cadeira de rodas, incluindo os cantos. 10. Caminha com a ajuda (verbal ou física) de uma pessoa. 15. Independente (mas pode utilizar qualquer auxiliar da locomoção, ex: bengala, muleta, andador).	
ESCADAS 0. Incapaz. 5. Necessita ajuda (verbal ou física) ou supervisão. 10. Independente (Sobe/desce escadas com apoio do corrimão ou dispositivos auxiliares da marcha, ex: bengala, muleta).	
Fonte: Mahoney & Barthel, 1983	
Pontuação: _____	
13. Classificação da capacidade funcional	
Dependência total	() entre 0-20
Dependência grave	() entre 21-60
Dependência moderada	() entre 61-90
Dependência leve	() entre 91-99
Independência	() 100

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR EM PACIENTES PÓS-AVC, que está sob a responsabilidade da pesquisadora principal Leiliane Patrícia Gomes de Macêdo, no endereço: Rua Tainha, 400, bloco B, apartamento 201, Ouro Preto, Olinda – PE, CEP: 53370-210. Telefone: (81) 9.86426535, e-mail: leilianemaacedo@gmail.com, (inclusive ligações a cobrar e está sob a orientação do professor Marco Aurélio Benedetti, telefone: 9.96504212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com).

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos foram dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e outra ficará com o pesquisador responsável, você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: O senhor (a) está sendo convidado a participar de um estudo onde o objetivo é confeccionar/adaptar uma ferramenta que utiliza jogos de vídeo game para auxiliar na reabilitação do membro superior após um acidente vascular cerebral (AVC).

Pesquisas apontam que a reabilitação do AVC por meio de jogos favorece o aprendizado, o controle motor e o equilíbrio, além de motivar os usuários, porém a maioria dos jogos utilizados atualmente foram desenvolvidos para divertir indivíduos saudáveis, podendo ocasionar riscos durante seu uso. Diante do exposto é relevante

a utilizar instrumentos que contenham jogos sérios adaptados para o tratamento dessa população.

Os voluntários da pesquisa serão submetidos a utilizarem o instrumento em questão, ou seja, irão realizar uma tarefa utilizando um jogo no computador. Os participantes serão acompanhados por profissionais capacitados. A pesquisa será realizada na Clínica Escola da Universidade São Miguel, localizada na Avenida Beberibe, 404, Encruzilhada, Recife – PE.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas: Inicialmente, será realizada uma triagem através de uma ficha de avaliação, para identificar o paciente e verificar os critérios de elegibilidade. Nessa triagem irá ser aplicado ao paciente a escala para avaliação funcional do membro superior (escala de Barthel) e a escala modificada de Ashworth, também será aplicado o Mini exame do estado mental (MEEM) para avaliação da cognição com duração de aproximadamente 10 a 15 minutos. Posteriormente os participantes elegíveis utilizarão o jogo de vídeo game imersivo em um smartphone, será realizado um único teste que terá duração de aproximadamente 20 a 30 minutos entre a calibração e execução da tarefa., por fim os voluntários responderão um questionário formulado para a avaliação do instrumento, com duração de 5 a 10 minutos.

O questionário será composto por 10 perguntas classificadas com o objetivo de avaliar o sistema de reabilitação nas características a seguir: facilidade de uso, necessidade de auxílio profissional ao usá-lo, e as inconsistências ocorridas no funcionamento do jogo durante o uso. O questionário é composto por 10 questões classificadas em uma escala de 0 a 5.

RISCOS E DESCONFORTOS: Durante o estudo o paciente pode se sentir incomodado (a) e/ou constrangido (a), em participar dos atendimentos. Por isso, garantimos o direito de desistir, a qualquer momento de participar desta pesquisa, sem qualquer prejuízo ou custo para você, nem para a sua assistência. Além disso, a sua privacidade será garantida durante toda a entrevista.

Caso o paciente venha a sentir alguma indisposição, mal-estar, náusea, tontura, ou qualquer outro sintoma, o teste será interrompido imediatamente e ele receberá os

devidos cuidados. Se ocorrer algum problema de saúde mais grave com o paciente durante o teste, o SAMU será chamado imediatamente a fim de prestar o devido socorro, ou o paciente será conduzido ao hospital mais próximo. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

RISCOS DE CONTAMINAÇÃO COM O NOVO CORONAVIRUS: serão seguidas as recomendações, para execução dos procedimentos de coleta, informadas pela RESOLUÇÃO Nº 05/2020-CONSAD UFPE, que visa a segurança na utilização dos laboratórios da UFPE durante o período de pandemia a fim de reduzir os riscos de contágio com o novo corona vírus. Serão adotadas todas as seguintes medidas de segurança no laboratório:

- Existência de pia com água corrente e sabão, e dispenser de álcool em gel à 70% para limpeza das mãos;
- Ao invés de utilizar ar-condicionado será utilizado a ventilação natural;
- Fixação de cartazes na entrada e dentro do laboratório indicando a obrigatoriedade do uso de máscaras, distanciamento mínimo de 1,5 metro entre as pessoas e a capacidade máxima do ambiente em número de pessoas respeitando e fazendo respeitar o limite máximo de ocupação do espaço, de 1 (uma) pessoa para cada 10 m² de área;
- Será obrigatório o uso constante de máscara sobre o nariz e boca, e da higiene das mãos;
- Serão higienizadas as bancadas e equipamentos de trabalho a cada nova utilização;
- Preferencialmente serão utilizadas as escadas em substituição aos elevadores, quando possível, e uso do elevador por apenas uma pessoa por vez, evitando contato de grandes superfícies corporais durante o deslocamento;
- A utilização do local será exclusivamente para acessar as áreas necessárias à realização do trabalho de pesquisa laboratorial. Permanecendo no laboratório apenas durante o tempo necessário para a execução das atividades de pesquisa que não possam ser realizadas remotamente ou em outro local;
- Usuários com suspeita ou confirmação de Covid-19 não serão autorizados a frequentar os espaços laboratoriais de pesquisa. Recomendando-se, adicionalmente, que usuários com contato domiciliar de casos suspeitos ou confirmados da Covid-19 também não devam frequentar os espaços de laboratórios de pesquisa.

