

# LEAP MOTION PARA TREINAMENTO DO MOVIMENTO DE PREENSÃO PARA ADULTOS COM LIMITAÇÃO MOTORA LEVE

## LEAP MOTION FOR GRIP MOVEMENT TRAINING FOR ADULTS WITH FINE MOTOR LIMITATION

Jefferson Carlos Alves<sup>1</sup>, Silvia Regina Matos da Silva Boschi<sup>2</sup>, Leonardo Lucas dos Santos<sup>3</sup>, Rafael Cunha da Silva<sup>4</sup>, Silvia Cristina Martini<sup>5</sup>, Alessandro Pereira da Silva<sup>6</sup>, Ely Antonio Tadeu Dirani<sup>7</sup>, Terigi Augusto Scardovelli<sup>8\*</sup>

### Resumo

As capacidades motoras são qualidades fundamentais na realização da atividade física e importantes para o bom desempenho das habilidades e para a execução de tarefas do dia-a-dia. Alguns trabalhos mostraram que os ambientes virtuais podem desempenhar um papel importante no tratamento e treinamento de pessoas com deficiência. O objetivo deste estudo é testar um sistema composto por um ambiente virtual 3D, acoplado ao Leap Motion, avaliando seu efeito na reabilitação dos movimentos das mãos em pacientes com alteração motora. Para elaboração do ambiente virtual foram utilizados *softwares* de criação de conteúdo 3D. O ambiente virtual é composto por quatro fases. Todas as fases possuem três esferas que devem ser inseridas, uma a uma, num orifício situado no piso do cenário. Cada fase apresenta um nível de dificuldade, desde empurrar o objeto até realizar o movimento de preensão. Ao término de cada fase é gerado um arquivo de log com o tempo de permanência na fase. Foram selecionados 18 voluntários, os quais após critérios de inclusão e exclusão, 10 voluntários participaram da pesquisa, com idade entre 26 e 77 anos ( $43,5 \pm 18,04$ ), sendo 5 feminino e 5 masculino. A intervenção foi constituída por 8 sessões de 15 minutos cada. A avaliação da força (dinamômetro) e coordenação motora (caixa de madeira) foi realizada na primeira, quarta e oitava sessão com o intuito de verificar a progressão do ganho ou não da coordenação motora e força de preensão palmar. A terapia em ambiente virtual mostrou melhora significativa nos tempos de execução da primeira fase do ambiente virtual quando comparamos a primeira sessão com a quarta e oitava sessão, além, disso, de uma segunda fase do ambiente virtual apresentou redução do tempo da primeira sessão em relação à oitava sessão. A terapia em ambiente virtual foi eficaz de promover a melhora na aptidão do movimento de preensão e destreza, tendo em vista a redução no tempo de execução do movimento tanto no ambiente virtual quanto no ambiente real.

**Palavras-chave:** ambiente virtual, preensão, limitação motora fina.

### Abstract

Motor skills are fundamental qualities in the performance of physical activity and important for a good performance of the skills and for the execution of daily tasks. Some papers have shown that virtual environments can play an important role in the treatment and training of people with disabilities. The aim of this study is to develop and test a system to stimulate the grip movement in people with mild motor limitations. This system consists of a virtual environment coupled to a hand movement tracking device for interaction with virtual objects. To create the virtual environment, it was used 3D content creation software. The virtual environment is formed by four phases, each one presents a level of difficulty, from pushing the object to performing the grip movement. Initially, 18 (eighteen) volunteers were selected, from which 10 (ten) were chosen following inclusion and exclusion criteria to participate of the research, aged between 26 and 77 years old ( $43.5 \pm 18.04$ ), being 5 women and 5 men. The intervention was structured by 8 (eight) sessions of

<sup>1</sup> Mestrado em Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [jefferson\\_alves@hotmail.com](mailto:jefferson_alves@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [boschi@umc.br](mailto:boschi@umc.br)

<sup>3</sup> Fisioterapia, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [leolucas.7@live.com](mailto:leolucas.7@live.com)

<sup>4</sup> Fisioterapia, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [rafael.ssh@hotmail.com](mailto:rafael.ssh@hotmail.com)

<sup>5</sup> Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [silviac@umc.br](mailto:silviac@umc.br)

<sup>6</sup> Doutorado em Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [alessandrops@umc.br](mailto:alessandrops@umc.br)

<sup>7</sup> Doutorado em Engenharia Biomédica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, [elydirani@gmail.com](mailto:elydirani@gmail.com)

<sup>8</sup> Doutorado em Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, [terigi@gmail.com](mailto:terigi@gmail.com)

\* Autor de correspondência

15 (minutes) minutes each. The strength evaluation (dynamometer) and motor coordination (wood box) were performed in the first, fourth and eighth sessions, in order to check the gain progress or not in both coordination and grip strength. The therapy in a virtual environment has shown significant improvement in execution time for the first phase of the virtual environment when the first session is compared with the fourth and eighth sessions. Besides, the second phase of the virtual environment has demonstrated a time reduction from the first session regarding the eighth session. The therapy in the virtual environment was able to promote the improvement in the grip movement ability and dexterity, considering the time reduction of movement execution in both virtual and real environments.

