

ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERONTOLOGIA BIOMÉDICA

ELIANA DA SILVA JAQUES

**AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE USABILIDADE DE UM SISTEMA DE FEEDBACK VISUAL
EM ESPELHAMENTO BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL (MIRROR-UP) PARA A
REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR PÓS-ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

Porto Alegre
2020

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

ELIANA DA SILVA JAQUES

**AVALIAÇÃO DA PERCEÇÃO DE USABILIDADE DE UM SISTEMA DE
FEEDBACK VISUAL EM ESPELHAMENTO BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL
(MIRROR-UP) PARA A REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR PÓS -
ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica da Escola de Medicina da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gerontologia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Régis Gemerasca Mestriner

Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho

Porto Alegre

2020

Ficha Catalográfica

J36a Jaques, Eliana da Silva

Avaliação da percepção de usabilidade de um sistema de feedback visual em espelhamento baseado em realidade virtual (Mirror-Up) para a reabilitação do membro superior pós-acidente vascular cerebral / Eliana da Silva Jaques. – 2020.

109 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Régis Gemerasca Mestriner.

Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho.

1. Acidente vascular cerebral. 2. Neurônios espelho. 3. Usabilidade. I. Mestriner, Régis Gemerasca. II. Pinho, Márcio Sarroglia. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Clarissa Jesinska Selbach CRB-10/2051

ELIANA DA SILVA JAQUES

**AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE USABILIDADE DE UM SISTEMA DE
FEEDBACK VISUAL EM ESPELHAMENTO BASEADO EM REALIDADE VIRTUAL
(MIRROR-UP) PARA A REABILITAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR PÓS-
ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica da Escola de Medicina da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gerontologia Biomédica.

Linha de pesquisa: Aspectos clínicos e emocionais no envelhecimento.

Aprovada em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Régis Gemerasca Mestriner (Orientador)

Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho (Co-orientador)

Prof. Dra. Janete de Souza Urbanetto (PUCRS)

Prof. Dr Newton Terra (PUCRS)

Dedico esta Dissertação:

Aos meus queridos amigos e a minha família, por todo carinho e incentivo que sempre recebi. Em especial, dedico esse trabalho aos meus pais Laura e Enio, que sempre foram incansáveis e fizeram o possível e o impossível para que eu tivesse uma boa educação. Obrigado por acreditarem no meu potencial até mesmo nos momentos em que eu não acreditei. Obrigado por todo esse esforço, graças a isso, eu estou aqui. Agradeço também ao meu amor Eduardo, por sempre estar ao meu lado, por me incentivar, compreender a minha ausência quando foi preciso e por segurar a minha mão nos momentos difíceis. O caminho seria muito mais difícil se eu não tivesse a parceria e incentivo de vocês!

EU AMO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

RESUMO

O acidente vascular cerebral (AVC) é a principal causa de incapacidade na população adulta no Brasil e, infelizmente, as taxas de recuperação funcional completa do membro superior (MS) são da ordem de 5%. Neste contexto, a terapia do espelho (TE) vem sendo utilizada como uma das intervenções capazes de auxiliar neste processo de reabilitação e sua eficácia deve-se, supostamente, à ativação/plasticidade de neurônios-espelho. Entretanto, a prática da TE apresenta diversas limitações, seja pela baixa atratividade/monotonia das atividades propostas ou pela dificuldade do sujeito em realizar as tarefas olhando exclusivamente para o espelho. Assim, desenvolvemos um aplicativo de celular que fornece um sistema de *feedback* visual em espelhamento (*Mirror-Up*) para ser utilizado como óculos/capacete de realidade virtual (RV), de baixo custo, o que teoricamente minimiza tais problemas e potencializa a ilusão de espelhamento. Deste modo, o *Mirror-Up* inverte a imagem corporal do indivíduo promovendo maior sensação de uso virtual do MS afetado pelo AVC durante a realização de tarefas sensório-motoras. O objetivo deste estudo é avaliar a usabilidade do sistema *Mirror-Up* em comparação com a TE. Um total de 15 participantes com histórico de AVC e comprometimento do MS foram estudados. Além disso, idosos (n=15) e jovens (n=15) sem histórico de AVC também foram avaliados, uma vez que a idade poderia ser uma variável interveniente à percepção de usabilidade do sistema proposto. Todos os 45 participantes realizaram 2 atividades idênticas usando a TE e o sistema *Mirror-Up*, em ordem randômica, totalizando 20 minutos de experiência. Ao término das atividades, aplicou-se os questionários de usabilidade System Usability Scale (SUS) e NASA Task Load Index (NASA-TLX) e um questionário sobre a percepção das experiências. A frequência de queixas e o desempenho nas tarefas também foram avaliados. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP-PUCRS). Os resultados mostraram que tanto a TE quanto o *Mirror-Up* não apresentaram níveis satisfatórios de usabilidade, não havendo superioridade de nenhuma das experiências quanto à percepção de usabilidade. Além disso, o *Mirror-Up* mostrou-se inferior à TE em termos de queixas de desconforto. Sugere-se testar novas interfaces/capacetes que proporcionem maior conforto visual antes da condução de ensaios clínicos randomizados para a determinação da eficácia do *Mirror-Up*.

Palavras-chave: Acidente vascular cerebral. Neurônios espelho. Usabilidade.

ABSTRACT

Stroke is the main cause of disability in the adult population in Brazil. Unfortunately, the functional recovery of the upper limb (UL) is fully completed only in 5% of the stroke survivors. In this context, mirror therapy (MT) has been used as an intervention to help rehabilitation process in stroke survivors and the effectiveness of the technique is likely due to the activation / plasticity in mirror neurons. However, the practice of MT has several limitations, either due to the low attractiveness / monotony of the proposed activities or the person's difficulty in performing tasks looking exclusively at the mirror-based feedback. Thus, we developed a mobile phone system that provides a mirror-up visual feedback (Mirror-Up) to be used as low-cost virtual reality (VR) glasses / helmets. This, theoretically, minimizes such problems and enhances the illusion of mirroring. In this way, Mirror-Up inverts the individual's body image, promoting a greater sensation of being using the stroke-affected UL during the sensorimotor tasks. The goal of this study was to evaluate the usability perception of the Mirror-Up system in comparison with the traditional MT. A total of 15 participants with a history of stroke and UL disability were studied. In addition, elderly (n = 15) and young groups (n = 15) without a history of stroke were also assessed, since the age could be a confounding variable in the usability perception metrics. All 45 participants performed two identical tasks using the traditional MT and Mirror-Up system, in a random order, totaling 20 minutes of experience. At the end of the tasks, System Usability Scale (SUS) and NASA Task Load Index (NASA-TLX) as well as some open questions regarding usability perception were applied. The frequency of complaints and participant's performance on tasks were also assessed. The study was approved by the Ethics Committee (CEP-PUCRS). The results showed both the MT and Mirror-Up did not present satisfactory levels of usability perception, without superiority of any of the experiences. In addition, Mirror-Up was found to be inferior to MT in terms of self-referred discomfort. However, the Mirror-Up prevented cheating during the tasks, which probably generated more difficulty to the participants when performing the tasks. To test new interfaces / helmets is suggested to provide greater visual comfort before conducting randomized clinical trials to determine the Mirror-Up effectiveness.

Keywords: Stroke. Mirror neurons. Usability.

LISTA DE SIGLAS

App	Aplicativo
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVCH	Acidente Vascular Cerebral Hemorrágico
AVCI	Acidente Vascular Cerebral Isquêmico
CR	Centro de Reabilitação
IGG	Instituto de Gerontologia Biomédica da PUCRS
MS	Membro Superior
MsSs	Membros Superiores
NASA-TLX	<i>Nasa Task Load Index</i>
NE	Neurônios Espelhos
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
RV	Realidade virtual
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TE	Terapia do Espelho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	ENVELHECIMENTO E DOENÇAS CEREBROVASCULARES	12
2.1.1	Acidente Vascular Cerebral (AVC)	13
2.2	NEURONIOS ESPELHOS	16
2.3	REABILITAÇÃO PÓS AVC	17
2.3.1	Terapia do Espelho	19
2.3.2	Terapias com Realidade Virtual	20
2.4	USABILIDADE	25
3	JUSTIFICATIVA	27
4	OBJETIVOS	30
4.1	OBJETIVO GERAL	30
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
5	HIPÓTESES	31
6	MÉTODO	32
6.1	DELINEAMENTO	32
6.1.1	Desenho do estudo	32
6.2	TAREFAS	34
6.2.1	Tarefa de encaixes na caixa de blocos	34
6.2.2	Tarefa “Cilada”	35
6.3	POPULAÇÃO E AMOSTRA	36
6.3.1	Critérios de Elegibilidade	37
6.3.2	Critérios de Inclusão	37
6.3.3	Critérios de Exclusão	38
6.4	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS	38
6.4.1	Escala Fulg-Meyer	38
6.4.2	6.4.2 Escala System Usability Scale (SUS)	39
6.4.3	Escala Nasa-Tlx	40
6.4.4	Stroke Specific Quality of Life Scale (Ss-Qol)	41
6.4.5	Stroke Selt-Efficacy Questionnarie (SSEQ)	42
6.4.6	Índice de Barthel	42
6.4.7	Índice De Atividades De Frenchay (FAI)	42

6.5	ADMINISTRAÇÕES DAS EXPERIÊNCIAS.....	43
6.6	DESFECHOS	44
6.6.1	Desfecho Primário	44
6.6.2	Desfechos Secundários	44
6.7	CÁLCULO DO TAMANHO AMOSTRAL.....	36
6.8	RECRUTAMENTO	37
6.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
6.10	LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	44
6.11	ASPECTOS ÉTICOS.....	44
7	RESULTADOS.....	45
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
9	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICE A– TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	82
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SOBRE EXPERIÊNCIA	85
	ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	87
	ANEXO B – ESCALA FUGL MEYER	90
	ANEXO C- ESCALA - SYSTEM USABILITY SCALE (SUS).....	93
	ANEXO D – ESCALA NASA –TLX.....	94
	ANEXO E- STROKE SPECÍFIC QUALITY OF LIFE SCALE (SS-QOL).....	96
	ANEXO F - STROKE SELF-EFFICACY QUESTIONAIRE SSEQ	103
	ANEXO G - ÍNDICE DE BARTHEL.....	106
	ANEXO H - FRENCHAY ACTIVITY INDEX – VERSÃO PORTUGUÊS	108

1 INTRODUÇÃO

Em 1970 o Brasil teve seu perfil demográfico modificado, passando de uma sociedade predominantemente rural e tradicional, com famílias grandes, para uma sociedade urbana, com poucos filhos e com uma nova estrutura familiar (LEONE; MAIA; BALTAZAR, 2010). Além disso, o país modificou sua população, predominantemente jovem em um passado recente (VASCONCELOS; GOMES, 2012), para uma demografia com um número muito significativo de pessoas idosas com mais de 60 anos de 2000 – 2010. Atualmente o Brasil tem uma expectativa de vida em torno de 74,9 anos (MALACHIAS, et al. 2016).

