ISABELA LOPES TREVIZAN

**Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na
esclerose lateral amiotrófica**

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ciências
Programa de Ciências da Reabilitação**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Bandeira de
Mello Monteiro**

São Paulo

2016

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FMUSP

ISABELA LOPES TREVIZAN

**Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na
esclerose lateral amiotrófica**

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ciências
Programa de Ciências da Reabilitação**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Bandeira de
Mello Monteiro**

São Paulo

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Trevizan, Isabela Lopes

Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefas virtual na esclerose lateral amiotrófica / Isabela Lopes Trevizan. -- São Paulo, 2016.

Dissertação (mestrado) --Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências da Reabilitação.

Orientador: Carlos Bandeira de Mello Monteiro.

Descritores: 1. Esclerose amiotrófica lateral 2. Terapia de exposição à realidade virtual 3. Interface usuário-computador 4. Reabilitação 5. Atividade motora

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO PARCIAL OU TOTAL DESTES
ESTUDOS, POR MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE
PESQUISA E ESTUDO, DESDE QUE AS FONTES SEJAM CITADAS**

Nome: Isabela Lopes Trevizan

Título: Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na esclerose lateral amiotrófica

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedicatória

A minha família:
Iara, Emilio, Clorinda, Tatiana, Roberta e
Arnaldo, que por uma vida de dedicação e amor,
sempre me apoiaram e possibilitaram que eu
realizasse os meus sonhos e continuasse na vida
acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus “*anjos da guarda*” que a vida me presenteou principalmente nestes últimos anos. Anos que me trouxeram conhecimentos, experiências essenciais à forma de ver o mundo e nele atuar. Agradeço por ter o privilégio de ter convivido e aprendido com as pessoas que me acompanharam nessa jornada de estudos nesse momento primordial de minha vida.

Agradeço, primeiramente à minha família:

Ao meu avô Emílio Lopes, que representa o grande homem da minha vida, pois não importa o quanto aprendo com a vida, o que ele tem me ensinado não tem explicação e o sentimento é tão grande que só posso agradecer o privilégio de ser a sua neta. Agradeço à minha mãe Iara Lopes Trevizan, à minha segunda mãe e avó Clorinda Corsini Lopes, por serem as pessoas que mais me compreendem, me ensinam, me amam e pela paciência que tiveram comigo durante essa trajetória e por serem meu exemplo de vida.

Agradeço à minha irmã Tatiana Lopes Trevizan, à minha querida tia Roberta Lopes e ao meu pai Arnaldo Donizetti Trevizan, por todo o carinho e pelo apoio em todas as decisões que me trouxeram até aqui, por estarem sempre ao meu lado e pelo imenso prazer de fazerem parte dessa família que eu admiro tanto.

Agradeço, especialmente, ao Prof. Dr Carlos Bandeira de Mello Monteiro pela paciência, compreensão, pelas horas extras do seu tempo dedicadas a me ensinar, me orientar e principalmente pela sua amizade, que desde o início de minha pós-graduação esteve sempre presente. Agradeço também por sua cumplicidade, responsabilidade direta, pela imensa honra de ter realizado sob sua orientação o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço à todas as pessoas de nossa equipe de pesquisa, por ter compartilhado conhecimento e pelo apoio físico e sentimental para que esse projeto fosse concluído.

Agradeço à amizade, por ter colocado pessoas incríveis na minha vida onde pude compartilhar momentos maravilhosos durante esses anos e obrigada a cada uma dessas pessoas por cada momento e pelo apoio.

Como já diziam, “A amizade é um amor que nunca morre. ”

Isabela Lopes Trevizan

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Comittee of Medical Journals Editors (Vancouver)*

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO NA LÍNGUA PORTUGUESA

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	6
3 MÉTODOS.....	8
3.1 Tipo de estudo.....	9
3.2 Participantes.....	9
3.3 Escalas de avaliação.....	10
3.4 Instrumentos.....	11
3.4.1 Tarefa.....	11
3.4.2 Interfaces.....	12
3.5 Procedimentos e <i>design</i>	18
3.6 Análise de dados.....	18
4 RESULTADOS.....	19
4.1 Resultados nas fases de protocolo.....	21
4.1.1 Aquisição.....	21
4.1.2 Retenção.....	22
4.1.3 Transferência I.....	23
4.1.4 Transferência II.....	24
5 DISCUSSÃO.....	25
6 CONCLUSÃO.....	31
7 ANEXOS.....	33
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

ALSAQ-40	Do inglês, <i>Amyotrophic Lateral Sclerosis Assessment Questionnaire</i>
ALSFRS-R	Do inglês, <i>Amyotrophic Lateral Sclerosis Functional Rating Scale Revised</i>
AMP	Atrofia Muscular Progressiva
ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
ELP	Esclerose Lateral Primária
FMUSP	Faculdade de Medicina da USP
FSS	Do inglês, <i>Fatigue Severity Scale</i>
GC	Grupo controle
ICC	Interface cérebro-computador
LMC	<i>Leap Motion Controller</i>
M	<i>Média aritmética</i>
NMS	Neurônio Motor Superior
NMI	Neurônio Motor Inferior
PBP	Paralisia Bulbar Progressiva
PT	Primeira tentativa
R	Retenção
RV	Realidade Virtual
SIDNM	Setor de investigação de doenças neuromusculares
T	Transferência
TA	Tecnologia Assistiva
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
UT	Última tentativa

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Pag.18

Delineamento da pesquisa

Tabela 2

Pag. 20

Caracterização dos indivíduos de ELA, atendidos no SIDNM da Universidade Federal de São Paulo, segundo o tempo de doença, a idade e as escalas de avaliação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1

Pag. 14

Representação gráfica de um indivíduo com ELA, utilizando a interface Kinect, durante a tarefa virtual proposta

Figura 2

Pag. 15

Representação gráfica de um indivíduo com ELA, utilizando a interface *Touchscreen*, durante a tarefa virtual proposta

Figura 3

Pag. 16

Representação gráfica de um indivíduo com ELA, utilizando a interface Leap Motion Controller, durante a tarefa virtual proposta

Figura 4

Pag.22

Representação das bolhas estouradas nas fases em ambos os grupos: ELA e Controle

RESUMO NA LÍNGUA PORTUGUESA

Introdução: A Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) é uma neuronopatia de curso progressivo, caracterizada pela morte dos neurônios motores superiores e inferiores. Devido a rápida progressão da doença e ao aparecimento dos sintomas de incapacidade funcional os indivíduos com ELA buscam uma forma alternativa de comunicação e interação. Com isso, o desenvolvimento tecnológico utilizando programas de realidade virtual com ajuda de dispositivos de interação pode viabilizar mais função e auxiliar indivíduos com ELA a obter autonomia, independência, melhor qualidade de vida e inclusão. **Objetivo:** Identificar qual dispositivo de interação virtual é melhor para propiciar desempenho e funcionalidade em uma tarefa de realidade virtual para indivíduos com ELA. **Método:** Participaram do estudo 30 indivíduos que formaram o grupo ELA e 30 indivíduos com desenvolvimento típico que formaram o grupo controle, com idade entre 44 a 74 anos, pareados por idade e sexo. A tarefa utilizada, foi um jogo no computador, que consiste em estourar o maior número de bolhas possíveis durante 30 segundos. Os indivíduos foram separados em 3 grupos, cada qual utilizando uma interface diferente (Kinect, *Leap Motion Controller* ou *Touchscreen*) na fase de aquisição e retenção da tarefa. Após essas fases, foi realizada a fase de transferência com a troca de dispositivos e assim todos os grupos tiveram contato com todas as interfaces. Para análise estatística utilizou-se o número de bolhas alcançadas para cada participante, durante as fases de aquisição, retenção e transferências. **Resultados:** Todos os participantes, tanto do grupo ELA como do grupo controle, apresentaram melhor performance motora na utilização do dispositivo *Touchscreen*, porém o grupo ELA apresentou desempenho inferior com a prática de todos os dispositivos. A prática com o dispositivo *Touchscreen* não permitiu a transferência para os dispositivos *Leap Motion Controller* e Kinect, isso significa que a prática com dispositivo de característica mais real (*Touchscreen*) não permitiu a transferência para os dispositivos com características mais virtuais (Kinect® e *Leap Motion Controller*®), porém considerando a prática com os dispositivos virtuais essa transferência ocorre. **Conclusão:** O trabalho apresenta um avanço na compreensão de dispositivos apropriados para a utilização na reabilitação da funcionalidade de indivíduos com ELA. O dispositivo *Touchscreen* foi o que apresentou melhor desempenho funcional para essa população, podendo oferecer mais funcionalidades para os indivíduos na execução de tarefas virtuais.