**Keywords:** virtual environment. grip. fine motor limitation

## 1 INTRODUÇÃO

O foco principal da reabilitação para indivíduos com perda de movimento do membro superior, como resultado de lesão cerebral adquirida, é a reaprendizagem de habilidades motoras específicas e de tarefas diárias. Esta reaprendizagem é essencial, pois a perda de movimento do membro superior muitas vezes resulta em uma redução da qualidade de vida (LEVIN *et al.*, 2015).

A coordenação motora fina é uma atividade que exige movimentos pequenos, requerendo um emprego de força mínima (SINGER, 1980). Entretanto essa atividade possui grande precisão ou velocidade, ou ambos, sendo executada principalmente pelas mãos e dedos, às vezes também pelos pés (WALL, 1982).

Os movimentos de preensão e pinça são diretamente conectados à coordenação motora fina. Segundo Newell *et al.* (1989), a pinça é um dos movimentos mais importantes para o ser humano. Cada indivíduo melhora esse movimento, tornando-se capaz de pegar coisas cada vez menores, realizando o movimento de pinça.

Uma ferramenta potencialmente terapêutica é o computador, pois em sua essência traz prazer, descobertas e autonomia (PRENSKY, 2001). É difícil encontrar uma pessoa que ao entrar em contato com um computador não fique fascinada (BARR *et al.*, 2007). Portanto o computador pode ser uma ferramenta muito útil para favorecer o desenvolvimento global das pessoas gravemente comprometidas em seu aspecto motor, tendo um papel relevante como instrumento de estímulo e comunicação (COLOMBO *et al.*, 2007; SCARDOVELLI e FRÉRE, 2015).

Alguns autores utilizaram o computador com ambientes virtuais para reabilitação de pacientes com Acidente Vascular Encefálico (AVE) (AVOLA *et al.*, 2013), para treinamento simulado (KORO *et al.*, 2005; SPAETH *et al.*, 2008; CHEN *et al.*, 2012), para reabilitação cognitiva de pacientes com diferentes tipos de distúrbios de saúde mental (COSTA e CARVALHO, 2004; SILVA e FRÈRE, 2011; SILVA *et al.*, 2015; IANAGUIVARA *et al.*, 2015), para lazer de deficientes visuais

(RAISAMO et al, 2007) e para analisar movimentos (CHUANG et al, 2002; BOSCHI e FRÈRE, 2013).

Os jogos computadorizados para reabilitação de membros superiores visam principalmente a estimulação dos movimentos da articulação do ombro, cotovelo ou punho (DEUSTSCH et al, 2008; GAGGLIOLI et al, 2006; TAKAHASHI et al, 2007) ou são utilizados para a motivação da criança (COLOMBO et al, 2007; SCARDOVELLI e FRÈRE, 2015). Outros trabalhos (LANGE et al, 2010; GOBRON et al, 2015; SINGH et al, 2013; LEVIN et al, 2012; THIELBAR et al, 2014) mostraram que os ambientes virtuais podem desempenhar um papel importante no tratamento e treinamento de pessoas com deficiência, mesmo sem o feedback tátil (SINGH et al, 2013; TUROLLA et al, 2013; BLEAKLEY et al, 2015).

Alguns autores (ENG et al, 2007; CAMEIRÃO et al, 2010) para aumentarem o realismo e o nível de imersão dos jogadores, desenvolveram um sistema e um ambiente 3D que utilizam uma webcam e realidade aumentada (HONDORI et al, 2013). Entretanto estes estudos não visavam a reabilitação de pessoas com limitações motoras finas. Em outro trabalho (CHANG et al, 2011) o Microsoft Kinect foi utilizado como ferramenta para reabilitação, porém não permite a interação de pessoas com limitações motoras finas. O Nintendo Wii foi utilizado como ferramenta de acesso ao computador (LEE, 2008), porém o sistema necessita de precisão no acionamento dos botões do console.

Segundo Moyà Alcover et al (2011), em alguns tratamentos com a fisioterapia tradicional, que utilizam exercícios repetitivos e monótonos, geralmente são desmotivadores, fazendo que o paciente muitas vezes abandone o programa de reabilitação. Atividades que otimizam o trabalho, atuando na percepção e agilidade e que interagem com tecnologias podem contribuir para um resultado positivo em reabilitações.

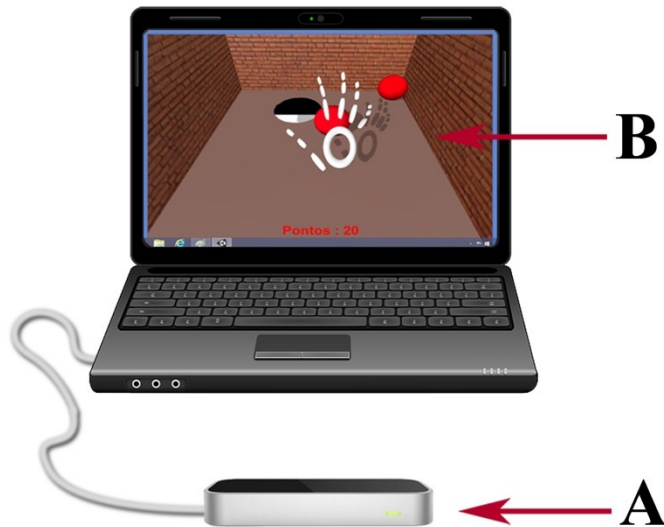
Com isso este estudo visa colaborar no tratamento de reabilitação de pessoas que possuem um comprometimento leve na coordenação motora fina. Para que este se torne mais atrativo e prazeroso. Para tanto foi desenvolvido um sistema composto por um ambiente virtual 3D acionado por um sensor de movimento (Leap Motion) para auxiliar pessoas com deficiência motora fina no treinamento do movimento de preensão através de recursos lúdicos.