Tal modificação no perfil sociodemográfico é um desafio para o sistema de saúde e previdência social. Por esse motivo, é fundamental investir em ações de prevenção e atenção à saúde ao longo de todas as fases da vida (KALACHE, 2008). Se as estimativas se confirmarem, o grupo etário com indivíduos acima de 60 anos irá dobrar de 2000 a 2020, dando um salto de 13,9 para 28,3 milhões, podendo aproximar-se de 64 milhões em 2050 (FERREIRA et al. 2019)

As taxas de incidência de Acidente Vascular Cerebral (AVC) no Brasil variam entre 137 e 168 por 100.000 habitantes, sendo a principal causa de dependência no país (LIMA *et al.*, 2015). Mais de 60% dos indivíduos que sofreram um AVC permanecem, após seis meses, com dificuldades motoras relacionadas à habilidade manual, o que acaba por afetar as atividades de vida diária (AVDs) e o retorno às suas vidas profissionais ((CHOI *et al.*, 2016). Esta doença também traz grandes custos para a sociedade, em função das despesas hospitalares e da necessidade crônica de cuidado (JOO *et al.*, 2014; RAJSIC *et al.*, 2018).

Diversas estratégias fisioterapêuticas vêm sendo desenvolvidas visando maximizar a recuperação funcional dos sujeitos. Uma das alterações mais refratárias ao tratamento é a heminegligência corporal, na qual o sujeito apresenta uma disfunção proprioceptiva e sensorial, negligenciando o hemicorpo afetado. Acredita-se que as disfunções perceptivas e sensoriais sejam uma das barreiras para a obtenção de maiores níveis de recuperação funcional pós-AVC (OGOURTSOVA *et al.*, 2017).

Uma das estratégias fisioterapêuticas que vem sendo adotada para tratar déficits de representação corporal pós-AVC é a chamada terapia do espelho (TE) do

inglês *Mirror Therapy*, que estimula os chamados neurônios espelhos (ZHANG *et al.*, 2018). Tais neurônios, muitos deles localizados no córtex pré-motor do lobo frontal, disparam de modo semelhante tanto quando o sujeito realiza ou apenas observa a realização de um movimento (DECONINCK *et al.*, 2015).

Atualmente, acredita-se que diversas regiões cerebrais possuam neurônios com características de neurônios-espelho, o que poderia explicar uma série de comportamentos humanos, incluindo a empatia (LAMM; MAJDANDŽIĆ, 2015) e o aprendizado por imitação (OH *et al.* 2018). Acredita-se que a ativação terapêutica de tais neurônios possa contribuir para otimizar a plasticidade cortical pós-AVC e a recuperação funcional (ZHANG *et al.*, 2018).

Do ponto de vista terapêutico, utilizam-se espelhos convencionais para promover uma ilusão de óptica, como se os membros afetados estivessem se movendo (durante o movimento do membro não-afetado) (PÉREZ-CRUZADO *et al.*, 2017; SCHICK *et al.*, 2017). Tal instrumentação técnica, no entanto, é pouco prática, promove terapêutica monótona, atinge baixo volume de treino, necessita da presença do terapeuta durante a prática e não promove sensação de engajamento do paciente na atividade. Tais fatores somados reduzem, potencialmente, a efetividade do tratamento e, conseqüentemente, o tornam pouco usual na rotina assistencial (HORNE *et al.*, 2015).

Existe uma clara carência de tecnologia que possa contribuir para superar tais barreiras, garantindo que os princípios teóricos da terapia do espelho possam ser utilizados na prática clínica, de uma forma mais motivadora e eficaz para promover melhores níveis de recuperação.

Idealmente, a utilização combinada de sistemas de realidade virtual (RV) com os princípios da terapia do espelho podem ser a saída para a obtenção desta tecnologia. Acredita-se que a incorporação desta terapia com a RV poderá permitir um tratamento fisioterapêutico adjuvante mais flexível, focado nas disfunções corporais sensório-motoras sensoriais e perceptuais do sujeito, podendo ser executado no domicílio do usuário, sem a necessidade de supervisão presencial do fisioterapeuta e/ou profissional da saúde.

Neste contexto surgiu a concepção do sistema *Mirror-Up*, no torneio empreendedor da PUCRS, no ano de 2015. Na época, como aluna de graduação em fisioterapia, iniciei uma parceria com professores da Escola de Ciências da

Saúde e da Vida (Dr. Régis G. Mestriner e Dr. Denizar Melo) e da Escola Politécnica (Dr. Márcio S. Pinho) quando, então, surgiu a ideia do desenvolvimento de um sistema de *feedback* visual em espelhamento, associado à realidade virtual. Em seguida, o discente Matheus Thum, então aluno da Engenharia Mecânica da PUCRS, ingressou o grupo e nos apoiou com a modelagem inicial do protótipo. A ideia recebeu destaque no referido torneio e seguiu no *Startup* Garagem da PUCRS no ano seguinte, quando foi novamente premiada. Durante o *Startup* Garagem, o Matheus Thum saiu da equipe e iniciamos uma nova parceria, com o graduando Vincenzo Abichequer, aluno do curso de Engenharia da Computação da PUCRS que nos ajudou, sob orientação do Prof. Pinho, na materialização do protótipo. Por fim, graças ao financiamento obtido no Edital PPSUS-FAPERGS, em vigência, estamos desenvolvendo o sistema prototípico inicialmente proposto.

Entretanto, antes de testar a eficácia do sistema *Mirror-Up* na reabilitação pós-AVC, por meio de ensaio clínico controlado e randomizado, existe a necessidade de avaliar a percepção de usabilidade do dispositivo, com o intuito de obtermos informações importantes que auxiliarão a melhorar as taxas de adesão ao sistema, para que ele possa ser adequadamente testado. Neste contexto do projeto PPSUS-FAPERGS é que se posiciona o presente projeto de mestrado, que tem como objeto de estudo, a usabilidade de um sistema de *feedback* visual em espelhamento associado à Realidade Virtual (*Mirror-Up*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, será realizada a revisão de literatura.

2.1 ENVELHECIMENTO E DOENÇAS CEREBROVASCULARES

Atualmente, observa-se um aumento crescente da população idosa no país, bem como uma redução nas taxas de mortalidade e natalidade, que está provocando mudanças no perfil populacional. Tais alterações acarretam novos desafios para os sistemas de saúde e de previdência social (MIRANDA *et al.*, 2016).

O envelhecimento é um importante fator de risco para as doenças relacionadas à idade, o que inclui as doenças das artérias coronárias, periféricas e cerebrais. A aterosclerose e a arteriosclerose representam as principais ameaças ao envelhecimento cardiovascular e circulatório saudável (HEISS; SPYRIDOPOULOS; HAENDELER, 2017).

A doença cerebrovascular (DCV) é uma das principais causas de óbito no mundo (ARAUJO; DIAS; NEPOMUCENO;SOUZA, 2017), em 2011 o AVC foi a segunda causa de obtido, perdendo apenas para o infarto agudo do miocárdio (RICHARDS; MALOUIN; NADEU, 2015). Apesar do número de óbitos relacionados ao AVC terem diminuído esse índice ainda permanece alto (RODRIGUES; SANTANA; GALVAO, 2017).

Existem alguns fatores que influenciam e aumentam o risco de o indivíduo sofrer um AVC, sendo alguns modificáveis e outros não modificáveis. Dentre os fatores não modificáveis, destaca-se a idade, quando as chances de sofrer um evento cérebro vascular dobram após os 55 anos. O sexo masculino também é um fator relevante, embora o aumento da expectativa de vida das mulheres faça com que elas sejam mais afetadas pela doença em números absolutos, efeito que desaparece em dados relativos. A etnia também é relevante, uma vez que indivíduos negros têm o dobro de chance de serem acometidos por um AVC em comparação com indivíduos brancos. Já dentre os fatores modificáveis temos o controle e tratamento da hipertensão arterial sistêmica, a fibrilação atrial, *diabetes mellitus* (DM), dislipidemia, obesidade, tabagismo, consumo excessivo de bebidas alcoólicas,

e uso de contraceptivos orais (RODRIGUES; SANTANA; GALVAO, 2017; YEW; CHENG, 2015).

2.1.1 Acidente Vascular Cerebral (AVC)

O AVC é definido como um quadro clínico de perda súbita de função cerebral focal ou global, de rápido desenvolvimento, com sinais e sintomas que perduram por mais de 24 horas ou, ainda, que levem à morte por evento cerebrovascular. É uma doença que causa aumento da resposta inflamatória, lesão celular e morte neuronal. Este quadro se apresenta de formas variadas, podendo ser de etiologia isquêmica ou hemorrágica, existindo diversas manifestações clínicas e subtipos conforme o território vascular afetado (PIRES; GAGLIARDI; GORZONI, 2004; RICHARDS; MALOUIN; NADEU, 2015).

O acidente isquêmico transitório (AIT) pode ser definido como uma perda momentânea da função cerebral, devido a uma obstrução que é rapidamente resolvida. Os déficits duram menos que 24h, normalmente entre 2 e 15 min, e são revertidos espontaneamente. É importante destacar, contudo, que o risco de apresentar um AVC isquêmico ou hemorrágico no ano seguinte ao AIT aumenta entre 13 e 19 vezes (OLIVEIRA; ANDRADE, 2001). Por sua vez, o acidente vascular cerebral isquêmico (AVCI) acontece tipicamente por um déficit focal, ocasionado pela redução abrupta do fluxo sanguíneo em uma dada artéria cerebral. Um AVCI pode acontecer em decorrência de diversos fatores, como por exemplo, a presença de um trombo, êmbolo ou compressão tumoral, o que resulta na falta de circulação e irrigação sanguínea para os tecidos cerebrais nos territórios da (s) artéria (as) afetada (as) (RODRIGUES; SANTANA; GALVAO, 2017). Quanto à etiologia, um evento isquêmico pode ser classificado como aterotrombótico, que acomete grandes artérias, quando uma placa aterosclerótica obstrui a luz arterial ou gera a formação de um trombo, levando a uma embolia. Já um evento cardioembólico ocorre quando existe uma disfunção tal como a fibrilação atrial, estenose mitral, próteses valvares cardíacas e ausência de anticoagulação adequada, endocardite infecciosa, cardiomiopatias dilatadas, entre outras. O AVCI também pode ser global, em decorrência da oclusão de carótidas, asfixia ou parada cardiorrespiratória. Já o AVCI lacunar acomete pequenos vasos ou ramificações das artérias cerebrais, comumente as artérias lacunares (OLIVEIRA; ANDRADE, 2001; RIBEIRO, 2003).

O acidente vascular cerebral hemorrágico (AVCH) normalmente é mais agressivo do que o AVCI e está relacionado a um maior risco de óbito. Nestes casos, geralmente, acontece uma ruptura espontânea da parede do vaso, gerando um extravasamento de sangue intracerebral, intraventricular ou subaracnoide, dependendo da região de ruptura vascular. Geralmente, o AVCH está relacionado com a hipertensão arterial crônica não-controlada, danificação da parede vascular por doença aterosclerótica, angiopatia amiloide, aneurisma cerebral ou má formação arteriovenosa. O AVCH, além de danificar o tecido cerebral, pode levar a um substancial aumento da pressão intracraniana e do risco de complicações neurológicas graves, com elevado risco de óbito (PERNA ; TEMPLE, 2015).

Dentre as possibilidades de lesões, o subtipo que apresenta um pior prognóstico é a hemorragia intraparenquimatosa cerebral (HIC), com índice de mortalidade em 1 ano de até 65% (FLAHERTY et al, 2006), ainda não existe um tratamento padrão para HIC. A abordagem mais utilizada no atendimento do paciente com AVCH não difere do protocolo de atendimento do paciente com AVCI, que deve priorizar: avaliação das vias aéreas, parâmetros respiratórios e hemodinâmicos, além da aferição da temperatura, observação e detecção dos sinais neurológicos focais (NETO et al, 2009).