Descritores: 1. Esclerose amiotrófica lateral 2. Terapia de exposição à realidade virtual 3. Interface usuário-computador 4. Reabilitação 5. Atividade motora

ABSTRACT

Introduction: Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) is a progressive course of neuronopathy, characterized by the motor neurons death (MN) upper and lower. Due to rapid disease progression and the onset of symptoms of functional disability individuals with ALS seek an alternative form of communication and interaction. Technological development using virtual reality programs with the help of interaction devices can offer more function and assist individuals with ALS to obtain autonomy, independence, quality of life and inclusion. **Objective:** to identify which low-cost non-immersive interaction device, using a virtual task, is better for providing performance and functionality for individuals with ALS. **Method** This is an analytical cross-sectional study. A total of 60 people participated in this study, 30 individuals with ALS (18 men and 12 women, mean age = 59 years, range 44–74 years), while 30 people with normal development that were matched for age and gender with individuals with ALS formed the control group. The task used was a computer game, which consists of blowing the largest possible number of bubbles for 30 seconds. The subjects were divided into 3 groups, each using a different interface (Kinect®, *Leap Motion Controller*® or *Touchscreen*) in the task acquisition and retention stage. After these phases was carried out the transfer phase with the switching devices, then all groups had contact with all interfaces. For statistical analysis we used the number of bubbles achieved for each participant during the phases of acquisition, retention and transfer. **Results:** All participants, both the ALS group, both the control group showed better motor performance in the use of the Touchscreen device, but the ALS group had underperformed the practice of all devices. Practice with the touchscreen device did not allow the transfer to the *Leap Motion Controller*® and Kinect® devices, this means that the practice more real feature device (*Touchscreen*) did not allow the transfer to devices with more virtual features (Kinect® and *Leap Motion controller*®), but considering the practice with virtual devices that transfer occurs. **Conclusion:** This work presents a breakthrough in the understanding of appropriate devices for use in the rehabilitation of people with ALS functionality. The Touchscreen device showed the best functional performance for this population and can offer more features for individuals in executing virtual tasks.

Descriptors: 1. *Amyotrophic Lateral Sclerosis*; 2. *Virtual reality exposure therapy*; 3. *User-computer interface*; 4. *Rehabilitation*; 5. *Motor activity*.

1. INTRODUÇÃO

A Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) é uma neuronopatia de curso progressivo que acomete indivíduos de idade adulta, caracterizada pela presença de sinais e sintomas tanto do comprometimento do neurônio motor superior (NMS) quanto do neurônio motor inferior (NMI), com o óbito ocorrendo em geral de 2 a 5 anos após o início dos sintomas¹. Estudos apresentam incidência mundial da ELA variando de 2 casos/100.000 habitantes por ano e prevalência de 3-8 casos por 100.000 habitantes^{2,3}.

Os sintomas e sinais da ELA são consequências das lesões que envolvem múltiplas regiões na medula espinhal e no tronco cerebral e se apresentam como sinais de atrofia muscular de membros superiores, inferiores e de tronco, fraqueza muscular, destreza manual alterada e fasciculação, incluindo outros sintomas como câibras e dor. Os sinais e sintomas aparecem de acordo com a gravidade da doença evoluindo para o comprometimento dos NMS como a espasticidade, a hiperreflexia, sinal de Babinski e clônus⁴, agravando de forma significativa a qualidade de vida dos pacientes.

Deterioração precoce de inteligibilidade de fala e fraqueza dos membros superiores levam os indivíduos com ELA buscarem uma forma alternativa de comunicação; à medida que a doença avança esses recursos são imprescindíveis para manterem a autonomia e qualidade de vida do paciente⁵.

Considerando as facilidades tecnológicas e aplicabilidades na deficiência, os programas de reabilitação têm buscado uma forma alternativa de tratamento utilizando a realidade virtual (RV), que proporciona aos pacientes vivenciarem um ambiente simulado através de um computador, capaz de criar uma simulação realista e interativa dos movimentos com estímulos sensoriais sintetizados artificialmente⁶. As vantagens da RV incluem a prática domiciliar, on-line e a interação com outras pessoas, assim como existe a possibilidade de realizar tarefas virtuais sob a supervisão de um profissional, que consegue graduar as dificuldades conforme as necessidades do indivíduo⁷⁻⁹.

Devido a rápida progressão da doença e incapacidade funcional, o desenvolvimento tecnológico de programas com RV podem viabilizar mais funções e auxiliarem indivíduos com ELA a obterem autonomia, independência, melhor qualidade de vida e inclusão. Shih *et al.*¹⁰ citam que recentemente com o crescente surgimento da tecnologia assistiva (TA) por computador surgem novas possibilidades de intervenções, que tentam viabilizar maior função com dispositivos de RV e possivelmente permitam manter os indivíduos com ELA independentes nas diferentes tarefas funcionais por mais tempo.

Os dispositivos de RV são tecnologias que podem servir de ferramentas no processo de inclusão e interação de pessoas, sendo que a constatação é ainda mais evidente quando refere-se às pessoas com algum tipo de deficiência que possuem dificuldades na comunicação, sendo ela oral ou escrita, na funcionalidade e locomoção¹¹ e são capazes de permitirem aos pacientes se comunicarem e controlarem o ambiente, melhorando a qualidade de vida¹² e o seus níveis de interação¹⁰.

Considerando o uso de tecnologia para propiciar função em indivíduos com ELA, Chang *et al.*¹³, analisaram indivíduos com ELA em um programa que utiliza tecnologia de interface cérebro-computador (ICC); o uso de ICC propiciou verificar precisão e taxa de transferência de informação no grupo com deficiência quando comparado ao grupo Controle. Thompson *et al.*¹⁴ e Silvoni¹⁵, também realizaram pesquisas com ICC em indivíduos com ELA e verificaram possibilidades de comunicação em fases avançadas da doença. Lancioni *et al.*¹⁶, verificaram funções em tarefas com o uso do mouse do computador para interação com textos escritos, assim como Caligari *et al.*¹⁷ utilizaram *Eye Tracking* para viabilizar interação social.

Apesar dos trabalhos existentes com TA, não foram encontradas pesquisas com o uso de RV direcionadas para a funcionalidade de indivíduos com ELA; a importância da

RV traz a possibilidade de interação entre o computador e o usuário por meio de interfaces virtuais, onde o usuário pode controlar suas ações por meio de um dispositivo de entrada remoto, como um teclado ou mouse, ou por dispositivos mais avançados como uma câmera e/ou luvas especiais ou outros objetos¹⁸. Essa interação permite a criação de ambientes de RV para diferentes usos, sendo capaz de simular a presença física em lugares no mundo real ou no mundo imaginário¹⁸ no processo de reabilitação.

Diante do exposto é possível observar que dispositivos de interação de RV estão comercialmente disponíveis no mercado com diferentes custos e investimentos, como exemplo, pode-se citar a utilização RV imersiva como cave, telas de projeção, luvas eletrônicas e capacetes de visualização^{19,20}. No entanto, a reabilitação necessita de tecnologia por meio de tarefas virtuais que viabilize sua generalização com baixo custo.

Nesse caso, existem no mercado três dispositivos não imersivos que podem possibilitar funcionalidade para indivíduos com ELA e são considerados recentes avanços tecnológicos: (1) a Microsoft (Redmond, WA) lançou o Kinect[®], um dispositivo de interação de baixo custo, constituído de um sensor de captura de movimento *markerless* portátil, que abriu o caminho sobre como a tecnologia facilita a interação através de dispositivos e complementa muitas aplicações clínicas²¹; (2) o *Leap Motion Controller*[®] (*LMC*[®]), criado pela empresa Homônima, constituído de sensor infravermelho e câmeras para captarem movimentos precisos e simultâneos dos dedos dentro de centésimos de milímetros²², estes dois dispositivos não necessitam do toque físico para viabilizarem a realização da tarefa; (3) o outro dispositivo bastante utilizado são as telas sensíveis ao toque, conhecidas como *Touchscreen*, encontradas em diferentes dispositivos tecnológicos, como *tablets*, computadores e celulares, permitem uma

interação do usuário mas com a necessidade do participante tocar no dispositivo para possibilitar a realização da tarefa.