### **3 MÉTODO**

O sistema proposto (Figura 1) é composto por um ambiente virtual (AV) e um dispositivo de acesso. Como dispositivo de acesso foi usado o Leap Motion que

permite capturar os movimentos realizados pelas mãos (LEAP MOTION, 2018; WEICHERT et al, 2013). O ambiente virtual foi desenvolvido utilizando os softwares de modelagem 3D, *Unity* e *Blender*.

**Figura 1:** Esquema da arquitetura do sistema. A) Sensor para a captura de movimento acoplado ao computador; B) Mão virtual projetada no ambiente virtual.

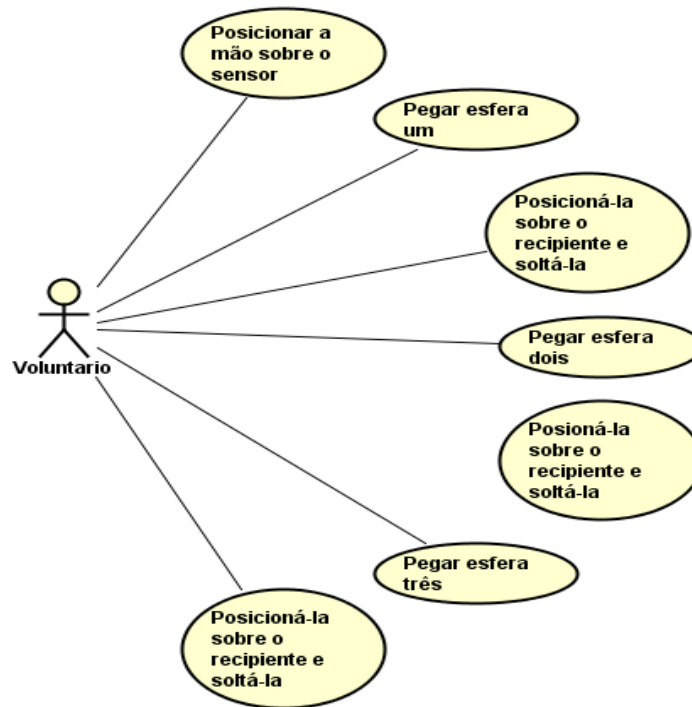


A ação esperada é realizada por meio dos movimentos da mão do voluntário no campo de ação do dispositivo de acesso. Esse movimento é capturado e transmitido para a mão virtuais modeladas, permitindo a interação do voluntário com os objetos da cena.

### 3.1 Levantamento dos requisitos do sistema

Para descrever a funcionalidade do ambiente virtual a partir do levantamento de requisitos funcionais, condição necessária para satisfazer um objetivo (SOMMERVILLE, 2007), foi elaborado o diagrama de caso de uso (Figura 2).

**Figura 2:** Diagrama de caso de uso do ambiente virtual desenvolvido.



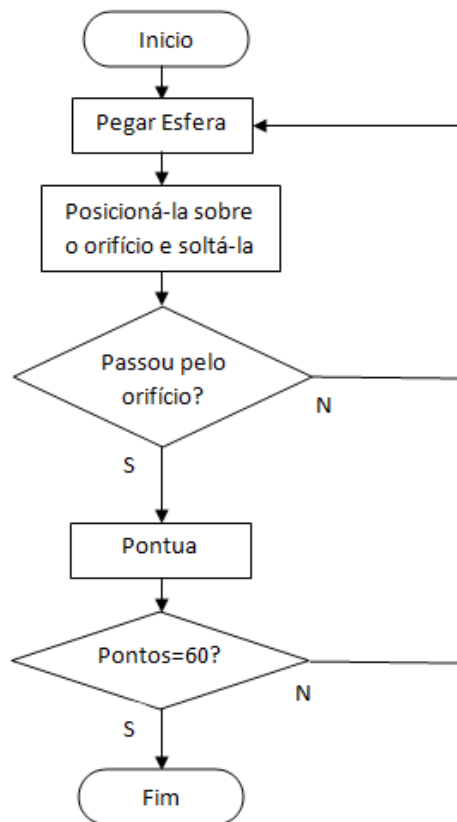
### 3.2 AMBIENTE VIRTUAL

O ambiente virtual é composto por um cenário delimitado por paredes laterais, teto e piso. Neste cenário foram dispostos quatro objetos: um orifício e três esferas.

Esse ambiente contém quatro fases com os mesmos objetos, mas cada uma com um nível de dificuldade diferente. Em cada fase a cor, a textura e o tamanho dos quatro objetos foram modificados.

O voluntário deve realizar a tarefa de capturar uma esfera, posicioná-la em cima do orifício e soltá-la. Caso a esfera passe pelo orifício é gerada uma pontuação (20 pontos). A Figura 3 ilustra o fluxograma de atividade do ambiente virtual proposto.

**Figura 3:** Fluxograma de atividade do ambiente virtual.



A ação deve ser repetida até que as três esferas disponibilizadas, na fase, sejam inseridas no orifício, esta dinâmica deve ser empregada em todas as fases. A cada fase concluída, o tempo de permanência na fase e a pontuação obtida são registrados em um arquivo de log.