Dentre o tratamento do AVCH, podem ser realizadas técnicas cirúrgicas, incluindo procedimentos microcirúrgicos e endoscópicos, bem como técnicas cirúrgicas minimamente invasivas com a aplicação do ativador de plasminogênio tecidual recombinante (rtPA), o tratamento é implantado com base na tomada de decisão do profissional (MALINOVA et al 2019).

Saber identificar os sinais e sintomas de um AVC é de extrema importância, uma vez que eles tipicamente têm início súbito. Os sinais e sintomas mais comuns são: fraqueza ou formigamento unilateral no corpo e/ou face, confusão, disfasia ou disartria, alteração do campo visual (em um ou ambos os olhos), alteração do equilíbrio, da coordenação, tontura ou alteração da marcha, dor de cabeça súbita e intensa (YEW; CHENG, 2015). Na ausência de intervenções protetivas na fase aguda, estima-se que o número de pacientes dependentes ou mortos alcance a ordem de 62%. Contudo, sabe-se que as deficiências relacionadas a um AVC podem ser substancialmente diminuídas quando os sintomas são identificados precocemente e tratados o mais breve possível (MENDIS, 2013). O atendimento do

paciente em fase aguda deve visar à confirmação do diagnóstico, a identificação do início dos sintomas e sua evolução. Neste sentido, quando o evento é de origem isquêmica pode-se utilizar o ativador do plasminogênio tecidual recombinante (rtPA) dentro de uma janela temporal que tipicamente vai até 4,5h após o início dos sintomas (YAMASHITA *et al.*, 2004). Tipicamente, considera-se fase aguda aquela em que vai do dia zero até a 7.^a semana pós-AVC. A fase subaguda compreende da 7^a semana ao primeiro ano de lesão. Por fim, a fase crônica se dá a partir de 1 ano de lesão (ARANTES *et al.*, 2007).

O AVC é uma das principais causas de incapacidade em pessoas adultas (CHEN *et al.*, 2015; LOHSE *et al.*, 2014; JIN-HYUCK PARK; JI-HYUK PARK, 2016; SAPOSNIK *et al.*, 2010). Tal fato deve-se ao comprometimento motor resultante da hemiparesia ou hemiplegia, deficiências sensoriais, cognitivas, visuais, dos distúrbios de humor, do sono, além dos transtornos depressivos e relacionados ao estresse. Desta maneira, o indivíduo acometido acaba experimentando prejuízos quanto à realização de atividades básicas de vida diária, como o autocuidado, tornando essas pessoas dependentes do cuidado de terceiros. Um AVC, além de afetar a funcionalidade da vítima, impacta também sobre a sua família, que é quem normalmente dedica esforços no cuidado da pessoa acometida. É interessante notar que, após 1 ano, cerca de 50% dos cuidadores de pessoas que sofreram AVC apresentam algum tipo de problema emocional (RICHARDS; MALOUIN; NADEAU; 2015). Adicionalmente, sabe-se que menos de 50% das pessoas que sofrem um AVC retornam ao mercado de trabalho e muitos familiares deixam o mercado para cuidar de seu ente querido. Assim, existe um enorme impacto econômico atrelado à doença, tanto em nível do indivíduo quanto para toda a sociedade (SIMSEK; CEKOK 2016; RODRIGUES; SANTANA; GALVAO, 2017; RICHARDS; MALOUIN; NADEAU, 2015).

O AVC ocasiona alterações motoras que levam a déficits funcionais que dependem de diversos fatores, tais como a localização e extensão da lesão. Por exemplo, as hemiplegias e hemiparesias tipicamente envolvem alterações no tônus muscular, tais como a hipertonia espástica ou a hipotonia (na fase inicial pós-lesão). Tais alterações contribuem para modificar negativamente as reações de equilíbrio, a percepção de organização corporal e as reações de proteção, levando a reduções

importantes no controle do movimento, assimetrias e compensações sensório-motoras (SANTOS *et al.*, 2011; SCHUSTER, 2011).

Um dos principais problemas que acompanham os pacientes é a disfunção do membro superior (MS), o que ocorre em cerca de 85% dos casos. Sabe-se, por exemplo, que a diminuição da percepção de qualidade de vida e as dificuldades de função do MS permanecem em 55 a 75% dos sobreviventes (CHEN *et al.*, 2015; SAPOSNIK *et al.*, 2010; SELLES *et al.*, 2014 ; JIN-HYUCK PARK, OT e JI-HYUK PARK, OT, 2016). A hemiplegia, quando acomete o complexo do ombro, dificulta a sua estabilidade e contribui para o desenvolvimento de padrões motores anormais. Já na hemiparesia, o paciente frequentemente apresenta espasticidade, que leva ao aumento de resistência à mobilização passiva, redução da movimentação ativa e da força muscular (SANTOS *et al.*, 2011; SCHUSTER, 2011).

Deste modo, diversas intervenções e modelos de reabilitação têm sido propostos visando contornar os problemas relacionados à funcionalidade. Em linhas gerais, sabe-se que a intensidade, o volume e a especificidade dos estímulos capazes de gerar reabilitação são fatores determinantes para a resposta aos programas de reabilitação. Contudo, ainda não se sabe qual a combinação ideal de técnicas e estímulos para que se alcance a maior recuperação funcional possível (RICHARDS; MALOUIN, NADEAU, 2015).

2.2 NEURONIOS ESPELHOS

A primeira pesquisa envolvendo neurônios espelhos (NE) foi descrita por Rizzolatti e colaboradores, em macacos Rhesus (RIZZOLATTI; FADIGA; GALLESE; FOGASSI, 1996). Tais neurônios estão localizados na área pré-motora do córtex, dentre outras regiões prováveis, e são células neurais importantes para a compreensão da ação, imitação, empatia e aprendizado de linguagem (LAMEIRA *et al.*, 2006; WANG *et al.*, 2015). Estudos realizados com primatas mostraram que os NE são ativados quando o animal observa ou ouve uma ação, e ainda quando realiza essa própria ação. Acredita-se que estes neurônios “espelham o ambiente”, de modo que a ação seja mentalmente ensaiada ou imitada internamente antes de qualquer ação de realização específica (MENDES *et al.*, 2008).

A literatura traz que a ativação dos NE pode gerar plasticidade cerebral mediada por mecanismos glutamatérgicos e neurotróficos, os quais mostraram-se importantes na neuroplasticidade (NP) atividade-dependente (WANG *et al.*, 2015). A NP pode ser conceituada como a capacidade de adaptação do sistema nervoso, em especial dos neurônios e redes neurais, frente às mudanças que estão presentes diariamente na vida do indivíduo. Diversos autores descrevem que para induzir a NP com mudanças plásticas e dinâmicas no sistema nervoso central (SNC) é necessário que haja algum tipo de aprendizado ou prática de atividade motora, desde que não seja uma repetição de movimentos simples e que não requerem adaptação neural. Neste contexto, o estímulo motor pode promover neurogênese, sinaptogênese, angiogênese, modulação pré e pós sináptica, entre outros mecanismos, contribuindo para obtenção de resultados positivos com a reabilitação (BORELLA; SACCHELLI, 2009).

Foram descobertas algumas formas de ativação dos NE, o que poderia levar a melhorias nas funções motoras em paciente pós AVC, bem como função de linguagem comprometida em pacientes com afasia (WANG *et al.*, 2015).

De modo interessante, acredita-se que os NE são ativados mais frequentemente em atividades em que a mão ou a boca do sujeito interagem com objetos ou experimentam algo. Assim, supõe-se que as ações que mais ativam os NE são as atividades de agarrar, manipular e prender objetos. Adicionalmente, acredita-se que a ativação dos NE só ocorre quando uma ação e um objeto real são utilizados simultaneamente (MENDES *et al.*, 2008).

A terapia baseada nos NE tem sido utilizada para tratar distúrbios do movimento induzidos pelo AVC, de modo complementar ou como parte dos programas de reabilitação (MACHADO *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2015).

2.3 REABILITAÇÃO PÓS AVC

A maioria dos indivíduos acometidos por um AVC apresentam déficits motores crônicos que levam a redução da qualidade de vida (LOHSE *et al.*, 2014). Cerca de 60% dos pacientes acometidos pelo AVC permanecem com déficits em MS (CHOI *et al.*, 2016). O processo de reabilitação fisioterapêutica consiste em administrar técnicas que promovam treino de troca de posturas e transferências,

estimulem e trabalhem a função do membro superior, equilíbrio e marcha, proporcionando, assim, uma maior funcionalidade ao sujeito (FERRAZ *et al.*, 2018).

Quando falamos de reabilitação em doenças neurológicas em geral, deve-se introduzir um tratamento que incorpore o treino de atividades funcionais e de atividades básicas de vida diária, afim de dar a esse paciente uma maior independência funcional (BORELLA; SACCHELLI, 2009). Um dos princípios bem aceitos para a reabilitação pós AVC é a realização do treinamento de tarefas funcionais específicas ao contexto, ou seja, os exercícios devem possuir metas relevantes para as necessidades do paciente (TIMMERMANS *et al.*, 2016)

O programa terapêutico visando a recuperação funcional desses pacientes, requer um treinamento intensivo que combine a modificação planejada do estímulo oferecido, para manter, assim, os ganhos adquiridos durante o tratamento (PARK *et al.*, 2017). Diversos estudos realizados sugerem que há uma necessidade de trabalhar com bons volumes de uma determinada tarefa para que se consiga induzir alterações neuroplásticas que contribuam para a recuperação desses déficits motores. Entretanto, sabe-se que muitos pacientes normalmente realizam um número insuficiente de repetições de movimentos durante o período de fisioterapia (LOHSE *et al.*, 2014).

Programas de reabilitação que incorporam atividades mais motivadoras e recreativas, normalmente, fornecem ao paciente um ambiente mais animador para a intervenção, tendo assim uma resposta mais positiva a terapia. Neste contexto, existe evidências de que o *feedback* baseado em realidade virtual (RV) leva a uma maior ativação do trato corticoespinal, córtex sensório-motor primário, área motora suplementar e cerebelo durante a realização de determinadas tarefas em comparação com o *feedback* visual real (PARK *et al.*, 2017).

A literatura confirma que através da observação da execução de movimentos as taxas de disparo dos neurônios espelhos aumentam. A ativação desses neurônios localizados em diversas áreas cerebrais, pode contribuir para a reorganização cortical e, presumivelmente, para a recuperação funcional (SAPOSNIK *et al.*, 2010).

A utilização da captura de movimento através de dispositivos torna-se cada vez mais popular e vem sendo empregada na reabilitação e durante os atendimentos de fisioterapia (HONDORI; KHADEMI, 2014; MOUAWAD *et al.*,

2011). Atualmente há no mercado diversas tecnologias imersivas que auxiliam no tratamento de doenças neurológicas, tanto na reabilitação motora quanto cognitiva. No entanto e, infelizmente, os equipamentos de RV geralmente possuem um custo acima do que a média da população afetada pode pagar, e algumas dessas tecnologias estão disponíveis apenas em grandes centros especializados (UTKAN KARASU; BALEVI BATUR; KAYMAK KARATAŞ, 2018).