Provavelmente utilizar interface com a necessidade de toque em algum objeto como na tela do computador exige diferentes demandas sensório-motoras e interferem na funcionalidade de pessoas com deficiência quando comparadas com interfaces que não necessitam de toque físico²³.

Considerando as deliberações apresentadas, esse trabalho teve como objetivo identificar qual dispositivo de interação de baixo custo utilizando uma tarefa virtual se torna mais eficaz para propiciar desempenho e funcionalidade em indivíduos com ELA. Para isso, utilizaram-se diferentes dispositivos de interação juntamente com uma tarefa virtual de computador com um protocolo que foi capaz de analisar o desempenho motor de membro superior.

Com as dificuldades nos membros superiores apresentadas em indivíduos com ELA, apresentou-se a hipótese de que o grupo com ELA mostrará maior dificuldade que o grupo controle e que dispositivos sem contato físico (*LMC*[®] e *Kinect*[®]) possibilitarão mais funcionalidade em uma tarefa realizada no computador do que os dispositivos com contato físico (*Touchscreen*), que necessitam de maior amplitude de movimentos e contrações musculares, característicos do ambiente com contato físico.

2. OBJETIVO

Identificar qual dispositivo de interação virtual, Kinect®, *Leap Motion Controller*® ou *Touchscreen*, se torna mais eficaz para propiciar desempenho e funcionalidade em uma tarefa de realidade virtual em indivíduos com esclerose lateral amiotrófica.

3. MÉTODO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para análises de projetos de pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) sob o número 105/15. Os participantes e/ou seus representantes legais assinaram de forma voluntária o termo de consentimento livre e esclarecido.

3.1 Tipo de estudo

Estudo Analítico Transversal

3.2 Participantes

Um total de 60 indivíduos participaram desse estudo, sendo 30 indivíduos com ELA (18 homens e 12 mulheres, com idade média= 59 anos, variando de 44 a 74 anos) e 30 indivíduos saudáveis que formaram o grupo controle (GC), que foram pareados por idade e gênero com os indivíduos com ELA. Os critérios de inclusão desse estudo analisaram indivíduos com diagnóstico de ELA, definida segundo a classificação revisada do “*El Escorial*”²⁴⁻²⁶, que frequentavam regularmente o SIDNM (Setor de Investigação de Doenças Neuromusculares) da Universidade Federal de São Paulo. Os critérios de exclusão foram indivíduos que apresentaram outro diagnóstico de Doença Neuromuscular como: Atrofia Muscular Progressiva (AMP), Paralisia Bulbar Progressiva (PBP), Esclerose Lateral Primária (ELP) e indivíduos que se encontraram em investigação pelo SIDNM da ELA, provável e possível segundo a classificação revisada do “*El Escorial*”²⁴⁻²⁶. Foram excluídos indivíduos com outras doenças

neurodegenerativas associadas, alterações cognitivas e que apresentaram incapacidade funcional estabelecida que inviabilizasse a realização da tarefa.

3.3 Escalas de Avaliação

Para caracterização dos participantes foram aplicadas diferentes escalas de avaliação funcional, fadiga e qualidade de vida.

Como instrumento de avaliação funcional, utilizou-se a escala funcional de avaliação em esclerose lateral amiotrófica (ALSFRS - R - *Amyotrophic Lateral Sclerosis Functional Rating Scale – Revised*)²⁷ validado para monitorar a evolução de sintomas e limitações de atividades de vida diária. Essa escala foi validada em indivíduos brasileiros com ELA²⁷ e é composta por 10 questões com pontuações que variaram de 0-4, sendo que “4” representou funcionalidade normal e “0” alterações mais graves; a pontuação máxima foi de 48 pontos onde o indivíduo não apresentou qualquer alteração. Esta escala foi utilizada para indicar a qualidade da função e foi um determinante da qualidade de vida²⁸.

Para avaliar a fadiga durante execução das tarefas utilizou-se o “FSS- *Fatigue Severity Scale*”, composto por um questionário com 9 afirmações, onde foi ministrado uma nota de 1 - 7 considerando quantitativamente o nível de fadiga na execução de diferentes exercícios. O número total de pontos pode variar de 9 a 63, estabeleceu que valores iguais ou maiores do que 28 foram indicativos da presença de fadiga²⁹.

Para avaliar a qualidade de vida, utilizou-se a “*Amyotrophic Lateral Sclerosis Assessment Questionnaire in the Portuguese Language (ALSAQ-40/BR)* ”, que

apresentou 40 questões considerando mobilidade, atividades de vida diária, alimentação, comunicação e estado emocional. Neste questionário o indivíduo relatou suas habilidades ou fragilidades de acordo com seu desenvolvimento. A escala foi validada para a população brasileira com ELA e a sua pontuação variou de 0 a 100, quanto maior a pontuação pior a qualidade de vida³⁰.

3.4 Instrumentos

Os participantes realizaram uma tarefa desenvolvida pela Equipe de Sistemas de Informação da Universidade de São Paulo cujo objetivo consistia em alcançar o maior número possível de bolhas apresentadas no monitor de um computador de 11 polegadas, formando 7 linhas e 18 colunas com um total de 126 bolhas, representada na figura (Figura 1). Os indivíduos foram separados em três grupos que utilizaram diferentes interface para aquisição do movimento.

A descrição da tarefa e as interfaces de RV que foram utilizadas são descritas a seguir:

3.4.1 Tarefa

A tarefa foi dividida em duas fases: (1) a primeira fase foi caracterizada pela identificação da zona de destreza ou área de alcance, no qual o indivíduo teve que estourar o maior número de bolhas possíveis (mudando a cor de azul para cinza) em um tempo determinado de 30 segundos, identificando uma área de alcance, (Figura 1, quadro b); (2) a segunda fase foi caracterizada como fase de perseguição, neste momento o pesquisador

definiu uma bolha central (normalmente escolhida no centro da zona de destreza, na linha mais inferior), que mudou a cor para vermelho (Figura 1, quadro c). A partir deste momento o indivíduo perseguiu bolhas aleatórias que apareceram em sua zona de alcance alternada com o retorno a bolha central (Figura 1, quadro d); esta fase foi executada em 30 segundos. Para motivar e estimular a melhora do alcance, aleatoriamente o jogo forneceu bolhas “fora” da área de alcance e gerou um desafio maior para o indivíduo, incentivando-o a fazer movimentos mais amplos.

O software gerou informações das coordenadas x, y (linha e coluna), onde a bolha foi alcançada e o tempo de alcance da bolha. Durante a execução da tarefa o participante recebeu um feedback do número de bolhas alcançadas, o tempo de jogo restante e o número total de pontos obtidos nas tentativas, observando-se assim a performance motora dos participantes.

3.4.2 Interfaces

Para a realização da tarefa utilizou-se 3 diferentes interfaces: duas interfaces sem contato físico, sendo o Kinect® for Windows da Microsoft, representado pela Figura 1, composto por uma câmara tradicional RGB e um sensor de profundidade infravermelho (IR)^{31,32} e o *LMC*®, representado pela Figura 3, caracterizado como um sensor de movimento pequeno que demonstrou robustez ao medir os movimentos da mão e dedos^{33,34}. A interface com contato físico, o *Touchscreen*, foi a própria tela do computador, onde os indivíduos tocaram na tela com o intuito de estourarem as bolhas, realizando a tarefa (Figura 2). Vale salientar que o *Touchscreen* é uma interface sensível ao toque, manuseada por meio de pressão, criada com o objetivo de interagir com a

informação digital, maioritárias em modernos produtos eletrônicos de consumo, principalmente computadores, *tablets* e celulares³⁵.