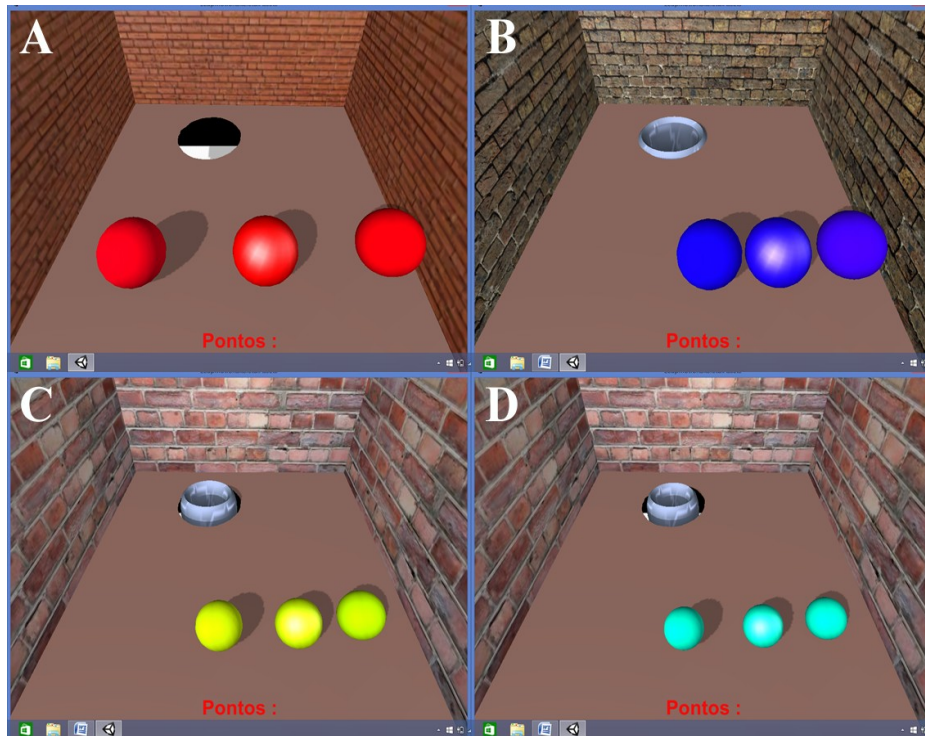
Para desenvolver os modelos que compõe o ambiente virtual foi utilizado a ferramenta gráfica Blender 3D, esta possui vários recursos de modelação, texturização, animação e pós-produção de conteúdos tridimensionais (KUHN, 2016; FISHER, 2014). Para desenvolver a interação entre os objetos modelados foi utilizado a ferramenta Unity que proporciona a recursos de criação de jogos e recurso de desenvolvimento multi-plataforma (UNITY, 2018).

O jogo foi desenvolvido em 4 fases. Na primeira fase as esferas são maiores (Figura 4a), sendo que nesta fase não existe nenhum tipo de barreira, o voluntário deve empurrar ou colocar as esferas dentro do orifício para pontuar.

Na segunda fase as esferas são da mesma medida que na primeira, porém o orifício é menor e ainda há uma pequena borda, exigindo assim mais controle do movimento de preensão pelo voluntário.

Na terceira fase as esferas têm tamanhos reduzidos (Figura 4c). O orifício onde devem ser colocadas é menor do que na segunda fase. Nesta fase a borda do orifício é mais alta. Na quarta fase as esferas são pequenas, o orifício onde são colocadas também é menor do que na terceira fase (Figura 4d). Nesta fase a borda do orifício está na mesma altura da terceira fase. O voluntário deve apresentar maior precisão no movimento para concluir a fase.

**Figura 4:** Fases do ambiente virtual. a) Primeira Fase; b) Segunda fase. c) Terceira Fase; d) Quarta Fase.



### 3.3 Participantes

Para o estudo experimental foram selecionados pacientes provenientes da Policlínica da Universidade de Mogi das Cruzes do setor de Fisioterapia Neurológica Adulto.

Os critérios para inclusão adotados neste estudo foram: a) homens e mulheres com idade a partir dos 18 anos; b) possuir diagnóstico clínico de patologias neurológicas; c) presença de déficit na coordenação motora fina e na força de preensão palmar; d) ser capaz de compreender as instruções para realização das ações do ambiente virtual, e; e) teste Mini Exame do Estado Mental (MEEM) (FOLSTEIN et al, 1975) com escore de no mínimo 23/24 pontos (máximo 30 pontos).

### 3.4 Procedimentos

Antes de cada teste com o ambiente virtual, cada voluntário recebeu instruções quanto ao funcionamento do dispositivo de acesso, objetivo e interação com ambiente virtual.

Todos os voluntários iniciaram o ambiente virtual na fase 1 evoluindo para as demais fases. Foi respeitado o limite de cada voluntário que poderia evoluir para as fases 2, 3 e 4, ou realizar apenas uma ou parte dela. Os voluntários não conheciam previamente o ambiente virtual e não foi permitido nenhum pré-teste.