2.3.1 Terapia do Espelho

A terapia do espelho (TE) foi descrita primeiramente por Ramachandran e colaboradores no ano de (2000), para atuar na dor fantasma em pessoas amputadas. Ao visualizarem o reflexo do seu membro normal e sem desconforto, os sujeitos reduziam a percepção de dor no membro fantasma. A partir deste momento, a TE passou a ser estudada em outras síndromes relacionadas a dor e ao movimento. O foco desses estudos estão relacionados sobre os potenciais efeitos clínicos na redução da dor e função motora (MACHADO *et al.*, 2011; MICHIELSEN *et al.*, 2011).

Durante a TE o paciente senta-se próximo à mesa, onde uma há um espelho colocado verticalmente. A mão comprometida fica escondida atrás de uma parede (caixa ou afim) e a mão saudável é colocada em frente ao espelho. Em seguida, o paciente é orientado a observar apenas a mão saudável por meio do reflexo no espelho e, então, é incentivado a realizar movimentos de flexão / extensão de punho e dedos visualizando o reflexo e tendo a ilusão de óptica de que o membro afetado é quem realiza as tarefas. Além disso, durante o atendimento, enquanto o sujeito realiza o movimento com a mão saudável, por vezes se solicita que este realize o mesmo movimento com a mão comprometida. Através desse estímulo pretende-se gerar uma ilusão cerebral, fazendo com que ele ative os mesmos neurônios e redes neurais relacionadas com a execução dos movimentos observados no reflexo do espelho, dando uma ilusão súbita de movimento normal ao indivíduo (MACHADO *et al.*, 2011; MICHIELSEN *et al.*, 2011; NG *et al.*, 2015).

Sabe-se que quando movemos os dois membros simultaneamente, os movimentos se tornam mais estáveis, sob o ponto de vista espacial e temporal. Assim, a reorganização espacial pode fazer com que o membro afetado assumira as características do membro não afetado, melhorando o desempenho motor (MICHIELSEN *et al.*, 2011). Diversos estudos avaliaram a ativação neuronal da TE examinando a observação do reflexo de uma das mãos em movimento em indivíduos saudáveis. Esses estudos basearam-se na hipótese de que a ilusão provocada pelo espelho aumentaria a excitabilidade ou atividade em áreas do hemisfério ipsilateral à mão que realiza o movimento (MICHIELSEN *et al.*, 2011; BORELLA E SACCHELLI, 2009).

A ilusão visual do movimento através do reflexo do membro hemiparético recruta o córtex pré-motor através de conexões com as áreas visuais. Assim, a TE gera um *feedback* visual da ação imaginada ao membro comprometido. Outro aspecto que auxilia nesse processo é a ativação dos NE quando o cérebro tenta observar, imaginar e executar uma ação participando de novas habilidade motoras por meio de observações (NG *et al.*, 2015). Deste modo, acredita-se que observar o reflexo do próprio movimento possa promover a recuperação funcional de maneira semelhante (MICHIELSEN *et al.*, 2011). A questão que ainda não foi respondida é como o envolvimento das áreas que são ativadas pela ilusão do espelho se relaciona com as melhoras funcionais apresentadas. Acredita-se, por exemplo, que aumentando a atenção espacial para o membro afetado pode-se minimizar o efeito do desuso aprendido que comumente ocorre nos casos de AVC com comprometimento de MS. Ademais, a variabilidade de resposta ao tratamento sugere que, dependendo do local e tempo de lesão, vão existir pessoas se beneficiem mais que outras (MACHADO *et al.*, 2011).

Algumas evidencias demonstram bons resultados sobre as respostas da TE na recuperação da função motora, sendo uma intervenção de bom potencial terapêutico adjuvante. Dada a incidência do AVC, urge a implementação de intervenções que auxiliem e facilitem o processo de reabilitação (MACHADO *et al.*, 2011).

2.3.2 Terapias com Realidade Virtual

A RV pode ser definida como um tipo de interface usuário-computador que implementa a simulação em tempo real de uma atividade ou ambiente, permitindo a interação do usuário por meio de múltiplas modalidades sensoriais (LOHSE *et al.*, 2014). A RV utilizada em conjunto a gameterapia é uma técnica inovadora que utiliza sistemas de interação criados por hardware e software para fornecer ambientes 3D que simulam ambientes tridimensionais, reais ou fictícios, e permitem que o usuário participe de atividades independentemente de suas limitações físicas. A RV também oferece tarefas de fácil realização para a reabilitação e que podem ser realizadas de maneira contínua, sem a necessidade da presença de um fisioterapeuta. (JIN-HYUCK PARK; JI-HYUK PARK, 2016).

Diversos estudos com o uso da gameterapia e a RV vêm sendo realizados em pacientes com distúrbios neurológicos, incluindo o AVC, a doença de Parkinson, paralisia cerebral, esclerose múltipla, bem como em pacientes idosos (HONDORI; KHADEMI, 2014; FERRAZ *et al.*, 2018). Com o acesso mais facilitado às novas tecnologias, os fisioterapeutas estão utilizando ferramentas digitais como alternativa para obter uma maior interação e estimulação dos pacientes. Assim, já é realidade a reabilitação com o emprego da RV associada com sistemas de vídeo games como Nintendo Wii, Playstation, EyeToy, Xbox Kinect, entre outros (CHEN *et al.*, 2015).

A RV pode ser utilizada para estimular a melhora da função motora global e cognitiva, marcha e equilíbrio, de pacientes acometidos pelo AVC (UTKAN; BALEVI; KAYMAK, 2018). Pacientes que realizam a reabilitação com ferramentas de RV se mostram mais motivados, aumentando o interesse e a concentração devido à interação com os jogos. Deste modo, realizam as tarefas terapêuticas propostas de forma mais animada durante o processo de recuperação. Os jogos também podem induzir o paciente a executar movimentos de alta intensidade e energia. Esse incentivo trazido por essa nova ferramenta diminui a intervenção por parte do profissional e faz o paciente interagir de forma ativa, podendo resultar em uma melhor resposta ao tratamento (CHEN *et al.*, 2015 ; PARK *et al.*, 2017). Uma das vantagens dos jogos é que eles trazem um feedback visual e virtual, com estímulos por meio de comentários, prêmios, dicas visuais e verbais, instigando a natureza competitiva do paciente e o desejo de executar tarefas de forma ativa, repetitiva e interativa. Dessa forma, a RV pode facilitar a aprendizagem motora e estimular

diretamente alguns componentes psicológicos desses pacientes, podendo aumentar a eficácia da reabilitação (CHEN *et al.*, 2015).

Outra vantagem é que a RV é a possibilidade de combinação de exercícios aeróbicos junto a prática motora, o que pode aumentar a neuroplasticidade durante a reabilitação (LOHSE *et al.*, 2014).

O modelo Nintendo WiiTM, foi lançado em 2006 e introduziu uma nova ideia de RV, com jogos para auxiliar na melhora da força, equilíbrio e flexibilidade. O modelo proporciona uma oportunidade relativamente simples e barata para o tratamento de diversos problemas funcionais por meio da RV (UTKAN; BALEVI; KAYMAK, 2018). O sistema utiliza um controlador sem fio com um sensor de aceleração embutido que responde as mudanças de direção, velocidade e aceleração, permitindo que a pessoa interaja com o jogo através de seu avatar enquanto realiza movimentos no membro superior. Um sensor de luz infravermelha de 2 pontos deve ficar localizado em cima da televisão para que ele capture e reproduza o movimento na tela, conforme é executado (SAPOSNIK *et al.*, 2010). O WiiFitTM foi projetado especificadamente para auxiliar na promoção da capacidade física (ŞİMŞEK ; ÇEKOK, 2016), porém há diversas versões que podem ser utilizadas.

O modelo Xbox Kinect mais atual é composto por uma câmera RGB e um sensor de profundidade infravermelho duplo que detecta automaticamente a posição corporal e o movimento do membro. A partir daí é criado em tempo real um avatar em modelo tridimensional que permite que o jogador utilize o seu corpo para realizar o comando dos jogos, facilitando a utilização e realização das atividades. A fidedignidade do *feedback* visual/virtual em relação ao avatar do jogador reproduzido oferece um retorno mais preciso sobre o movimento de quem utiliza (PARK *et al.*, 2017). Essa ferramenta tecnológica permite a interação e a realização de diversos movimentos ativos, visando a prática de uma determinada tarefa e a possibilidade de acompanhar em tempo real os seus movimentos, gerando um retorno positivo, facilitando o treino e auxiliando na melhora da execução das atividades (SAPOSNIK *et al.*, 2010).

Para a reabilitação do membro superior utilizando o wii, Xbox kinect e outros dispositivos, se empregam jogos que estimulam os movimentos de flexão e extensão do ombro (boliche e tênis), rotação do ombro (tênis), extensão e flexão do

cotovelo (Cooking Mama- jogos de cozinha), supinação e pronação do punho (tênis e Cooking Mama), bem como movimentos mais globais (tênis de mesa e canoagem), dentre outros (SAPOSNIK *et al.*, 2010; JIN-HYUCK PARK; JI-HYUK PARK, 2016).

Existem no mercado outros tipos de tecnologias de reabilitação que utilizam a RV para tratar pacientes com disfunções associadas aos quadros neurológicos e ao envelhecimento, com foco nos distúrbios de equilíbrio (axial) e periférico (apendicular). Porém, tais equipamentos ainda possuem um custo muito elevado e são encontrados, geralmente, apenas em grandes centros de reabilitação. Dentre estas abordagens, temos o sistema CAREN, desenvolvido pela MOTTEK Medical (Holanda), que apresenta uma tecnologia de rastreamento de movimento em tempo real e utiliza uma base adaptada, com plataformas de força e uma esteira de duas cintas. Esse sistema apresenta vários graus de imersão em RV e telas de visualização, desde um vídeo plano até um gabinete de 360°.

Logo, o sistema permite ao terapeuta a geração controlada de perturbações visuais e físicas, exigindo que o usuário execute respostas dinâmicas durante a marcha para garantir um movimento adaptável em prol da manutenção da estabilidade corporal. Essa tecnologia permite realizar análises cinemáticas e biomecânicas detalhadas, tudo em um único sistema. Além disso, o CAREN é equipado por um sistema de segurança em forma de suspensão durante as simulações, garantindo a segurança do paciente (ISAACSON;SWANSON;PASQUINA, 2013).

As tarefas realizadas no ambiente CAREN variam desde exercícios de equilíbrio postural estático e dinâmico, com e sem manuseio de objetos, podendo ser incluídas diversas atividades para alcançar os objetivos pretendidos, como por exemplo andar em um setor de supermercado até a simulação de um ambiente de fuga ou guerra. O grande problema é o custo do equipamento (cerca de meio milhão de libras) e de sua manutenção (cerca de 100 mil libras, anuais) (KIZONY;LEVIN; HUGHEY, 2010 ; AIDA; CHAU; DUNN, 2018).