Figura 1 – Representação gráfica de um indivíduo com ELA, utilizando a interface Kinect®, durante a tarefa virtual proposta

Quadro a – tela inicial da tarefa, com 126 bolhas; **quadro b** – indivíduo define a zona de destreza com toque na tela, durante 10 segundos; **quadro c** – pesquisador define uma bolha alvo, no centro da linha inferior da área de alcance; **quadro d**– indivíduo toca a bolha que aparece de forma aleatória (dentro da zona de perseguição); **e** – retorno a bolha alvo; **quadro f** – alguns toques são numa bolha fora da zona de perseguição, desafiando os limites do indivíduo; **quadro g**– indivíduo com ELA durante a tarefa utilizando a interface Kinect®

Figura 2 – Representação gráfica de um indivíduo com ELA, utilizando a interface *Touchscreen*, durante a tarefa virtual proposta

Quadro a – tela inicial da tarefa, com 126 bolhas; **quadro b** – indivíduo define a zona de destreza com toque na tela, durante 10 segundos; **quadro c** – pesquisador define uma bolha alvo, no centro da linha inferior da área de alcance; **quadro d** – Indivíduo toca a bolha que aparece de forma aleatória (dentro da zona de perseguição); **quadro e** – retorno a bolha alvo; **quadro f** – alguns toques são numa bolha fora da zona de perseguição, desafiando os limites do indivíduo; **quadro g** – Indivíduo com ELA durante a tarefa utilizando a interface *Touchscreen*

Figura 3 – Representação gráfica de um indivíduo com ELA, utilizando a interface LMC®, durante a tarefa virtual proposta

Quadro a – tela inicial da tarefa, com 126 bolhas; **quadro b** – indivíduo define a zona de destreza com toque na tela, durante 10 segundos; **quadro c** – pesquisador define uma bolha alvo, no centro da linha inferior da área de alcance; **quadro d** – indivíduo toca a bolha que aparece de forma aleatória (dentro da zona de perseguição); **quadro e** - retorno a bolha alvo; **quadro f** – alguns toques são numa bolha fora da zona de perseguição, desafiando os limites do indivíduo; **quadro g** – indivíduo com ELA durante a tarefa utilizando a interface LMC®.

3.5 Procedimentos e *Design*

Os indivíduos que participaram da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e após foram encaminhados para uma sala reservada e silenciosa para realização das tarefas, somente na presença do pesquisador.

O monitor do computador foi posicionado sobre uma mesa na frente dos participantes. A cadeira foi ajustada de acordo com o tamanho e necessidade do indivíduo, de tal forma que o apoio para os pés ficou disponível conforme a necessidade. Para os cadeirantes foi utilizada a própria cadeira de rodas. Após as adequações necessárias para a realização da tarefa, foram aplicados os questionários e as escalas de avaliação funcionais; em seguida o experimentador forneceu as instruções de forma verbal e realizou uma demonstração da tarefa de acordo com cada interface (Kinect® for Windows, LMC® ou *Touchscreen*). Os indivíduos foram instruídos a utilizarem a mão dominante (ou seja, o lado menos afetado) para todas as interfaces utilizadas durante o jogo.

Para a fase de aquisição foi definida uma meta de 300 bolhas a serem alcançadas na fase de definição da “Zona de Destreza”. Como foram apresentadas 126 bolhas em cada jogada, foram necessárias pelo menos três jogadas para atingirem a meta proposta. Logo após a etapa de “Zona de Destreza”, o pesquisador definiu uma bolha central e deu início a etapa da “Zona de Perseguição”.

Além da fase de aquisição todos os grupos realizaram um teste de retenção após 5 minutos com a realização de apenas uma jogada. Após a retenção foram realizados dois testes de transferência com troca de interfaces (ver tabela 1- delineamento da tarefa).

Tabela 1 – Delineamento da Pesquisa

GRUPOS		INTERFACES		
		Aquisição/Retenção	Transferência I	Transferência II
ELA	A: 10 participantes	<i>Touchscreen</i>	Kinect [®]	<i>LMC[®]</i>
	B: 10 participantes	Kinect [®]	<i>Touchscreen</i>	<i>LMC[®]</i>
	C: 10 participantes	<i>LMC[®]</i>	<i>Touchscreen</i>	Kinect [®]
CONTROLE	A: 10 participantes	<i>Touchscreen</i>	Kinect [®]	<i>LMC[®]</i>
	B: 10 participantes	Kinect [®]	<i>Touchscreen</i>	<i>LMC[®]</i>
	C: 10 participantes	<i>LMC[®]</i>	<i>Touchscreen</i>	Kinect [®]

3.6 Análise de Dados

As variáveis dependentes foram o número de bolhas alcançadas em um determinado período de tempo. As variáveis dependentes foram submetidas à ANOVA com fator 2 (Grupo: ELA, Controle) por 3 (Interfaces: Kinect[®], *Touchscreen*, *LMC[®]*) por 2 (Tentativas), com medidas repetidas no último fator. Para o fator tentativa, comparações separadas foram feitas na fase de aquisição (primeira tentativa de aquisição - PT contra última tentativa de aquisição - UT), retenção (UT contra tentativa de retenção - R) e transferência (R contra tentativa de transferência T1, R contratransferência tentativa T2). As comparações Post-Hoc foram realizadas utilizando o teste Tukey-HSD ($p < 0,05$).

Com relação ao grupo ELA, a tabela 2 apresenta a caracterização dos indivíduos, segundo o tempo de doença, a idade e as escalas de avaliação ALSFRS-R, FSS e ALSAQ-40/BR aplicadas no Setor de Investigação de Doenças Neuromusculares da Universidade Federal de São Paulo.

Tabela 2. Caracterização dos indivíduos de ELA, atendidos no SIDNM da Universidade Federal de São Paulo, segundo o tempo de doença, a idade e as escalas de avaliação

	Grupo com aquisição e retenção no:			p*
	Kinect®	Touchscreen	LMC®	
<i>n</i>	10	10	10	
Idade	58,1 (10,7)	59,2 (9,1)	61,1 (12,0)	0,819
Tempo de doença (mês)	73,6 (75,4)	34,5 (21,8)	28,9 (12,0)	0,077
ALSFRS-R	27,1 (5,8)	28,0 (7,5)	21,7 (8,1)	0,129
ALSFSS	36,8 (18,3)	36,8 (16,6)	45,8 (12,3)	0,359
Mobilidade	66,6 (17,6)	62,1 (27,4)	84,4 (24,0)	0,097
AVD's	54,7 (23,4)	56,4 (27,4)	77,9 (30,1)	0,122
Deglutição	31,0 (32,8)	28,4 (41,2)	57,4 (28,9)	0,137
Comunicação	37,0 (36,5)	22,6 (25,9)	56,0 (36,6)	0,099
Emocional	52,3 (26,8)	29,2 (14,7)	55,9 (29,0)	0,043*
ALSAQ-40/BR (Total)	228,9(100,4)	198,8 (77,9)	331,9 (102,1)	0,010**

ALSAQ-40/BR: AVD'S: atividade da vida diária; Teste de *post-hoc* ($p < 0.005$): *mostrou diferença entre os grupos Kinect e *Touchscreen* e entre Kinect® e LMC®; ** Teste de *post-hoc* mostrou diferença entre os grupos Kinect® e LMC® e entre *Touchscreen* e LMC®

O tempo dos sintomas da doença variou de 13 a 212 meses, sendo que a maior duração da doença em alguns indivíduos não esteve associada a sintomatologia mais grave; todos apresentaram movimentos no membro superior para poderem realizar a tarefa.

Em relação à escala de funcionalidade (ALSFRS-R), apresentaram valores variando de 10 a 39 e no instrumento de avaliação de fadiga (FSS) mostraram um *score* variando de 9 a 63, onde em 40% dos indivíduos avaliados houveram indicativos de presença de fadiga.

Em relação à escala de qualidade de vida (ALSAQ-40/BR), apresentaram valores variando de 0 a 100, com *scores* piores nos itens referentes à deglutição, mobilidade, emocional e conversação.

4.1 Resultados nas fases do protocolo

4.1.1 Aquisição

Efeitos significativos foram encontrados para Tentativas, $F(1, 54)=43,3$, $p<0,001$, $\eta^2=0,45$, Grupos, $F(1, 54)=15,3$, $p<0,001$, $\eta^2=0,22$ e Interfaces $F(2, 54)=11,1$, $p<0,001$, $\eta^2=0,29$. Este resultado sugeriu que todos aumentaram o número de bolhas atingidas da Primeira Tentativa (PT) ($M=64,4$) para a Última Tentativa (UT) ($M=84,0$) e ainda, que o grupo ELA apresentou pior desempenho ($M=64,5$) quando comparado ao grupo Controle ($M=83,9$). Além disso, os participantes que realizaram a aquisição no *Touchscreen*, apresentaram melhor desempenho ($M=90,2$) do que no Kinect® ($M=69,7$)

e no *LMC*[®] ($M=62,7$), mas não houveram diferenças significativas entre *Kinect*[®] e *LMC*[®]. Interação entre Grupo e Interface $F(2, 54) = 3,98$, $p = 0,024$, $\eta^2 = 0,13$ foi encontrada. Houveram diferenças entre os grupos Controle e ELA no *Touchscreen* ($M=106,9$ e $73,6$, respectivamente), *LMC*[®] ($M=75,0$ e $50,4$, respectivamente), mas não houveram diferenças com o dispositivo *Kinect*[®] ($M=69,8$ e $69,6$, respectivamente).