BENEFÍCIOS: Este estudo não proporciona benefícios diretos aos participantes, porém com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir para reabilitação de pessoas com sequelas de AVC. O benefício relacionado a esta pesquisa é desenvolver/adaptar um instrumento que irá auxiliar na reabilitação do AVC utilizando jogos de vídeo games de realidade virtual imersiva em tempo real. Os voluntários desta pesquisa estarão contribuindo para a validação do instrumento em questão.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais, divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados serão armazenados em um banco de dados e em pastas de arquivo, por um período mínimo de cinco anos, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da pesquisa envolvendo seres humanos, sob a responsabilidade dos pesquisadores, Leiliane Patrícia Gomes de Macêdo, telefone: (81)9.86426535, e-mail: leilianemaacedo@gmail.com, no endereço residencial: Rua Tainha, nº 400, Bloco B, apartamento 201, Ouro Preto, Olinda– PE, CEP: 53370-210, e do professor orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, telefone: 9.9650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com. No endereço profissional: Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Departamento de Engenharia Elétrica, Recife - PE, CEP: 50740-550.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, ficando garantida a indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade as despesas para a sua participação serão assumidas pela pesquisadora como por exemplo: ressarcimento de transporte e alimentação.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

Leiliane Patrícia Gomes de Macêdo

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo, USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR EM PACIENTES PÓS-AVC, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Impressão
Digital

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do voluntário (a) em participar.

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

ANEXO D - QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DO INSTRUMENTO



QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DO INSTRUMENTO

O questionário deve ser respondido baseando-se nas tarefas realizadas usando o Sistema de Reabilitação para pacientes pós-AVC. Responda as questões abaixo da forma mais precisa possível. Se houver alguma dúvida, não hesite em perguntar.

IDENTIFICAÇÃO

Paciente/Entrevistado(a)

Data ____________

Idade _____

Sexo _____

1. Acho que gostaria de utilizar este instrumento com frequência.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Considerei o jogo mais complexo do que o necessário.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Achei o jogo fácil de utilizar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. Acho que necessitaria de ajuda para conseguir usar esse jogo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. Acho que o jogo era bem funcional.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. Achei que este sistema tinha muitas inconsistências.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7. Acho que a maioria das pessoas aprenderia a usar rapidamente este jogo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8. Considerei o sistema muito complicado de utilizar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

9. Senti-me muito confiante ao utilizar este sistema.

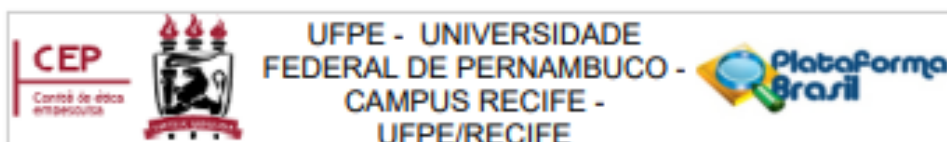
1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

10. Teria que treinar muito antes de conseguir lidar com este sistema.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Observação: Sua nota corresponde as seguintes avaliações: "1- discordo fortemente", "2- discordo", "3- não concordo nem discordo", "4- concordo" e "5- concordo fortemente".

ANEXO E - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR EM PACIENTES PÓS-AVC.

Pesquisador: LEILIANE PATRICIA GOMES DE MACEDO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 46797421.0.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.801.855

Apresentação do Projeto:

Apresentação do projeto pós-pendências – Projeto de Pesquisa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco

Título: USO DA REALIDADE VIRTUAL NA REABILITAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR EM PACIENTES PÓS-AVC

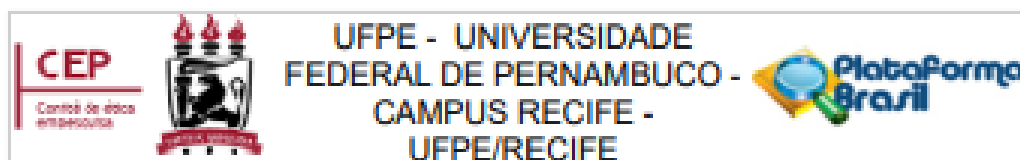
Doutorando: Leiliane Patrícia Gomes de Macêdo

Orientador: Marco Aurélio Benedetti Rodrigues

Local do estudo: A pesquisa será realizada no laboratório de Interface Homem Máquina da Universidade Federal de Pernambuco (Etapa 1) e na Clínica Escola da Universidade São Miguel, localizada na Avenida Beberibe, Encruzilhada, Recife - PE (Etapa 2).

Desenho do estudo: Trata-se de um estudo prospectivo de coorte transversal do tipo piloto, onde todos os participantes serão expostos ao jogo proposto.

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-900
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81) 2126-8588 **E-mail:** cep@ufpe.br



Continuação do Parecer: 4.801.855

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Reporta-se à Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, os riscos e benefícios descritos adequadamente após revisão.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante, tema interessante com interface entre tecnologia e saúde com possibilidade auxiliar na reabilitação das sequelas no membro superior de pacientes que sofreram AVC, por meio de um jogo baseado em realidade virtual. Há perspectivas promissoras de utilização na prática clínica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados adequadamente

Recomendações:

Nenhuma recomendação

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-800
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81) 2125-8588 **E-mail:** caphumanos.ufpe@ufpe.br