A terapia com o equipamento C-Mill (também da MOTTEK Medical) também vêm crescendo na Europa e nos EUA. Consiste em um treinamento específico de uma tarefa com ênfase na adaptabilidade da marcha durante a caminhada. O C-Mill é uma esteira instrumentada, com realidade virtual embarcada, a qual proporciona

estímulos visuais virtuais (obstáculos projetados na correia da esteira e em uma tela frontal), estimulando o usuário a adaptar seus movimentos a partir de um dado contexto visual, aumentando, assim, a dificuldade para a realização de tarefa visuo-cognitivo-motoras. Como forma de segurança o dispositivo apresenta um sistema de suspensão e barras paralelas em torno da esteira, para evitar quedas. Seu custo está estimado em cerca de 40 mil Euros (TIMMERMANS *et al.*, 2010; VAN OOIJEN *et al.*, 2014; HEEREN *et al.*, 2013).

Algumas tecnologias recentes ainda apresentam pouca literatura sobre sua utilização. É o caso do DynSTABLE (MOTEK Medical) e do NIRVANA (BTS Bioengineering). O DynSTABLE é um sistema equipado com plataformas de força e câmeras infravermelho que captura movimentos em tempo real e utiliza essas informações para a interação com um ambiente virtual, com atividades focadas no treinamento no equilíbrio estático e dinâmico (BLADEL; VAN *et al.*, 2018). Já o NIRVANA BTS, é um dispositivo que cria interatividade ao projetar imagens em uma tela, chão ou parede, possibilitando a realização de uma série de exercícios, para diferentes partes do corpo. Assim, o terapeuta pode analisar os movimentos do paciente interagindo com esta realidade ampliada através de uma câmera com sensores optoeletrônicos (RUSSO *et al.*, 2017). Além da RV imersiva, um estudo realizado por CHOI *et al.* (2016) descreve a RV não imersiva como forma acessível e de baixo custo como mecanismo de reabilitação. No estudo em questão, os autores criaram jogos em um aplicativo de smartphone projetado especificadamente para o tratamento do MS acometido pelo AVC. Os pacientes utilizaram o smartphone anexado no braço ou antebraço e um *tablet* PC de visualização, conectados pelo sistema de bluetooth. Os movimentos do MS foram rastreados por acelerômetros embutidos no smartphone e as informações eram transferidas para tela do tablet, durante as atividades propostas pelos jogos. Uma das justificativas utilizadas é que a maioria dos estudos baseados em RV utilizaram jogos comerciais, que enfatizam a realização de movimentos globais e, portanto, inespecíficos para reabilitação do MS. Os autores obtiveram resultados positivos com o uso da RV não imersiva e reforçam a sua utilização como uma ferramenta de fácil implementação e acesso, considerando o tamanho, peso e por se tratarem de dispositivos móveis. Desta maneira, a terapia pode ser realizada com mais flexibilidade e em local de preferência do indivíduo.

Seguindo essa linha de raciocínio, ainda existem poucos estudos na literatura que se utilizam de equipamentos acessíveis sob o ponto de vista financeiro, e que possibilitem o paciente realizar exercícios de reabilitação em qualquer horário e local sem a necessidade de supervisão de um profissional *in loco*.

2.4 USABILIDADE

O estudo da usabilidade é uma área interdisciplinar que se relaciona com a facilidade de uso de um produto ou serviço. Refere-se, particularmente, à adaptação de um usuário, levando em consideração o aprendizado, a eficiência de uso e o quanto gostam de uma dada experiência (TENÓRIO, 2010). Caso um recurso não seja de fácil utilização, provavelmente este será algo pouco viável sob uma óptica mercadológica (NIELSEN, 2007). A usabilidade se relaciona, ainda, aos métodos empregados para melhorar a facilidade de uso durante o processo de criação e design, e pode ser definida por 5 componentes de qualidade (NIELSEN, 2003; TENÓRIO, 2010):

- a) **aprendizagem**: Facilidade de os usuários realizarem tarefas básicas na primeira utilização do produto/serviço;
- b) **eficiência**: Rapidez com que os usuários executam as tarefas depois que aprendem a utilizar;
- c) **habilidade**: Facilidade com que os usuários podem voltar a utilizar o sistema após um período sem uso;
- d) **erros**: Erros que os usuários cometem, e com que facilidade é possível recuperar esses erros;
- e) **satisfação**: Como esse usuário se sentiu utilizando o sistema.

Neste contexto, duas escalas são amplamente utilizadas: a *System Usability Scale* (SUS) (BROOKE, 1996), que permite ao profissional avaliar, de forma fácil e rápida, a usabilidade de um determinado produto ou serviço; e o *Nasa Task Load Index* (NASA-TLX) (HART; STAVELAND, 1988), que é um instrumento multidimensional projetado para obter estimativas de carga de trabalho imposta por uma atividade durante e imediatamente depois de sua execução. Tais instrumentos

serão detalhados na sessão de métodos da presente dissertação.

Ainda existem poucos artigos que descrevem a utilização de ferramentas que avaliam a usabilidade da RV na área da saúde. Sabe-se que a utilização dessas tecnologias está crescendo e sendo utilizadas para auxiliar no tratamento da população. Um trabalho desenvolvido por (PEREIRA; KUBRUSLY; MARÇAL, 2017) descreveu o processo de desenvolvimento, utilização e avaliação de um aplicativo utilizado para auxiliar no ensino na área de Anestesiologia, apresentando resultados positivos e boa usabilidade da tecnologia. Neste estudo foi utilizada a escala SUS para avaliar a usabilidade. (MELDRUM, et al 2012) utilizou a escala SUS para investigar a usabilidade do Nintendo Wii Fit Plus[®] (NWFP) no tratamento do equilíbrio nas doenças vestibulares e outras doenças neurológicas, o Nintendo apresentou alto nível de usabilidade quando utilizada escala SUS. (TAMPLIN, et al 2019) Desenvolveu e testou a viabilidade de uma plataforma de RV on-line para a realização de intervenções terapêuticas de pessoas com lesão medular (LM), a ferramenta SUS foi utilizada para avaliar a sua usabilidade e viabilidade, ao final da pesquisa os resultados obtidos denotam moderada usabilidade da RV na intervenção da LM, demonstrando os pontos que deveriam ser melhorados para a obtenção de resultados positivos. (LEVAC; DUMAS; MELEIS, 2019) avaliaram uma ferramenta de movimento interativo utilizada no tablet para reabilitação pediátrica, para isso, utilizaram a escala SUS para auxiliar na avaliar a usabilidade, ao final do estudo observaram que a ferramenta necessitava de melhorias para ser utilizada. (GERBER, et al 2018) em um estudo com a RV para atividades de treinamento da vida diária em neuro-reabilitação, avaliaram a usabilidade e viabilidade em participantes saudáveis, como ferramenta de avaliação do estudo, utilizaram a escala SUS e observaram um resultado positivo de usabilidade.

3 JUSTIFICATIVA

O Relatório Mundial sobre a Deficiência, publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em parceria com o Banco Mundial, em 2011, revela que cerca de um bilhão de pessoas no mundo convivem com algum tipo de deficiência. Portanto, esta é uma questão de direitos humanos, porque tais pessoas enfrentam desigualdades, por exemplo, quando não têm acesso igualitário aos serviços de saúde, educação, emprego ou participação política em função de sua deficiência. Tal cenário exige atenção para que esses indivíduos possam ser atendidos considerando todas as suas necessidades (BRASIL, 2013).

O acidente vascular cerebral (AVC) é um grande problema de saúde pública, dada a necessidade crônica de cuidado e de reabilitação, gerando enorme impacto econômico e social ao referido sistema. Por exemplo, estima-se que o custo médio com 6 semanas de reabilitação multiprofissional no âmbito do Sistema Único de Saúde, para cada usuário atendido, esteja compreendido entre R\$ 44.107,84 e R\$ 50.093,90 (JORGE *et al.*, 2015). Se, ainda, considerarmos que a maioria dos serviços de reabilitação na comunidade desenvolve protocolos de reabilitação pós-alta hospitalar com duração média de 24 semanas (6 meses) (DUNCAN *et al.*, 2005), o custo da reabilitação aos cofres públicos pode atingir facilmente o montante de R\$ 200 mil reais por usuário atendido. Portanto, considerando a incidência bruta de pessoas sobreviventes ao AVC no país, o gasto público anual com programas de reabilitação, apenas para os casos novos, ultrapassa os R\$ 30 milhões (além dos cerca de R\$ 170 milhões que são gastos ao ano com os cuidados na fase aguda/hospitalar da doença) (BRASIL, 2014).

Este cenário é ainda mais aterrador quando se observa que muitos usuários permanecem vinculados aos serviços de reabilitação em períodos superiores a um ano (o que obviamente dobra este custo) (GUNNES *et al.*, 2019). Outrossim, a eficácia clínica dos serviços prestados ao brasileiro é pouco estudada, uma vez que os governos até então costumam trabalhar com indicadores que refletem muito mais o acesso e o número de atendimentos/produzitividade dos serviços do que com a eficácia funcional/resolubilidade efetiva dos protocolos de intervenção tipicamente praticados nestes locais – o que difere enormemente da política de países desenvolvidos na área, como é o caso do Canadá e da Suíça (MITTON; DIONNE,

2012; MAHLER *et al.*, 2008). Se considerarmos os gastos com outros cuidados inespecíficos em saúde nesta população, as complicações decorrentes da morbidade e o frequente afastamento do sujeito acometido do setor produtivo, bem como, muitas vezes, de terceiros que deixam o mercado de trabalho para se tornarem seus cuidadores (MENDONÇA *et al.*, 2008), pode-se perceber facilmente que o custo socioeconômico da incapacidade físico-funcional decorrente do AVC é muito alto e de estimativa bastante complexa.

Desta forma, observa-se a premente necessidade de desenvolver e implementar recursos de reabilitação que sejam mais sustentáveis, com efeitos neurobiologicamente comprovados e que possam contribuir para um tratamento mais efetivo das disfunções sensório-motoras que geralmente acompanham a doença.

Em uma revisão sistemática, recentemente publicada pela Cochrane (THIEME *et al.*, 2018), foram revisados 62 estudos com um total de 1982 participantes e concluiu-se que a terapia do espelho (do inglês *Mirror Therapy*) é capaz de melhorar a função motora do membro superior, atividades da vida diária, e reduzir a dor, pelo menos como uma forma de terapia adjuvante à reabilitação convencional, para pessoas que sofreram AVC. Tal benefício foi observado com uma dose média de 5 sessões semanais, de 30 minutos cada, administradas ao longo de 4 semanas (o que é um período bastante curto, se considerarmos que a reabilitação típica dura ao menos 24 semanas) (NICE GUIDELINE, REINO UNIDO).

Contudo, acreditamos que o tamanho de efeito obtido com a terapia do espelho convencional possa ser significativamente ampliado com as inovações propostas pelo sistema *Mirror-Up*, já que ele será capaz de utilizar atividades/jogos baseados em RV para dar maior sentido funcional (STEINBERG *et al.*, 2016) e sensação de imersão ao movimento realizado em espelhamento, algo que é muito limitado com a utilização da *mirror box*, caixa com espelhos físicos empregada na terapia do espelho convencional (GURBUZ *et al.*, 2016; LIM *et al.*, 2016; LEE *et al.*, 2017). Outros aspectos extremamente importantes no processo de reabilitação são a adesão, a dose, a tolerância e a aceitabilidade do paciente às técnicas e processos de reabilitação pós-AVC (BRASIL, 2013; COLUCCI, 2017). Assim, em função da maior sensação de imersão do dispositivo, espera-se que o *Mirror-Up* possa promover um aumento na dose terapêutica, possibilitando resultados de

eficácia superiores aos protocolos tradicionais. Isso porque, potencialmente, esta característica de interatividade, somada à estimulação dos neurônios espelho, pode contribuir para promover uma melhor recuperação sensório-motora e funcional dos sujeitos em questão.