Figura 4. Representação das bolhas estouradas nas fases em ambos os grupos: ELA e Controle

PT = Primeira tentativa na fase de aquisição; UT = Última tentativa na fase de aquisição; R = Tentativa da fase de retenção; T1 = Primeira tentativa na fase de transferência com mudança de interface; T2 = Segunda tentativa na fase de transferência com a terceira interface; ELA = Grupo Esclerose Lateral Amiotrófica; Grupo Controle

4.1.2 Retenção

Não houveram efeitos ou interações para as Tentativas na fase de retenção. No entanto, um efeito principal para o Grupos $F(1, 54) = 25,1$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,32$ e Interfaces $F(2, 54) = 9,36$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,26$ foram encontrados. Houveram também interações

entre Grupos e Interfaces $F(2, 54) = 4,62$, $p = 0,014$, $\eta^2 = 0,15$. Da mesma forma que na fase de aquisição, este resultado mostrou que houveram diferenças significativas entre os Grupos Controle, ELA no *Touchscreen* ($M = 115,6$ e $81,7$, respectivamente) e no *LMC*[®] ($M = 94,1$ e $64,2$, respectivamente), mas não houveram diferenças significativas no Kinect[®] ($M = 78,9$ e $75,6$, respectivamente).

4.1.3 Transferência I

Efeitos significativos foram encontrados para Tentativas, $F(1, 54) = 16,7$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,24$ e Grupos, $F(1, 54) = 32,1$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,37$. Este resultado sugeriu que os participantes diminuíram os números de bolhas estouradas de R ($M = 86,0$) para T1 ($M = 74,2$) e além disso, o grupo Controle teve um maior número de bolhas estouradas ($M = 92,3$) do que no grupo ELA ($M = 67,9$). Interações entre Tentativas e Interfaces $F(2, 54) = 34,5$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,56$ e Grupos e Interfaces $F(2, 54) = 3,7$, $p = 0,031$, $\eta^2 = 0,12$ foram encontradas. O teste Post-Hoc mostrou que o grupo que realizou a fase de aquisição e a fase de retenção no Kinect[®] (Retenção $M = 76,7$) melhorou o desempenho na transferência com *Touchscreen* ($M = 92,5$), mas quando a prática foi realizada com o *Touchscreen* (Retenção $M = 98,4$), o desempenho piorou na transferência para o Kinect[®] ($M = 56,0$). Não houveram diferenças significativas entre a aquisição/retenção do *LMC*[®] (retenção $M = 82,9$) e transferência para Kinect ($M = 74,2$). Além disso, houveram diferenças entre os grupos Controle, ELA no *Touchscreen* ($M = 90,7$ e $63,7$, respectivamente) e no *LMC*[®] ($M = 97,3$ e $59,9$, respectivamente), mas não no Kinect[®] ($M = 89,1$ e $80,1$, respectivamente).

4.1.4 Transferência II

Efeitos significativos foram encontrados para Tentativas, $F(1, 54) = 19,5$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,27$ e Grupos, $F(1, 54) = 14,0$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,21$. Estes resultados sugeriram que os participantes diminuíram o número de bolhas estouradas de R ($M = 86,0$) para T2 ($M = 72,1$). Além disso, o grupo Controle teve um maior número de bolhas estouradas ($M = 88,4$) do que no grupo ELA ($M = 69,7$). Os resultados mostraram interação entre Tentativas e Interfaces, $F(2, 54) = 12,8$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,32$. O teste post hoc mostrou que o grupo que realizou as fases de aquisição e retenção no *Touchscreen* (retenção $M = 98,4$) melhorou o desempenho na transferência para *LMC* ($M = 62,1$), mas não houveram diferenças significativas entre a aquisição/retenção no Kinect® (retenção $M = 76,7$) e transferência para *LMC*® ($M = 74,2$), nem entre a aquisição/retenção no *LMC*® (retenção $M = 82,9$) e transferência para *Touchscreen* ($M = 80,2$).

O presente estudo teve como objetivo identificar qual dispositivo de RV foi mais eficaz em propiciar melhor desempenho e funcionalidade em indivíduos com ELA. Para tanto, utilizou-se uma tarefa de computador com a combinação dos dispositivos de interação de RV (Kinect[®], LMC[®] e *Touchscreen*) e um protocolo de aprendizagem motora para a realização da tarefa, considerando-se as fases de aquisição, retenção e transferência. O software utilizado foi capaz de identificar o desempenho motor dos indivíduos com ELA em cada dispositivo, através do número de bolhas estouradas.

Além do software e dispositivos de interação, foram utilizadas três escalas de avaliação que verificaram o estágio da doença, fadiga e qualidade de vida dos indivíduos com ELA. Essas escalas foram utilizadas para caracterização do grupo ELA que participaram da pesquisa e para caracterização dos grupos onde os indivíduos foram selecionados de forma randomizada. Os resultados mostraram diferenças significativas na parte emocional entre os grupos que iniciaram o processo de ganho de habilidade motora do grupo Kinect[®] versus grupo *Touchscreen*, e entre os grupos Kinect[®] versus LMC[®]. Com relação a parte motora das escalas não houveram diferenças significativas, mostrando homogeneidade entre os grupos.

Considerando a comparação entre o desempenho do grupo com ELA e GC, verificou-se que todos os participantes tiveram melhoras de desempenho com a prática na tarefa de realidade virtual proposta, independente do dispositivo de interação, porém o grupo ELA sempre apresentou desempenho inferior na mesma tarefa.

Supõem-se que as alterações músculo esqueléticas progressivas interferiram no desempenho dos indivíduos com ELA, principalmente por ser uma tarefa projetada no computador com dispositivos de interação de RV que requerem funções de membros

superiores. Ou seja, supõem-se que as diferenças no desempenho em indivíduos com ELA estejam relacionadas a vários fatores da doença.

Um destes fatores, é o aparecimento da destruição neuronal (característica precoce da doença), as fibras musculares inervadas são cada vez mais afetadas, atingindo grupos musculares, provocando uma fraqueza muscular assimétrica pouco específica e o aparecimento de fasciculações. Com o avançar da doença, os números de músculos envolvidos aumentam, levando a um comprometimento progressivo dos membros superiores e inferiores, alterações na musculatura mais proximal e por fim, a ausência total de atividade muscular³⁶.

No membro superior, fator importante para a interação com os dispositivos de RV, os indivíduos com ELA tendem a apresentar câibras com os movimentos voluntários, abalos espontâneos das unidades motoras ou fasciculações. Nas mãos, é mais comum a atrofia dos músculos intrínsecos, principalmente do músculo abductor curto do polegar e o primeiro interósseo dorsal, característica denominada como “*Split Hand*”, que altera a funcionalidade da mão³⁷. O predomínio da fraqueza extensora da mão é comum, desfavorece a realização dos movimentos finos e consequentemente uma maior perda de funções. Eisen *et al.*³⁸ cita que indivíduos com ELA apresentam perda muscular, perda dos movimentos de precisão, dificuldades de agarrar e manipular objetos que são extremamente importantes para as atividades funcionais do dia-dia.

Considerando a comparação entre os dispositivos de interação de RV verificou-se melhor performance motora na utilização do dispositivo *Touchscreen* para ambos os grupos, ELA e Controle. Este resultado foi contrário à hipótese inicial, onde esperou-se que os dispositivos virtuais (Kinect[®] e LMC[®]), que se caracterizaram por serem dispositivos sem contato físico, fossem mais funcionais que o *Touchscreen* (que

apresentou características mais reais), por não necessitarem de maior amplitude de movimentos e contrações musculares, como verificados no uso do *Touchscreen*.