Para os testes os voluntários utilizaram o dispositivo de acesso e um computador que estavam previamente instalados. Os voluntários realizaram os testes após o horário de atendimento da fisioterapia em companhia do fisioterapeuta responsável por seu atendimento. Inicialmente foi feita uma demonstração quanto a manipulação e acionamento do dispositivo de acesso e, em seguida, dadas as instruções quanto as fases do ambiente virtual. Todos os voluntários utilizaram somente o membro comprometido para interação com o ambiente virtual, realizando o movimento de preensão radio digital ou preensão em pinça superior.

A intervenção foi constituída por 8 sessões de 15 minutos cada, onde o voluntario utilizou um ambiente virtual acoplado a um *Leap Motion*, sendo um sensor que permite capturar os movimentos que são produzidos pelas mãos, e reproduzidos em um computador através de um ambiente virtual 3D, a fim de estimular a execução de seus movimentos mais refinados.

A avaliação da força e coordenação motora foi realizada na primeira, quarta e oitava sessão com o intuito de verificar a progressão do ganho ou não da coordenação motora e força de preensão palmar.

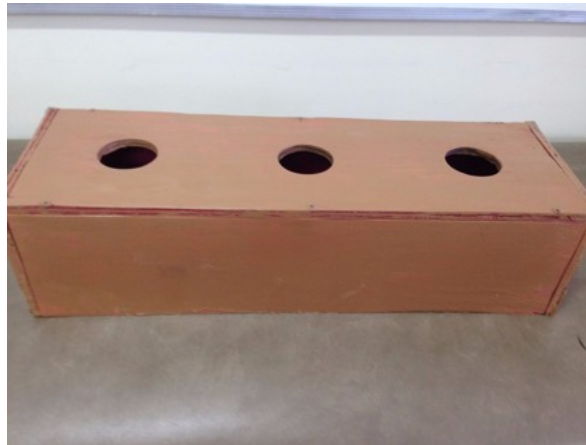
#### 3.4.1 Avaliação da força e coordenação motora

A força de preensão palmar foi avaliada por meio de um dinamômetro JAMAR® 5030-J, constituído por duas barras de aço paralelas, sendo uma fixa e outra móvel, que podem ser ajustadas em cinco posições diferentes. O voluntário estava sentado com o ombro aduzido e neutramente rodado, cotovelo flexionado a 90°, o antebraço em posição neutra, e o punho entre 0° e 30° de extensão e 0° a 15° de desvio ulnar e foi solicitado a ele o movimento de preensão. Esse teste foi realizado 3 vezes com um intervalo de 1 minuto entre cada um deles.

Em seguida era realizada a avaliação da coordenação motora, através da mensuração do tempo gasto para a realização de uma tarefa de encaixe. Para isso foi confeccionado uma caixa de madeira, apresentando as seguintes dimensões: 60 cm de comprimento, 15 cm de altura e 20 cm de largura (Figura 5). Em sua região superior há 1 orifício em formato circular, correspondendo a 6 cm de diâmetro.



**Figura 5:** Caixa de madeira para avaliação da coordenação motora.



Cada voluntário utilizou três bolas de tamanhos diferentes (P, M, G). O intuito foi adicionar colocar cada bola em cada um dos orifícios. O tempo foi mensurado através de um cronômetro.

#### 4 RESULTADOS

Através de uma amostra de conveniência, foram selecionados 18 pacientes sendo que 1 (um) foi excluído por não atingir a pontuação mínima no Mini Exame do Estado Mental, 3 (três) por não possuírem força de preensão palmar suficiente para realizar a avaliação com o dinamômetro e outros 4 (quatro) por desistência. De tal forma, totalizando 10 voluntários para a pesquisa (5 homens e 5 mulheres), com idade entre 26 e 77 anos ( $43,5 \pm 18,04$ ), como demonstra a tabela de caracterização dos voluntários (Tabela 1).

**Tabela 1:** Dados dos voluntários da pesquisa.

<b>Voluntário</b>	<b>Idade</b>	<b>Sexo</b>	<b>Diagnóstico Clínico</b>
<b>1</b>	77	Masculino	Acidente Vascular Encefálico
<b>2</b>	37	Feminino	Encefalopatia Crônica não Evolutiva
<b>3</b>	38	Feminino	Distonia Muscular de <i>Steinert</i>
<b>4</b>	26	Feminino	Encefalopatia Crônica não Evolutiva
<b>5</b>	71	Masculino	Acidente Vascular Encefálico
<b>6</b>	54	Masculino	Encefalopatia Crônica não Evolutiva
<b>7</b>	33	Masculino	Encefalopatia Crônica não Evolutiva
<b>8</b>	28	Feminino	Encefalopatia Crônica não Evolutiva
<b>9</b>	42	Masculino	Distonia
<b>10</b>	49	Feminino	Acidente Vascular Encefálico

Considerando os dados obtidos na mensuração da força de preensão palmar (Tabela 2) foi observado que os voluntários 3 e 6 tiveram a manutenção da força de preensão e os voluntários 5, 7 e 10 obtiveram um pequeno ganho. Porém os voluntários 1, 2, 4, 8 e 9 tiveram uma redução da força na 8ª sessão em comparação

com a aferição inicial. Ao realizar a comparação entre os dados obtidos na 1ª, 4ª e 8ª sessão não foi observada diferença estatística significativa com valores de  $p=0,1435$  da 1ª para 4ª e de  $p=0,1435$  da 1ª para 8ª.