A base neurocientífica para o uso da terapia do espelho está alicerçada no *feedback* visual em espelhamento, do inglês *Mirror visual feedback* (MVF), que provavelmente envolve a ativação dos neurônios espelho (PATEL *et al.*2017). Sabe-se que o MVF aumenta a atividade neural em áreas envolvidas com a atenção e controle cognitivo (córtex pré-frontal dorsolateral, córtex cingulado posterior, S1, S2 e precuneus). Além disso, o MVF aumenta a excitabilidade do córtex motor primário ipsilateral (M1) que se projeta para o lado “não treinado”, nas áreas de representação cortical da mão e braço. Há também evidências de projeções ipsilaterais da área M1 do córtex contralateral para a mão não treinada/afetada como consequência do treinamento com MVF. Portanto, acredita-se atualmente que o MVF possa exercer forte influência nas redes neurais de controle motor, principalmente promovendo um aumento da penetração cognitiva no controle de ação (DECONINCK *et al.*, 2015; GUO *et al.*, 2016; YAROSSEI *et al.*, 2017).

Ante ao exposto, para que o sistema *Mirror-Up* possa ser plenamente desenvolvido e estudado, faz-se necessário um estudo inicial sobre a usabilidade do sistema desenvolvido até o momento, aspecto muito importante para garantir uma adesão adequada à terapêutica proposta. Neste contexto é que a presente dissertação está posicionada.

4 OBJETIVOS

Nesta seção, será descrito os objetivos do estudo.

4.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a usabilidade de um sistema de *feedback* visual em espelhamento de baixo custo (*Mirror-Up*) em comparação com a terapia do espelho tradicional.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) comparar o desempenho funcional na realização das tarefas propostas durante as experiências com o sistema *Mirror-Up* e com a terapia do espelho;
- b) estudar a ocorrência de sintomas adversos/desconforto durante a realização das experiências com o sistema *Mirror-Up* e com a terapia do espelho.

5 HIPÓTESES

- a) Hipótese Nula (H0): A usabilidade do sistema *Mirror-Up* é igual ou inferior à usabilidade da terapia do espelho (terapia padrão);
- b) Hipótese Alternativa (H1): A usabilidade do sistema *Mirror-Up* é superior àquela obtida com o uso da terapia do espelho.

6 MÉTODO

Este estudo compreende parte de um projeto de pesquisa mais amplo, intitulado “Desenvolvimento de um sistema inversor de visualização de lateralidade corporal (*Mirror-Up*) como estratégia terapêutica adjuvante na reabilitação sensório-motora funcional de sujeitos acometidos por acidente vascular cerebral (AVC)”, aprovado pelo CEP-PUCRS(2.537.387), e contemplado pelo Edital PPSUS-FAPERGS. Assim, a presente investigação diz respeito ao objetivo específico de avaliar a usabilidade do dispositivo *Mirror-Up* e faz parte da etapa de desenvolvimento da tecnologia, já prevista pelo projeto original.

6.1 DELINEAMENTO

Trata-se de um estudo de usabilidade, transversal e observacional.

6.1.1 Desenho do estudo

Inicialmente, o Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual da PUCRS, coordenado pelo Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho, desenvolveu o aplicativo (App) *Mirror-Up* para a obtenção da inversão da lateralidade corporal. Nesta fase, foram feitos testes e escolhido o capacete de visualização a ser utilizado. O App criado rodou em um celular, que foi embutido no capacete adaptador. A meta era que fossem selecionados dispositivos com custo individual de até R\$ 50,00 (cinquenta reais).

O celular utilizado na pesquisa para visualização da imagem através do capacete e utilização do App foi um aparelho da marca Apple, modelo iPhone 7 Plus, devido às suas características. Todas as experiências foram gravadas por um segundo celular, modelo Iphone 8, para a avaliação no desempenho na execução das tarefas propostas.

Finalizada a parte de desenvolvimento do conceito e do App, 45 indivíduos foram recrutados para a participação do estudo.

As avaliações tiveram duração entre 40min e 1h e 45min, de acordo com conforto de cada participante. Assim, os seguintes grupos foram estabelecidos: 1)

Grupo AVC, constituído por 15 indivíduos que cumpriram os critérios mínimos de disfunção do MS; 2) Grupo Idoso, constituído por 15 pessoas acima de 60 anos, sem histórico de AVC ou condições que afetassem o uso dos MsSs; e 3) Grupo Adulto Jovem, constituído por 15 pessoas entre 18 e 35 anos de idade, sem histórico de AVC ou condições que afetassem o uso dos MsSs (o grupo foi escolhido por conveniência por facilidade de recrutamento da amostra)

Após a avaliação inicial e checagem dos critérios de elegibilidade, todos os grupos realizaram apenas uma experiência com cada uma das técnicas estudadas, por meio da execução de duas tarefas: a tarefa de encaixes em uma caixa de blocos e o jogo Cilada (descritas em detalhes abaixo), sempre nesta ordem em função do nível crescente de complexidade das atividades. Ambas as tarefas foram executadas com o uso do sistema *Mirror-Up* e com a TE. Cada atividade foi realizada em um teto temporal de 5 minutos, perfazendo 10 minutos de experiência com cada um dos sistemas. A sequência das experiências com o sistema *Mirror-Up* e TE foi determinada de modo aleatório, por meio de sorteio simples. Ao final de cada uma das experiências, seja com o *Mirror-Up* ou com a TE, todos os participantes preencheram os questionários SUS (ANEXO C) e NASA TLX (ANEXO D). Além disso, todos responderam um questionário de entrevista estruturada com perguntas relacionadas ao conforto e satisfação com as experiências. Neste, os três grupos responderam as perguntas 1,6,7,8,9,10 e11, além disso, o Grupo AVC respondeu as perguntas 2,3,4 e 5 (Apêndice B).

Os materiais utilizados na pesquisa estão representados na Figura1.

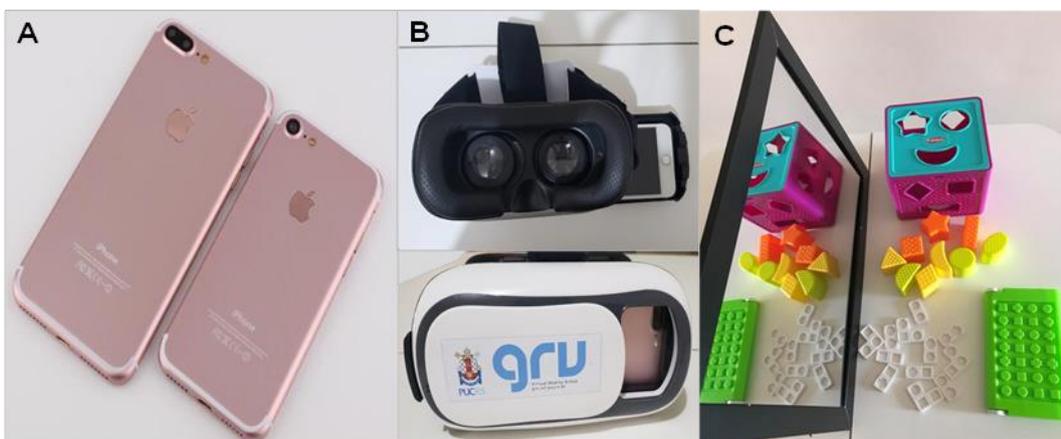


Figura 1 - Material utilizado no estudo Porto Alegre/ RS. Brasil, 2019.
Fonte; A autora (2019).

Nota: A: celulares da marca Apple, modelo iPhone, nos tamanhos Plus e típico. B: detalhe das lentes e sistema de inserção do celular e vista frontal do capacete, onde se observa a abertura para a câmera do celular, responsável por captar as imagens que são invertidas quanto à lateralidade com o App Mirror-Up. C: Espelho e as tarefas caixa de blocos e quebra-cabeça Cilada.

6.2 TAREFAS

Nesta seção, será descrito o protocolo de atividades realizadas pelos participantes.

6.2.1 Tarefa de encaixes na caixa de blocos

A tarefa de encaixar figuras geométricas em uma caixa de blocos foi realizada empregando-se uma caixa de 6 lados, com orifícios de encaixe de formato específico para cada uma das 9 peças a serem encaixadas. Cada indivíduo dispunha de 5 minutos para realizar a tarefa. Tal atividade foi realizada duas vezes, uma com a TE e outra com o sistema *Mirror-Up*, em sequência aleatória. Cabe destacar que, na TE, a atividade deve ser realizada com a observação do movimento por meio do espelho (18 cm x 14 cm) (Figura 2). O número de tentativas e acertos foram contabilizados para a avaliação do desempenho na tarefa.

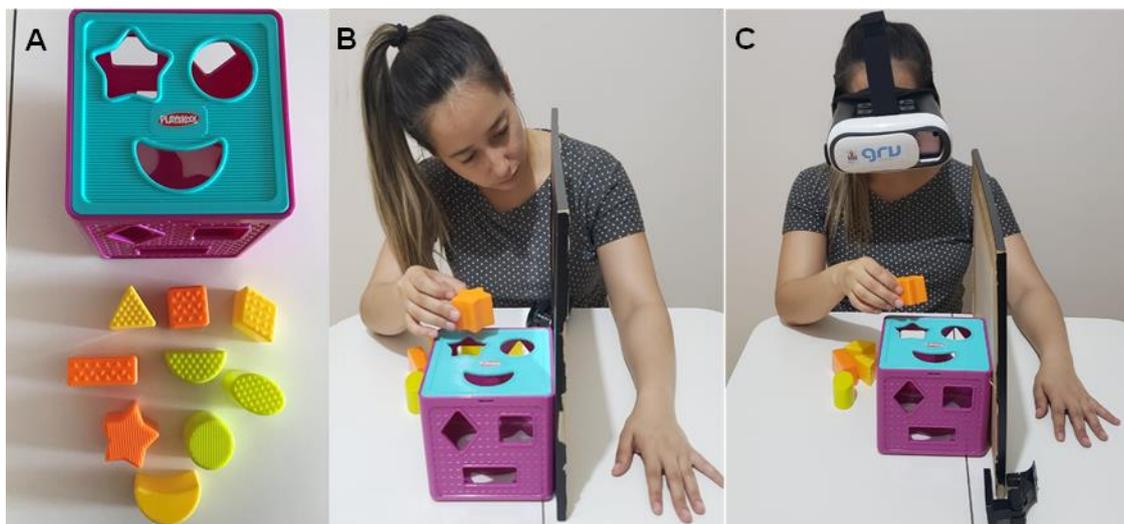


Figura 2 – Imagem do material e da pesquisadora demonstrando a tarefa de encaixes na caixa de blocos durante a TE e Mirror –Up. Porto Alegre/RS, Brasil, 2019. **Fonte;** A autora (2019).

Nota: A Caixa utilizada com os seus respectivos blocos geométricos. B: pesquisadora exemplificando como era realizada a atividade com o uso da TE. C: pesquisadora exemplificando como era realizada a atividade com o sistema *Mirror-Up*.