Monteiro *et al.*²³ que realizaram comparações entre ambientes real e virtual, citaram que uma interação direta com o ambiente por meio do contato físico (tarefa mais real) disponibiliza um conjunto mais rico de informações para guiar o movimento do que uma tarefa mais abstrata, sem contato físico (tarefa mais virtual).

Por exemplo, os movimentos como agarrar ou bater em um objeto real, envolvem diferentes partes do sistema visual e proprioceptivo, direcionando os atos do executor a realizar a tarefas com precisão e exatidão³⁹⁻⁴¹; logo o acoplamento de informações em um movimento que está subjacente à tarefa de bater ou tocar um objeto real, são diferentes do acoplamento que está subjacente à tarefa mais abstrata e menos tangível, de atingir um objeto em um ambiente virtual²³.

Para a fase de transferência com troca do dispositivo, observou-se principalmente que os grupos que realizaram a aquisição com *Touchscreen* não conseguiram transferir a tarefa para os dispositivos sem contato físico. No entanto, observou-se que os grupos que na aquisição realizaram a tarefa sem contato físico, conseguiram melhor desempenho quando transferiram para o *Touchscreen*. Ou seja, apesar da dificuldade do dispositivo sem contato físico a vivência neste ambiente virtual possibilitou melhor desempenho quando a tarefa foi praticada em ambiente mais real (representado pelo *Touchscreen*).

Para a tarefa proposta, todos os participantes se beneficiaram do *Touchscreen* na tela do computador para apresentarem melhores desempenhos. Pode-se supor, que a tarefa realizada com os dispositivos sem contato físico provoca diferente organização espaço-temporal do movimento, principalmente considerando as dificuldades de

adaptação de cada indivíduo, supondo-se neste caso, que todos os indivíduos conseguirão aprender a tarefa, com um desempenho superior no dispositivo com toque físico. Provavelmente a característica abstrata dos dispositivos sem contato físico, que permitem controle na qualidade, intensidade, duração e frequência da exposição do indivíduo na tarefa⁴³, tenham dificultado a interação com o uso do *LMC*[®] e Kinect nos grupos avaliados. No entanto, esta dificuldade de adaptação viabilizou melhoria de desempenho quando os participantes realizaram a transferência para tarefa real.

Algumas dificuldades tecnológicas apresentadas pelos dispositivos sem contato físico, contribuíram para que estes resultados fossem diferentes das hipóteses apresentadas. Inicialmente a capacidade de rastreamento dos movimentos utilizando a tecnologia existente colaborou com a dificuldade no desempenho, nos dispositivos sem contato físico. Observou-se durante a coleta que tanto o Kinect[®] como o *LMC*[®] apresentaram algumas falhas durante a realização da tarefa, que foram difíceis de identificar, se foram falhas no próprio software desenvolvido ou decorrente da sensibilidade do próprio dispositivo. Losa *et al.*⁴³ citam o *LMC*[®] como uma ferramenta importante para a reabilitação, mas mencionam falha do rastreamento de movimentos dos dedos durante as atividades, por causa das mãos próximas ao sensor de movimento ou pela deficiência grave do paciente. Algo similar aconteceu em nosso estudo, pois observamos também, que o sensor de movimento do *LMC*[®] falhou em alguns movimentos pela aproximação do dedo do indivíduo no sensor, onde se deve manter uma distância para a utilização funcional do aparelho.

Apesar dos fatores limitantes, relacionados às limitações de sensibilidade dos dispositivos sem toque físico, às características motoras variadas dos participantes, número de participantes e pouca repetições para adaptações às tarefas, este trabalho

representou um avanço na compreensão pela busca de dispositivos apropriados que possam auxiliar na função motora de indivíduos com ELA, principalmente considerando que as interfaces de realidade virtual são instrumentos capazes de fornecerem a inclusão destes indivíduos. Segundo Wilson *et al.*⁴⁴ a utilização das interfaces no campo de estudo do desenvolvimento da RV é bastante promissora nas pesquisas em reabilitação e na prática clínica, por serem um sistema baseado em uma reabilitação inovadora e de baixo custo.

Desta forma, é importante enfatizar que neste trabalho utilizaram-se dispositivos distintos com o propósito de comparar as características de interação considerando-se amplitude, velocidade e sensibilidade de movimentos. O dispositivo correto para a prática de tarefas na reabilitação foi importante instrumento para trabalhar necessidades e capacidades dos indivíduos, considerando-se as limitações em atividades e participações funcionais, características de cada deficiência. Observou-se que o grupo de indivíduos com ELA avaliados, apesar das limitações apresentadas ficou evidente que o *Touchscreen* foi o dispositivo mais funcional.

O trabalho demonstrou que o dispositivo *Touchscreen* foi o que apresentou melhor desempenho funcional para indivíduos com ELA, oferecendo maiores capacidades para estes indivíduos na execução das tarefas, nas fases de aquisição e retenção, apesar de não terem permitido transferências para as tarefas com características mais virtuais. No entanto, os dispositivos com características mais virtuais apresentaram maiores dificuldades nas fases de aquisição e retenção, provavelmente pelas dificuldades nas tarefas realizada, mas propiciaram benefícios na transferência para o ambiente mais real utilizando a interface *Touchscreen*.

ANEXO 1

ALSFRS - R - Amyotrophic Lateral Sclerosis Functional Rating Scale Revised

A. Fala	4. Normal 3. Disartria leve 2. Disartria moderada, fala inteligível 1. Disartria grave, necessita comunicação não verbal 0. Anartria
B. Salivação	4. Normal 3. Excesso leve, pode haver sialorréia à noite ou no decúbito 2. Excesso moderado, sialorréia mínima 1. Excesso grave, sialorréia evidente 0. Salorréia intensa, necessita aspiração constante
C. Deglutição	4. Normal 3. Disfagia leve, ocasionalmente engasga 2. Disfagia moderada, necessita mudança na quantidade ou consistência 1. Disfagia grave, necessita sonda 0. Dieta parenteral ou por gastrostomia
D. Escrita	4. Normal 3. Lentificada, todas as palavras são legíveis 2. Algumas palavras ilegíveis 1. Capaz de manipular caneta, mas incapaz de escrever 0. Incapaz de manipular
E. Manipulação de alimentos e utensílios (pacientes sem gastronomia)	4. Normal 3. Lento, mas não necessita de ajuda 2. Lento e necessita de ajuda 1. Necessita de terceiros para os utensílios, mas pode alimentar-se sozinho 0. Necessita ser alimentado
E.1. Manipulação de alimentos e utensílios (pacientes com gastronomia)	4. Normal 3. Lento, mas capaz de todas as manipulações sem auxílio 2. Necessita algum auxílio 1. Praticamente toda a manipulação da dieta necessita de auxílio 0. Incapaz/necessita de auxílio total
F. Vestuário e higiene	4. Normal

	3. independente para todas as atividades, mas c/ dificuldade e eficiência diminuída 2. Necessita assistência intermitente ou p/ tarefas específicas 1. Necessita assistência total 0. Totalmente dependente
G. Atitude no leito e manipulação de roupa de cama	4. Normal 3. Lento, mas não necessita de ajuda 2. Pode mexer-se e ajustar roupa sem auxílio, mas com grande dificuldade 1. Pode iniciar tais atividades, mas necessita auxílio para terminá-las 0. Depende de auxílio total
H. Marcha	4. Normal 3. Alterações precoces 2. Necessita de auxílio 1. Restrito a cadeira de rodas ou leito 0. Paraplégico
I. Subir escadas	4. Normal 3. Lento 2. Perda equilíbrio ou fadiga 1. Necessita assistência 0. Incapaz
J. Respiração	4. Normal 3. Dispneia com esforço leve (andar/falar) 2. Dispneia ao repouso 1. Assistência ventilatória intermitente (noturna) 0. Dependente ventilador

ANEXO 2

Fatigue Severity Scale (FSS)

Nome:

Data:

Instruções:

“Farei agora 9 afirmações. Você deverá dar uma nota de 1 a 7, onde 1 significa que você discorda completamente e, 7 indica que você concorda plenamente com a afirmação. Lembre-se que estas afirmações referem-se as suas 2 últimas semanas”.