**Tabela 2:** Mensuração da força de preensão palmar na 1ª, 4ª e 8ª sessão de treinamento.

Voluntário	Força de Preensão Palmar (kgf)		
	1ª Sessão	4ª Sessão	8ª Sessão
1	22	14	14
2	12	9	10
3	2	2	2
4	3	1	1
5	15	16	16
6	18	15	18
7	16	23	17
8	6	4	4
9	44	41	36
10	0	2	2

Na avaliação da destreza realizada na caixa de madeira (Tabela 3) foi observado que os voluntários 3, 6, 7, 9 e 10 tiveram uma diminuição no tempo de execução, sendo que os voluntários 9 e 10 se destacaram em tal quesito. Já o voluntário 4 manteve o tempo na bola P, entretanto, apresentou um aumento do tempo nas demais bolas. Em contrapartida, o voluntario 2 teve um aumento na bola P e G, e manutenção nos demais. Por fim, o voluntário 5 obteve uma diminuição no tempo com a bola P, um aumento na M e manutenção do tempo com a bola G. Foi observada uma diferença estatística significativa apenas na comparação dos dados da 4ª com a 8ª sessão com a utilização da bola P ( $p=0,0095$ ).

**Tabela 3:** Mensuração do tempo gasto em segundos para realização da tarefa na caixa de madeira com as três bolas (P, M, G).

Voluntário	1ª Sessão (segundos)			4ª Sessão (segundos)			8ª Sessão (segundos)		
	P	M	G	P	M	G	P	M	G
1	2	2	3	3	2	2	1	2	3
2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	2	1	2	1	2	2
5	7	3	3	4	4	2	2	4	3
6	4	3	2	3	3	2	2	1	1
7	2	3	2	1	2	2	1	1	1
8	3	1	1	3	3	1	2	2	1
9	11	5	5	1	1	1	1	1	1
10	6	6	8	4	3	2	3	2	2

O ambiente virtual foi acessado por um voluntário de cada vez, tendo por objetivo posicionar as três esferas de cada fase dentro do orifício. Cada voluntário acessou o ambiente virtual pelo tempo que necessitava para realizar o movimento, ou seja, não houve tempo determinado para realização da tarefa. Após a finalização do ambiente virtual foi gerado um arquivo de log com o tempo gasto em cada fase.

Ao analisar o tempo de execução do ambiente virtual nas quatro fases os voluntários 3, 4 e 9 apresentaram uma redução do tempo em todas as fases. O voluntário 7 apresentou redução nas 3 primeiras fases, porém, um aumento na 4ª fase. Os demais voluntários não conseguiram realizar as 4 fases nas 8 sessões, entretanto, os voluntários 2, 5, 6, 8 e 10 apresentaram redução do tempo de execução (Tabela 4). Ao comparar os dados alcançados na fase 1 do ambiente virtual para 1ª, 4ª e 8ª sessão de treinamento, foi observada uma diferença significativa entre a 1ª e 4ª sessão ( $p=0,0144$ ) e entre a 1ª e 8ª sessão ( $p=0,0166$ ). Em relação a fase 2 entre a 1ª e 8ª sessão ( $p=0,0180$ ).

Tabela 4: Mensuração do tempo gasto em segundos para realização das fases na realidade virtual na 1ª, 4ª e 8ª sessão de treinamento.

Voluntário	Fase 1 (segundos)			Fase 2 (segundos)			Fase 3 (segundos)			Fase 4 (segundos)		
	1ª.	4ª.	8ª.	1ª.	4ª.	8ª.	1ª.	4ª.	8ª.	1ª.	4ª.	8ª.
1	205	182	325	-	203	-	-	-	-	-	-	-
2	195	179	50	113	117	30	19	0	45	93	0	48
3	117	36	19	140	19	14	193	30	24	115	25	42
4	434	94	53	124	58	111	54	55	101	100	64	47
5	246	191	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	205	260	110	388	322	151	-	-	-	-	-	-
7	153	53	151	115	60	38	330	117	68	63	55	170
8	399	202	65	209	350	68	228	68	160	226	-	179
9	244	22	101	244	35	19	179	48	65	178	47	65
10	357	183	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## 5 DISCUSSÕES

Com o avançar tecnológico, visando uma melhoria nos tratamentos fisioterapêuticos, a busca pela modernidade se tornou algo imprescindível, levando ao aumento da utilização da realidade virtual no âmbito terapêutico. A utilização do *Leap Motion* como dispositivo de acesso ao ambiente virtual se destaca pela capacidade de detectar pequenos gestos e ao mesmo tempo proporcionando liberdade aos movimentos. Outro diferencial é a mobilidade do sistema, espaço necessário para utilização e o custo do dispositivo de acesso, além dos softwares utilizados na elaboração do ambiente virtual.

Neste estudo não foi encontrado ganhos significativos na força de preensão, indo contra os achados de Iosa et. al., (2015), porém, esse dado pode ser explicado pela característica do ambiente virtual, que exige muito mais coordenação motora do que força e a não associação a terapia convencional específica para a reabilitação da preensão palmar.