6.2.2 Tarefa “Cilada”

Nesta tarefa foi utilizado o jogo de tabuleiro “Cilada” (Estrela[®], Brasil). Trata-se de um quebra-cabeça no qual o sujeito vai tentando encaixar peças, que são de diferentes formatos, até completar os espaços disponíveis no tabuleiro. O jogo permite a montagem de até 50 quebra-cabeças de dificuldades crescentes. Neste estudo, contudo, utilizamos o quebra-cabeça de número 25, por ser de dificuldade intermediária. Cada indivíduo dispunha de 5 minutos para realizar a encaixar as 12 peças disponíveis. Tal atividade foi realizada duas vezes, uma com o sistema *Mirror-Up* e outra com a TE, em sequência aleatória. Cabe destacar que, na TE, a atividade deve ser realizada com a observação do movimento por meio do espelho (18 cm x 14 cm). O número de tentativas e acertos foram contabilizados para a avaliação do desempenho na tarefa (Figura 3).

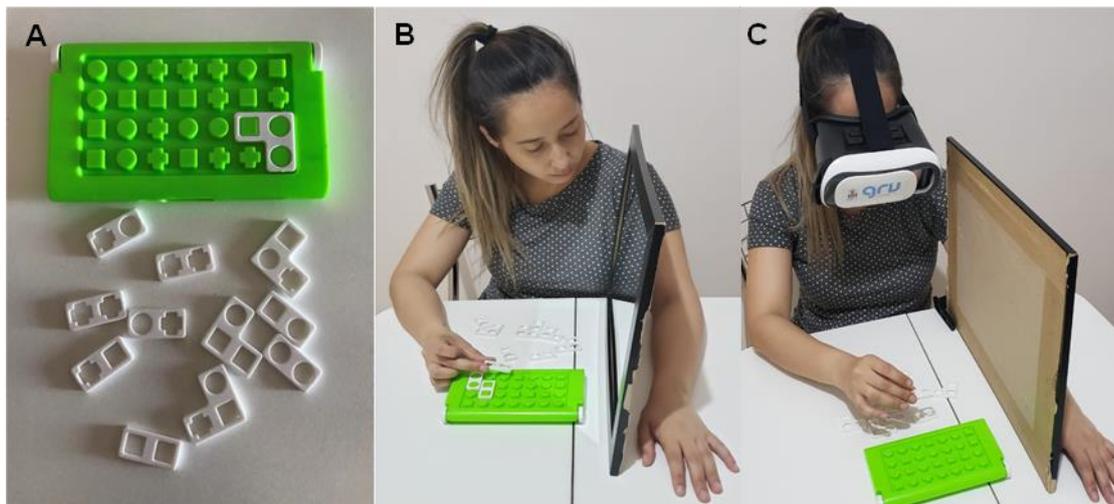


Figura 3 - Imagem do material e da pesquisadora demonstrando a tarefa do quebra-cabeça “Cilada” durante a TE e Mirror –Up. Porto Alegre/RS.Brasil, 2019. **Fonte;** A autora (2019).

Nota: A: Tabuleiro do jogo Cilada e as 12 peças referentes ao quebra-cabeça de número 25. B: pesquisadora exemplificando como era realizada a atividade com o uso da TE. C: pesquisadora exemplificando como era realizada a atividade com o sistema Mirror-Up.

6.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A amostra foi recrutada por conveniência. Os sujeitos estudados deveriam ser maiores de 18 anos, de quaisquer gêneros, residentes em Porto Alegre ou região metropolitana, e aceitar participar da investigação quando cumpridos os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.

6.4 Cálculo do tamanho Amostral

Considerando que se trata de um estudo inicial de percepção de usabilidade, não foi necessária a realização de um cálculo tradicional do tamanho da amostra. Considera-se que, para estudos dessa natureza, uma amostra de 10 a 15 sujeitos com dada característica em comum já seja suficiente para atingir aos objetivos propostos (Thabane et al. 2010). Portanto, estabeleceu-se a meta de recrutar 15

participantes por grupo.

6.5 Recrutamento

Os participantes foram recrutados a partir da divulgação do estudo no Centro de Reabilitação da PUCRS (CR), Instituto de Geriatria e Gerontologia PUCRS (IGG) e por mídias de circulação local do CR e IGG. Assim, os indivíduos foram convidados a participar e, quando concordaram, foi agendada uma avaliação de triagem para revisão dos critérios de elegibilidade e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A).

6.5.1 Critérios de Elegibilidade

Para o grupo intervenção denominado grupo AVC, as pessoas deveriam ter entre 30 e 80 anos de idade e apresentar alguma limitação funcional do membro superior, conforme os critérios da escala Fugl-Meyer (ANEXO B). Para a revisão de tais critérios e caracterização amostral, as pessoas com histórico de AVC foram avaliadas por um questionário clínico-demográfico, através da escala de *Fugl-Meyer além das escalas*, Stroke Specific Quality Of Life Scale (SS-QOL) – (ANEXO E), *Self-Stroke Efficacy Questionnaire* (SSEQ) – versão Brasileira (ANEXO F) e escala de Franchay (ANEXO H). Tal avaliação se faz necessária para garantir que os indivíduos apresentassem distúrbios funcionais dos MsSs.

Os grupos controles foram constituídos por idosos (pessoas entre 60 e 80 anos) e jovens (pessoas entre 18 e 35 anos), os quais deveriam apresentar história clínica negativa para doenças cerebrovasculares conhecidas ou outras doenças com impacto sobre a função dos membros superiores. Caso apresentassem distúrbios ou doenças incapacitantes dos MsSs, sequelas de doenças prévias ou fizessem uso de medicamentos que interferissem no controle do referido membro, os sujeitos seriam excluídos

6.5.2 Critérios de Inclusão

- a) Concordar em participar do estudo e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- b) Ter idade compatível com os grupos AVC e controles;
- c) Ter acompanhamento médico de rotina;
- d) Estar realizando fisioterapia ou já ter passado por programa de reabilitação no Centro de Reabilitação da PUCRS ou em outro serviço de reabilitação, no caso do grupo AVC;
- e) Ter disponibilidade para participar da pesquisa no Centro de Reabilitação da PUCRS, no IGG-PUCRS ou em seu domicílio.

6.5.3 Critérios de Exclusão

- a) Apresentar alterações ortopédicas não relacionadas ao AVC que impeçam a realização de movimentos dos MsSs;
- b) Pré-existência de outras doenças neurológicas não relacionadas ao AVC;
- c) Déficits de linguagem ou compreensão que impeçam a realização do protocolo do estudo (disartrias e disfasias);
- d) Redução importante da acuidade visual, com perda da visão central ou periférica;
- e) Histórico de epilepsia ou crises convulsivas;
- f) Amputações de membros superiores;
- g) Insuficiência cardíaca ou doença pulmonar que ocasionem dispneia aos pequenos esforços;

6.6 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

As avaliações foram compostas por testes e questionários que avaliaram a caracterização demográfica e clínica, o grau de comprometimento do MS afetado pelo AVC e a percepção de usabilidade. A seguir, apresentamos a descrição pormenorizada de cada um dos testes em pauta.

6.6.1 Escala Fulg-Meyer

A Escala Fugl-Meyer (ANEXO B) foi desenvolvida e introduzida, por (FUGL-MEYER et al.,1975). Esta escala foi o primeiro instrumento quantitativo para realizar a mensuração do comprometimento sensório-motor no período pós-AVC. Ela foi elaborada baseada nos métodos descritos por Brunnstrom em (1966) e Twitchell em (1951). Para conceber a escala, os autores detalharam evoluções da recuperação motora pós-AVC, especificando o desempenho e as mudanças no comprometimento motor. As medidas são baseadas no exame neurológico e na atividade sensório motora do hemicorpo afetado, com o objetivo de reconhecer padrões seletivos e sinérgicos característicos pós-evento (MAKI et al., 2006). Nesta pesquisa utilizamos apenas a avaliação do membro superior hemiplégico/hemiparético. A escala é um instrumento que avalia o domínio “estrutura e função do corpo”, conforme os princípios da Classificação Internacional de Funcionalidade e Incapacidade (CIF) (WHO, 2001). A Fugl-Meyer pontua a qualidade de execução de movimentos, analisando seis aspectos funcionais: amplitude de movimento, dor, sensibilidade, função motora da extremidade superior e inferior, equilíbrio, coordenação e velocidade, totalizando 226 pontos, afim de identificar padrões funcionais característicos (AKI *et al.*, 2006). Ao executar o movimento solicitado, o avaliador pode pontuar de três possíveis formas: 0- ausente,1- parcial e 2 – completo. A pontuação máxima específica para membro superior varia entre 0 e 66 pontos, além da avaliação de dor, movimento articular passivo e sensibilidade, com pontuação respectiva de 24, 24 e 12 pontos (MAKI, et al 2006). De acordo com os autores da escala (FUGL-MEYER et al., 1975), foi determinada uma pontuação de acordo com o nível de comprometimento motor, em que um escore inferior a 50 pontos indica um comprometimento motor severo; de 50- 84 acentuado; 85-95 discreto; e 96-99 leve.

6.6.2 System Usability Scale (SUS)

Uma das formas de se avaliar a usabilidade de um sistema se dá por meio da utilização da *System Usability Scale* (SUS) (BROOKE, 1996). Esta escala permite ao profissional avaliar, de forma fácil e rápida, a usabilidade de um determinado produto ou serviço. A SUS possui muitas características que a tornam uma boa opção para avaliar a usabilidade. Primeiro, é uma ferramenta flexível para avaliar uma ampla gama de tecnologias de interfaces (AARON, 2008). A escala SUS (ANEXO C), em

sua versão brasileira (TENÓRIO et al., 2010), é composta por 10 perguntas com 5 possíveis opções de respostas sobre a percepção de usabilidade de dispositivos/sistemas digitais, e apresenta as seguintes pontuações: (5) concordo totalmente, (4) concordo, (3) neutro, (2) discordo e (1) discordo totalmente. As perguntas 4, 6, 8 e 10 tendem a ter uma classificação mais positiva do participante. A contribuição de pontos é 5 menos a nota recebida, enquanto as declarações 1, 2, 3, 5 e 9 tendem a ter uma classificação mais negativa em relação às outras classificações. Assim, o escore individual é a nota recebida menos 1. Para a obtenção do escore final, multiplica-se a soma das notas por 2,5 e o valor obtido refere-se ao valor no SUS (ANDRADE et al., 2019). A escala varia entre 0 e 100 pontos. Os produtos com pontuação acima de 68 são classificadas como um sistema com usabilidade aceitável (BOUCINHA et al., 2013).