AFIRMAÇÕES							
1. Minha motivação é menor quando eu estou fatigado.	1	2	3	4	5	6	7
2. Exercícios me deixam fatigado.	1	2	3	4	5	6	7
3. Eu fico facilmente fatigado.	1	2	3	4	5	6	7
4. A fadiga interfere em meu desempenho.	1	2	3	4	5	6	7
5. A fadiga causa problemas frequentes para mim.	1	2	3	4	5	6	7
6. Minha fadiga impede um desempenho físico constante.	1	2	3	4	5	6	7
7. A fadiga interfere na execução de certas obrigações e responsabilidades.	1	2	3	4	5	6	7
8. A fadiga é um dos três sintomas mais incapacitantes que tenho.	1	2	3	4	5	6	7
9. A fadiga interfere em meu trabalho, família ou vida social.	1	2	3	4	5	6	7

Escore:

ANEXO 3

ALSAQ 40 / BR

ESCALA ELA – As seguintes situações referem a dificuldades que você teve caminhado durante as últimas 2 semanas. Indique com que frequência estas situações acontecem com você.

Nunca (0-20)	Raro (20-40)	Às vezes (40-60)	Frequente (60-80)	Sempre (80-100)
------------------------	------------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------------

Mobilidade Física	
1	Tenho encontrado dificuldade para caminhar curtas distâncias, isto é, em volta da casa.
2	Tenho caído enquanto ando.
3	Tenho tropeçado enquanto caminho.
4	Tenho perdido meu equilíbrio enquanto caminho.
5	Tenho tido que prestar atenção enquanto caminho.
6	Caminhar tem me fadigado completamente.
7	Tenho tido dores em minhas pernas enquanto caminho.
8	Tenho encontrado dificuldade em subir e descer degraus.
9	Tenho encontrado dificuldade para ficar em pé.
10	Tenho encontrado dificuldade para levantar-me de cadeiras.

Atividades de vida diária e Independência	
11	Tenho encontrado dificuldade em utilizar meus braços.
12	Tenho encontrado dificuldade em virar e movimentar-me na cama.
13	Tenho encontrado dificuldade em pegar pequenos objetos.
14	Tenho encontrado dificuldade em manter livros e jornais, ou virar as páginas.
15	Tenho encontrado dificuldade em escrever claramente.
16	Tenho encontrado dificuldade em fazer trabalhos de casa.
17	Tenho encontrado dificuldade para alimentar-me sozinho.
18	Tenho encontrado dificuldade em escovar meus cabelos ou escovar os dentes.
19	Tenho encontrado dificuldade em vestir-me.
20	Tenho encontrado dificuldade em lavar a mão na pia.

Comer e beber	
21	Tenho encontrado dificuldade em engolir.
22	Tenho tido dificuldade em mastigar comidas sólidas.
23	Tenho encontrado dificuldade em beber líquidos.

Comunicação	
24	Tenho encontrado dificuldade em participar da conversa pela dificuldade na fala.
25	Tenho sentido que as pessoas não compreendem o que eu falo.
26	Tenho tido dificuldade em falar algumas palavras ou letras.
27	Tenho tido que falar muito devagar.
28	Tenho falado menos que de costume pela dificuldade na fala.
29	Tenho estado incomodado com minha fala.
30	Tenho consciência sobre as dificuldades da minha fala.

Reações emocionais	
31	Tenho sentido solitário.
32	Tenho estado aborrecido.
33	Tenho sentido envergonhado em situações sociais.
34	Tenho estado sem esperanças em relação ao futuro.
35	Tenho sentido preocupado em depender dos outros.
36	Tenho refletido porque continuo lutando.
37	Tenho dificuldades em aceitar a doença.
38	Tenho estado deprimido.
39	Tenho preocupações com o futuro.
40	Eu tenho sentido dependente nas AVDs.

ANEXO 4

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 20/05/2015, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 105/15 intitulado: “**TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM MOTORA ENTRE AMBIENTES REAL E VIRTUAL NA ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**” apresentado pelo Departamento de FMUSP

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Carlos Bandeira de Mello Monteiro

Pesquisador (a) Executante: Isabela Lopes Trevizan

CEP-FMUSP, 21 de Maio de 2015.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

ANEXO 5**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO -
HCFMUSP****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL
LEGAL****1.NOME:**

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº:

SEXO: .M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº

APTO: BAIRRO:

CIDADE: CEP:

TELEFONE: DDD ()

2.RESPONSÁVEL LEGAL.....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

DOCUMENTO DE IDENTIDADE:

SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO.:/...../.....

ENDEREÇO: Nº

APTO: BAIRRO:

CIDADE..... CEP:

TELEFONE: DDD ()

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na Esclerose Lateral Amiotrófica

2. PESQUISADOR: Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro

CARGO/FUNÇÃO: Fisioterapeuta

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº CREFITO 16531-F

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO ☐

RISCO MÉDIO ☐

RISCO BAIXO ☐

RISCO MAIOR ☐

4.DURAÇÃO DA PESQUISA: 24 meses

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO HCFMUSP

1- **Desenho do estudo e objetivo(s)**

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo. O objetivo é identificar qual o melhor dispositivo virtual para os pacientes e verificar a qualidade de movimento nos dispositivos.

2- **Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros;**

O participante será posicionado em uma mesa com o computador instalado à sua frente. Ele será orientado sobre o uso dos dispositivos e sobre a realização da tarefa.

3- **Relação dos procedimentos rotineiros e como são realizados**

Antes de realizar a tarefa, aplicaremos algumas escalas de avaliação funcional, fadiga e qualidade de vida.

4- **Descrição dos desconfortos e riscos esperados nos procedimentos dos itens**

Não será realizado nenhum procedimento que traga desconforto, existe um risco mínimo de escorregar durante o jogo, por isso sempre haverá duas pessoas responsáveis ao lado para ensinar as tarefas e ajudar se precisar.

5- **Benefícios para o participante:**

Com este trabalho poderemos identificar qual o melhor dispositivo de interação virtual para as pessoas com Esclerose Lateral Amiotrófica, analisando, também a qualidade de movimento de membro superior dessas pessoas, em relação aos dispositivos. Os benefícios virão a partir dos resultados do estudo, na medida em que fornecerão dados para a utilização de um dispositivo adequado para pessoas com Esclerose Lateral Amiotrófica e no seu processo de tal dispositivo para melhor interação e independência do paciente.

6- **Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar;**

Não há, a não ser o conhecimento que os resultados coletados poderão ajudar os terapeutas na organização da terapia.

7- **Garantia de acesso**

Em qualquer etapa do estudo, o participante terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de dúvidas. O principal investigador é o Dr. Carlos Monteiro que pode ser encontrado no endereço Rua Arlindo Bértio, 1000-Ermelino Matarazzo. São Paulo, SP – Brasil e pelo telefone: (11) 999539716, a investigadora executante é a Fisioterapeuta Isabela Lopes Trevizan, que pode ser encontrada pelo Telefone (11) 95919.1111.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20 – e-mail: cappesq@hcnet.usp.br

8- É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

Se o participante não quiser mais participar do trabalho, tem toda a liberdade de retirar seu consentimento e não será prejudicado ou cobrado de nada, sendo garantida a continuidade das atividades.

9- Direito de confidencialidade:

É importante dizer que o nome dos participantes é confidencial e não será exposto em momento algum.

10- Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas:

Se os participantes quiserem saber mais sobre este trabalho ou tiverem alguma dúvida do que estamos fazendo com suas respostas, estamos à disposição para ajudar e se necessário podemos mostrar o trabalho com mais detalhes. É garantido o acesso, a qualquer momento, às informações sobre procedimento, risco e benefícios relacionados à pesquisa.

11- Despesas e compensações:

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

12- Compromisso do pesquisador:

Nos comprometemos em utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Eficácia de diferentes dispositivos de interação em tarefa virtual na Esclerose Lateral Amiotrófica”.

Eu discuti com a fisioterapeuta Isabela Lopes Trevizan sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, -.