Entretanto, ao analisar individualmente os resultados obtidos, foi constatado que o uso do ambiente virtual foi satisfatório para otimização da terapia (PUTRINO et al., 2017). Ratificamos tal afirmativa, ao compararmos com os estudos de Choi et. al., (2016) e Kiper e Col, (2014), onde ambos desenvolveram um protocolo de reabilitação para as extremidades do membro superior parético em pacientes pós AVE que obtiveram melhores resultados quanto a funcionalidade, força muscular e análise cinemática do tempo na realização de tarefas determinadas pelos examinadores, no grupo que recebeu a intervenção com a realidade virtual em comparação com o grupo que recebeu apenas a terapia convencional. Assim mostrando a importância da somatória da realidade virtual durante as terapias e sua eficácia na recuperação de um membro superior parético. O ambiente virtual pode ser um importante colaborador no tratamento e treino de pessoas com alguma dificuldade motora leve.

Na avaliação da destreza, foi verificado que os tempos de execução na caixa de madeira tiveram redução significativa quando comparamos a quarta sessão com a oitava para a bola P, demonstrando um ganho na destreza de execução do movimento de preensão palmar em ambiente real após a intervenção em ambiente virtual. Esse dado vai de encontro com o estudo de Friedman et al., (2014).

Em relação a terapia em ambiente virtual, foi obtido uma melhora significativa nos tempos de execução da primeira fase quando comparamos a primeira sessão com a quarta e oitava sessão, além, disso a segunda fase apresentou redução do tempo da primeira sessão em relação à oitava.

Ao comparar esses dados com o ambiente real, foi observado uma relação entre a redução do tempo de execução no ambiente virtual com o real. Isso condiz com o estudo realizado por Galvão et. al., (2015), mostrando uma melhor aptidão nos movimentos do membro superior. Ainda nessa vertente, Do et. al., (2016) encontraram em seu estudo um acréscimo na qualidade dos movimentos isolados e em tarefas funcionais do membro superior, bem como, o aumento do uso do membro comprometido.

Em nosso estudo não obtivemos dados significativos com todos os voluntários, provavelmente por serem pacientes neurológicos, além disso,

dessemelhante aos estudos citados onde os mesmos usaram um grupo de voluntários com a mesma patologia, nosso estudo reuniu voluntários com diferentes patologias em um mesmo grupo.

## **CONCLUSÕES**

A realização deste estudo permitiu, através dos dados obtidos, demonstrar que a terapia em ambiente virtual foi eficaz em promover a melhora na aptidão do movimento de preensão e destreza, tendo em vista a redução no tempo de execução do movimento tanto no ambiente virtual quanto no ambiente real. O ambiente virtual com a utilização do Leap Motion permitiu estimular a execução dos movimentos de preensão nos voluntários.

Assim ratificando a importância e efetividade da associação da realidade virtual com a terapia convencional, afim de otimizar o tratamento fisioterápico. O uso da tecnologia (computador e dispositivo de acesso) é um fator estimulador sendo sugerida a utilização de dispositivos como estes nas reabilitações. Esta pesquisa pode ser uma alternativa para auxiliar na reabilitação da funcionalidade da mão de pacientes com déficits motores leves de membros superiores.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Pesquisa de São Paulo (FAPESP). O financiamento foi fornecido pelo número de concessão 2015/17379-8.

## **REFERÊNCIAS**

Avola D, Spezialetti M, Placidi G. Design of an efficient framework for fast prototyping of customized human–computer interfaces and virtual environments for rehabilitation. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2013; 110: 490-502.

Barr P, Noble J, Biddle R. Video game values: Human–computer interaction and games. *Interacting with Computers*, 2007; 19: 180-195.

Bleakley, C. M., Charles, D., Porter-Armstrong, A., McNeill, M. D., McDonough, S. M., McCormack, B. Gaming for health: A systematic review of the physical and cognitive effects of interactive computer games in older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 2015; 34: NP166-NP189.

Boschi SRMS, Frère AF. Grip and pinch capability assessment system for children. *Medical engineering & physics*, 2013; 35: 626-635.

Cameirão, M. S., i Badia, S. B., Zimmerli, L., Oller, E. D., Verschure, P. F. The rehabilitation gaming system: a virtual reality based system for the evaluation and rehabilitation of motor deficits. *2007 Virtual Rehabilitation 2007*; 29-33.

Chang YJ, Chen SF, Huang JD. A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. *Research in developmental disabilities*, 2011; 32: 2566-2570.

Chen, C. L., Hong, W. H., Cheng, H. Y. K., Liaw, M. Y., Chung, C. Y., Chen, C. Y. Muscle strength enhancement following home-based virtual cycling training in ambulatory children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*, 2012; 33: 1087-1094.

Choi YH, Ku J, Lim H, et al. Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke. *Restor Neurol Neurosci* 2016; 34: 455-463.

Chuang, T. Y., Huang, W. S., Chiang, S. C., Tsai, Y. A., Doong, J. L., Cheng, H. A virtual reality-based system for hand function analysis. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2002; 69: 189-196, 2002.

Colombo, R., Pisano, F., Mazzone, A., Delconte, C., Micera, S., Carrozza, M. C., ... & Minuco, G. Design strategies to improve patient motivation during robot-aided rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2007; 4: 3.

Costa RMEM, Carvalho LAV The acceptance of virtual reality devices for cognitive rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2004; 73: 173-182.

Deutsch, J. E., Robbins, D., Morrison, J., Bowlby, P. G. Wii-based compared to standard of care balance and mobility rehabilitation for two individuals post-stroke. *2009 virtual rehabilitation international conference 2009*; 117-120.

Do JH, Yoo EY, Jung MY, et al. The effects of virtual reality-based bilateral arm training on hemiplegic children's upper limb motor skills. *NeuroRehabilitation* 2016; 38: 115-127.

Eng, K., Siekierka, E., Pyk, P., Chevrier, E., Hauser, Y., Cameirao, M., ... & Schuster, C. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. *Medical & biological engineering & computing*, 2007; 45: 901-907.

Fisher G. *Blender 3D Basics Beginner's Guide*. Packt Publishing Ltd; 2014.

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatry Res* 1975; 12: 189-198.

Friedman N, Chan V, Reinkensmeyer AN, et al. Retraining and assessing hand movement after stroke using the MusicGlove: comparison with conventional hand therapy and isometric grip training. *J Neuroeng Rehabil* 2014; 11: 76.

Gaggioli, A., Meneghini, A., Morganti, F., Alcaniz, M., Riva, G. A strategy for computer-assisted mental practice in stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and neural repair*, 2006; 20: 503-507.

Galvão MLC, Gouvêa PM, Ocamoto GN, et al. Efeito da Realidade Virtual na Função Motora do Membro Superior Parético Pós-Acidente Vascular Cerebral. *Revista Neurociência* 2015; 23: 493-498.

Gobron SC, Zannini N, Wenk N, et al. Serious games for rehabilitation using head-mounted display and haptic devices. *International Conference on Augmented and Virtual Reality* 2015; 199-219.

Hondori HM, Khademi M, Dodakian L, et al. A spatial augmented reality rehab system for post-stroke hand rehabilitation. *MMVR* 2013; 279-285.

Ianaguivara ES, Candiago A, Kawamoto LT, et al. Virtual environment to aid the assessment of basic math concepts in children with ADHD. *Key Engineering Materials*, 2015; 339-343.

Iosa M, Morone G, Fusco A, et al. Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study. *Top Stroke Rehabil* 2015; 22: 306-316.

Kiper P, Agostini M, Luque-Moreno C, et al. Reinforced feedback in virtual environment for rehabilitation of upper extremity dysfunction after stroke: preliminary data from a randomized controlled trial. *BioMed research international*, 2014.

Koro K, Holobar A, Divjak M, Zazula D. Building interactive virtual environments for simulated training in medicine using VRML and Java/JavaScript. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2005; 80: S61-S70.

Kuhn C. *Blender 3D Incredible Machines*. Packt Publishing Ltd; 2016.

Lange BS, Requejo P, Flynn SM, et al. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 2010; 21: 339-356.

Leap Motion. *Leap Motion for Virtual Reality*. <https://www.leapmotion.com>; 2018.

Lee JC. Hacking the nintendo wii remote. *IEEE pervasive computing*, 2008; 7: 39-45.

Levin MF, Magdalon EC, Michaelsen SM, et al. Quality of grasping and the role of haptics in a 3d immersive virtual reality environment in individuals with stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2015; 23: 1047-1055, 2015.

Moyà Alcover B, Jaume-i-Capó A, Varona J, et al. Use of serious games for motivational balance rehabilitation of cerebral palsy patients. *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* 2011; 297-298.

Newell KM, Scully DM, Tenenbaum F, et al. Body scale and the development of prehension. *Developmental psychobiology*, 1989; 22: 817-832.

Prensky M. Fun, play and games: What makes games engaging. *DGBL* 2001; 5: 5-31.

Putrino D, Zanders H, Hamilton T, et al. Patient engagement is related to impairment reduction during digital game-based therapy in stroke. *Games Health J* 2017; 6: 295-302.

Scardovelli TA, Frère AF. The design and evaluation of a peripheral device for use with a computer game intended for children with motor disabilities. *Computer methods and programs in biomedicine*, 2015; 118: 44-58.

Silva AP, Frère AF. Virtual environment to quantify the influence of colour stimuli on the performance of tasks requiring attention. *Biomedical engineering online*, 2011; 10: 74.

Singer RN. *Motor learning and human performance: an application to motor skills and movement behavior*. New York: Macmillan Publishers; 1980.

Singh DKA, Nordin NAM, Aziz NAA, et al. Effects of substituting a portion of standard physiotherapy time with virtual reality games among community-dwelling stroke survivors. *BMC neurology*, 2013; 13: 199.

Sommerville I. *Software Engineering*. Pearson Education; 2015.

Spaeth DM, Mahajan H, Karmarkar A, et al. Development of a wheelchair virtual driving environment: trials with subjects with traumatic brain injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2008; 89: 996-1003.

Takahashi CD, Der-Yeghiaian L, Le V, et al. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain* 2007; 131: 425-437.

Thielbar KO, Lord TJ, Fischer HC, et al. Training finger individuation with a mechatronic-virtual reality system leads to improved fine motor control post-stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2014; 11: 171.

Turolla A, Dam M, Ventura L, et al. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2013; 10: 85.

Unity. Create games, connect with your audience, and achieve success. <https://unity3d.com/unity>; 2018.

Wall AE. "Physically awkward children: A motor development perspective." *Theory and research in learning disabilities*. Springer, Boston, MA, 253-268; 1982.

Weichert F, Bachmann D, Rudak B, et al. Analysis of the accuracy and robustness of the Leap Motion controller. *Sensors* 2013; 13: 6080-6393.