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Data: / /

1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Zanuteli E, Perez ABA, Oliveira ASB, Gabbai AA. Biologia molecular nas doenças do neurônio motor. *Rev Neurociências*.1994;12(1), 166-73.
- 2 Logroscino G, Traynor BJ, Hardiman O, Chiò A, Mitchell D, Swingler RJ, Beghi E. Incidence of amyotrophic lateral sclerosis in Europe. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2010;81(4):385-390.
- 3 Couratier P, Corcia P, Lautrette G, Nicol M, Preux PM, Marin B. Epidemiology of amyotrophic lateral sclerosis: A review of literature. *Revue neurologique*. 2015.
- 4 Handy CR, Krudy C, Boulis N, Federici T. Pain in amyotrophic lateral sclerosis: a neglected aspect of disease. *Neurology research international*, 2011;2011
- 5 Brownlee A, Bruening LM. Methods of communication at end of life for the person with amyotrophic lateral sclerosis. *Topics in Language Disorders*, 2012;32(2):168-185.
- 6 Cohen AR, Lohani S, Manjila S, Natsupakpong S, Brown N, Cavusoglu MC. Virtual reality simulation: basic concepts and use in endoscopic neurosurgery training. *Childs Nerv Syst*. 2013;29(8):1235–1244.
- 7 Hurkmans HL, Van Den Berg-Emons RJ, Stam HJ. Energy expenditure in adults with cerebral palsy playing Wii Sports. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(10):1577-1581.
- 8 Vissers M, Berg-Emons R, Sluis T, Bergen M, Stam H, Bussmann H. Barriers to and facilitators of everyday physical activity in persons with a spinal cord injury after discharge from the rehabilitation centre. *J Rehabil Med*. 2008;40:461-467.
- 9 Huber M, Rabin B, Docan C, Burdea GC, Abdelbaky M, Golomb MR. Feasibility of modified remotely monitored in-home gaming technology for improving hand function in adolescents with cerebral palsy. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*.2010;14(2):526-34.
- 10 Shih CH, Shih CT, Chu CL. Assisting people with multiple disabilities actively correct abnormal standing posture with a Nintendo Wii Balance Board through controlling environmental stimulation. *Res Dev Disabil*. 2010;31:936-42.
- 11 Cook AM, Hussey SM. "Seating and positioning systems as extrinsic enablers for assistive technologies." *Assistive Technology: Principles and Practice*. 1995;235-310.
- 12 Londral A, Pinto A, Pinto S, Azevedo L, De Carvalho M. Quality of life in amyotrophic lateral sclerosis patients and caregivers: Impact of assistive communication from early stages. *Muscle & nerve*. 2015;52(6),933-941.

- 13 Chang S, Woo J, Bahn S. Severe motor disability affects functional cortical integration in the context of brain-computer interface (BCI) use. *Ergonomics*. 2012;55(5):581-591.
- 14 Thompson DE, Gruis KL, Huggins JE. A plug-and-play brain-computer interface to operate commercial assistive technology. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2014 Mar;9(2):144-50.
- 15 Silvoni S, Cavinato M, Volpato C, Ruf CA, Birbaumer N, Piccione F. Amyotrophic lateral sclerosis progression and stability of brain-computer interface communication. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*. 2013 Sep;14(5-6):390-6.
- 16 Lancioni G, Singh NN, O'reilly MF, Green VA, Ferlisi G, Ferrarese G, Zullo VS, Schirone S, Oliva D. A man with amyotrophic lateral sclerosis uses a mouth pressure microswitch to operate a text messaging system with a word prediction function. *Dev Neurorehabil*. 2013 Oct;16(5):315-20.
- 17 Caligari M, Godi M, Guglielmetti S, Franchignoni F, Nardone A. Eye tracking communication devices in amyotrophic lateral sclerosis: Impact on disability and quality of life. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*. 2013;14(7-8):546-52.
- 18 Kirner C, Siscoutto R. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações. In: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis – Rio de Janeiro, ed. SBC. 2007 May; 292.
- 19 Kirner C, Pinho MS. Introdução à realidade virtual. In *Workshop de Realidade Virtual*. 1997 Nov;1:1-40.
- 20 Mcallister D. Stereo and 3D Display Technologies. In: *Encyclopedia of Imaging Science and Technology*. 2002;1327-1344.
- 21 Microsoft Corporation. Kinect para Windows. 2011. <http://kinectforwindows.org/> (acessado 06 de abril de 2016).
- 22 Homônima. Leap Motion Controller. 2013. <http://leapmotion.com> (acessado 06 de abril de 2016).
- 23 Monteiro CBM, Massetti T, Da Silva TD, Van Der Kamp J, Abreu LC, Leone C, Savelsbergh GJ. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*. 2014 Jun 7;35(10):2430-2437.
- 24 WFN-ALS, World Federation of Neurology Research Group on Motor Neuron Diseases – Amyotrophic Lateral Sclerosis. Wfnals.org. 2014. Disponível em: <http://www.wfnals.org/index.html>.
- 25 Ross MA, Miller RG, Berchert L, et al. The rhCNTF ALS Study Group: Toward earlier diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis. *Revised criteria. Neurology*. 1998;50:768-772.

- 26 Faria DC, Favero FM, Fontes SV, Quadros AAJ, Oliveira ASB. Perfil clínico de pacientes com doença do neurônio motor no ambulatório da Unifesp. *Rev Neurocienc.* 2008;16(3):189-93.
- 27 Guedes K, Pereira C, Pavan K, Valerio BCO. Cross-cultural adaptation and validation of the Functional Rating Scale-Revised in Portuguese language. *Arq. Neuro-Psiquiatr.* 2010;68:1:44-47.
- 28 Cedarbaum. The Amyotrophic Lateral Sclerosis Functional Rating Scale: Assessment of Activities of Daily Living in Patients With Amyotrophic Lateral Sclerosis. *ArchNeurol.* 1996;53(2):141-147.
- 29 Krupp LB, Larocca NG, Muir-Nash J, Steinberg AD. The Fatigue Severity Scale: Application to Patients With Multiple Sclerosis and Systemic Lupus Erythematosus. *Arch Neurol.* 1989;46(10):1121-1123.
- 30 Pavan K, Marangoni BE, Zinezzi MO, Schmidt KB, Oliveira BC, Buainain RP, et. al. Validation of the amyotrophic lateral sclerosis assessment questionnaire (ALSQ-40) scale in the Portuguese language. *Arq. Neuropsychiatr.* 2010;68, 48–5110.
- 31 Difilippo N, Jouaneh M. Characterization of Different Microsoft Kinect Sensor Models. *IEEE Sensors J.* 2015;1.
- 32 Zhao K, Luximon A, Balasankar G, Chan C. A New Representational Method of Human Foot Anatomical Landmark and its Application in Foot Posture Data Acquisition. *Advances in Applied Digital Human Modeling.* 2014;4,79.
- 33 Fujimura M, Sato S, Higashi T, Oguri K. Study of mirror box therapy support system by Leap Motion. *Internacional Conference on Consumer Electronics. Taiwan.* 2015;430–431.
- 34 Marin G, Dominio F, Zanuttigh P. Hand gesture recognition with leap motion and kinect devices. In: *Image Processing (ICIP), 2014 IEEE International Conference on.* 2014;1565-1569.
- 35 Hou Z, Zhang Y, Yang Y. Enhancing Touch Screen Games Through a Cable-driven Force Feedback Device, Proceedings of the 2012. *International Conference on Virtual Reality and Visualization.* 2012;56(61):14-15.
- 36 Wijesekera LC, Leigh PN. Amyotrophic lateral sclerosis. *Orphanet journal of rare diseases.* 2009;4(1),1-22.
- 37 Menon P, Kiernan MC, Vucic S. ALS pathophysiology: insights from the split-hand phenomenon. *Clinical Neurophysiology.* 2014;125(1):186-193.
- 38 Eisen A, Kuwabara S. The split hand syndrome in Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry.* 2012;83(4):399-403.

- 39 Goodale MA, Jakobson LS, Keillor JM. Differences in the visual control of pantomimed and natural grasping movements. *Neuropsychologia*. 1994;10:1159-1178.
- 40 Milner AD, Goodale MA. Two visual systems reviewed. *Neuropsychologia*, 2008;46(3):774-785.
- 41 Van Der Kamp J, Rivas F, Van Doorn H, Savelsbergh G. Ventral and dorsal contributions in visual anticipation in fast ball sports. *International Journal of Sport Psychology*. 2008;39:100-130.
- 42 Emmelkamp PM. Technological innovations in clinical assessment and psychotherapy. *Psychotherapy and Psychosomatics*. 2005;74(6):336–343.
- 43 Losa M, Morone G, Fusco A, Castagnoli M, Fusco FR, Pratesi L, Paolucci S. Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: A feasibility pilot study. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2015.
- 44 Wilson PN, Foreman N, Stanton D. Virtual reality, disability and rehabilitation. *Disabil Rehabil*. 1997;19:213–220.