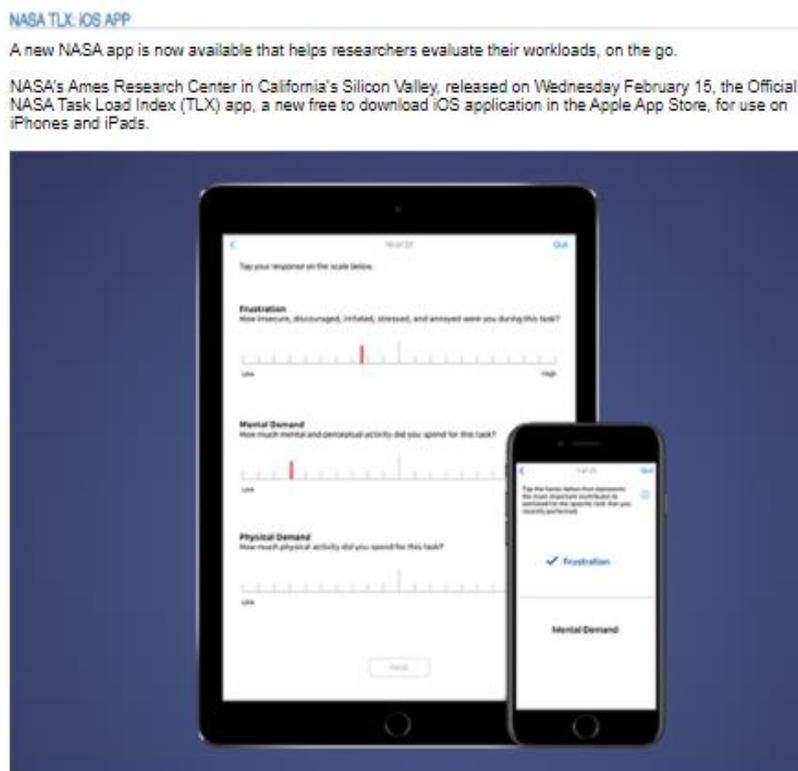
6.6.3 Escala NASA-TLX

O *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) (ANEXO D) foi descrito por HART e STAVELAND em (1988) e é definido como um instrumento multidimensional projetado para obter estimativas de carga de trabalho de uma atividade durante e imediatamente depois de sua execução. O NASA-TLX tem sido usado em uma ampla variedade de campos (HART, 2006), como em estudos que envolvem a avaliação de displays visuais, auditivos, dispositivos de entrada vocal e realidade virtual aumentada. O índice é composto por seis subescalas. Três delas avaliam a demanda mental, a demanda física e a demanda temporal e as outras três avaliam a interação do indivíduo com a tarefa, envolvendo o nível de desempenho, esforço e frustração (GUIMARÃES, 2017).

O uso dessas seis subescalas para calcular uma pontuação geral da carga de trabalho reduz a variabilidade entre os sujeitos, em relação a uma classificação unidimensional da carga de trabalho, ao mesmo tempo em que fornece informações de diagnóstico sobre as fontes de carga de trabalho (HART ; STAVELAND, 1988). O escore do instrumento é obtido por meio de uma régua análoga visual composta por 20 opções de resposta, com escore de pontuação que varia de 0 a 100, atribuída a cada subescala, na qual o indivíduo assinala a posição que mais se aproxima de sua percepção quanto à demanda solicitada (FRANCISCO; ANTONIO, 2015;

CARDOSO, 2013). Para calcular a média do score NASA TLX com as 6 subescalas há disponível uma aplicação (Figura 4) que contém as equações sequenciais para a determinação do escore final. A aplicação pode ser encontrada no site <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/tlxapp.php>

Figura 4- Aplicativo NASA TLX disponível para auxiliar os pesquisadores em seus estudos.



Fonte: <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/tlxapp.php>

6.6.4 Stroke Specific Quality of Life Scale (Ss-Qol)

A SS-QOL foi criada em 1999 por Williams et al, sendo uma escala específica de mensuração da qualidade de vida em indivíduos pós-AVC. Em sua versão original apresenta 49 itens em 12 domínios (energia, papel familiar, linguagem, mobilidade, humor, personalidade, autocuidado, papel social, raciocínio, função de membro superior, visão e trabalho/produtividade), tendo um score de até 5 pontos para cada item. É um instrumento de fácil aplicação e compreensão (ANEXO E), bem como análise dos dados obtidos, por ser uma escala longa necessita de

aproximadamente 40 min para sua aplicação (ROCHA, 2008). Esta escada foi utilizada para a caracterização amostral dos participantes do grupo AVC.

6.6.5 Stroke Self-Efficacy Questionnaire (SSEQ)

É um parâmetro específico aplicado em indivíduos pós- AVC, que avalia o nível de sua percepção na participação funcional e autoeficácia na execução de tarefas funcionais diárias e autogestão (ANEXO F). O SSEQ foi desenvolvido por Jones e colaboradores, no Reino Unido e, que foi validada para a língua portuguesa por (MAKHOUL, et al. 2020). A auto-eficácia relaciona-se com a confiança que o indivíduo tem para realizar uma atividade específica para atingir os objetivos desejados. Pessoas que foram acometidas pelo AVC e que apresentam uma maior auto-eficácia denotam menos sintomas depressivos, melhor habilidade funcional, mobilidade, atividades da vida diária e qualidade de vida (JONES, et al 2008). Esta escada foi utilizada para a caracterização amostral dos participantes do grupo AVC. O escore total da escala é obtido pela soma das pontuações em cada uma das questões, sendo que quanto maior a pontuação, menor é a percepção de impacto negativo do AVC na rotina dos participantes.

6.6.6 Índice de Barthel

É uma avaliação auto aplicada (ANEXO G), que apresenta 10 medidas que se referem ao autocuidados e mobilidade, analisando: alimentação, transferências de cadeira de rodas para cama e vice versa, higiene pessoal (lavar mãos, rosto, escovar dentes, fazer a barba), uso do banheiro, banho, deambulação, levantar da cadeira, subir e descer escadas, vestir-se e despir-se, continência urinária e fecal. Seu escore varia de 0 a 100, e pontuações maiores indicam uma melhor independência funcional (MAHONEY; BARTHEL, 1965). Esta escada foi utilizada para a caracterização amostral dos participantes do grupo AVC.

6.6.7 Índice de Atividades de Frenchay (FAI)

O índice foi criado em 1983 por Holbrook e Skilbeck, sendo uma ferramenta que integra a lista da *stroke scale* e do *clinical assessment tools*, sendo recomendada pelo *Stroke Center*, *American Stroke Association* e a *American Heart Association*. É utilizado em indivíduos acometidos pelo AVC com o objetivo de avaliar a capacidade destes indivíduos em desenvolverem as suas atividades diárias. A FAI apresenta 15 itens, nos quais se analisa tarefas que envolvem decisão e organização do paciente, dentro e fora de casa. Os escores variam de 0 para paciente inativo, a 45 muito ativo. Este estudo (ANEXO H) foi validado para o português no ano de 2017 (MONTEIRO et al., 2017).

6.7 ADMINISTRAÇÕES DAS EXPERIÊNCIAS

Os participantes do Grupo AVC realizaram as atividades propostas com o hemisfério contralateral à lesão cerebral (não-afetado). Já os grupos controles (idosos e jovens) realizaram a tarefa com o MS dominante/de preferência. Todos os participantes foram orientados a colocar ambos os braços acima da mesa e um espelho foi colocado verticalmente entre os braços. Assim, o membro que realizava a tarefa permanecia em frente ao espelho e o outro ficava posicionado atrás do espelho, com o intuito de escondê-lo do campo visual do participante (Figuras 2 e 3). Durante a TE, os participantes eram orientados a realizar as duas tarefas observando o movimento do seu braço através do reflexo do espelho, de modo a gerar a ilusão de que o lado contralateral é que está realizando a atividade. Portanto, foi enfatizado sempre que necessário que o indivíduo não deveria olhar para o braço que fazia a execução real das tarefas. Já durante a experiência com o *Mirror-Up*, o espelho foi colocado com a face não refletiva voltada para o MS que realizava as tarefas, para que o reflexo do espelho não prejudicasse a visualização e execução das atividades.

O participante dispunha de 5 minutos para realizar cada uma das tarefas, que foram repetidas para as interfaces testadas (TE e *Mirror-Up*). Caso o participante fosse capaz de finalizar uma das tarefas antes do tempo disponível, o cronômetro era parado e o tempo registrado. Finalizando as atividades com a TE ou com o sistema *Mirror-Up*, os questionários sobre a percepção de usabilidade foram aplicados.

6.8 DESFECHOS

Nesta seção, serão descritos os desfechos do estudo.

6.8.1 Desfecho Primário

O desfecho primário deste estudo foi a análise da percepção de usabilidade.

6.8.2 Desfechos Secundários

Os desfechos secundários foram os sintomas e as queixas de desconforto dos usuários em cada uma das experiências e as medidas de desempenho na execução da tarefa.

6.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A caracterização da amostra foi realizada por meio da estatística descritiva. As comparações entre grupos (AVC, idosos ou jovens) e experiências (TE e *Mirror-Up*) foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) de uma ou duas vias, conforme indicado. Quando cabível, o *post-hoc* de Tukey foi empregado. Dados categóricos foram avaliados por meio do teste do Qui-quadrado. O nível de significância estatística adotado foi de $p \leq 0,05$.

6.10 LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

As avaliações foram realizadas em um dos seguintes locais: Centro de Reabilitação do Hospital São Lucas da PUCRS; Instituto de Geriatria e Gerontologia da PUCRS; ou no domicílio do participante - quando da impossibilidade de deslocamento ou comparecimento à Universidade.

6.11 ASPECTOS ÉTICOS

Este projeto de pesquisa segue a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde a qual aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos e que assegura aos indivíduos quatro preceitos éticos básicos: a autonomia, a não maleficência, a beneficência e a justiça. O projeto foi avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul e aprovado sob o parecer (2.537.387). Todos os participantes receberam e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). Apenas após a assinatura é que os dados foram coletados.

7 RESULTADOS

Os resultados deste estudo serão apresentados a seguir na forma de artigo científico, seguindo as normas do PPG em Gerontologia Biomédica da PUCRS. O presente manuscrito será submetido para o periódico “CYBERPSYCHOLOGY, BEHAVIOR, AND SOCIAL NETWORKING” (classificado como A1, conforme a avaliação do Novo Qualis-CAPES), após a incorporação das sugestões e/ou modificações que serão apontadas pela banca examinadora.

03/06/2020

ScholarOne Manuscripts



Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking

[# Home](#)[/ Author](#)[Review](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to

Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking

Manuscript ID

CYBER-2020-0419

TitleTHE USABILITY PERCEPTION OF TWO MIRROR-BASED FEEDBACK SYSTEMS AFTER STROKE:
CONVENTIONAL VERSUS IMMERSIVE VIRTUAL MIRROR-THERAPY**Authors**

Jaques, Elina

Figueiredo, Anelise

Schiavo, Aniuska

Loss, Bianca

Hoff, Gabriel

Sangalli, Vincenzo

Melo, Denizar

Xavier, Léder

Pinho, Márcio

Mestriner, Régis

Date Submitted

03-Jun-2020

Author Dashboard

<https://mc.manuscriptcentral.com/cyberpsych>

1/2

03/06/2020

ScholarOne Manuscripts

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2020. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

[@ScholarOneNews](#) | [System Requirements](#) | [Privacy Statement](#) | [Terms of Use](#)

Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking

Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking: <http://mc.manuscriptcentral.com/cyberpsych>

THE USABILITY PERCEPTION OF TWO MIRROR-BASED FEEDBACK SYSTEMS AFTER STROKE: CONVENTIONAL VERSUS IMMERSIVE VIRTUAL MIRROR-THERAPY

Journal:	<i>Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keyword:	Rehabilitation, Virtual Reality
Manuscript Keywords (Search Terms):	Stroke, Mirror-therapy, Neurons, Usability
<p>Note: The following files were submitted by the author for peer review, but cannot be converted to PDF. You must view these files (e.g. movies) online.</p>	
Supplementary video.mp4	

SCHOLARONE™
Manuscripts

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

**THE USABILITY PERCEPTION OF TWO MIRROR-BASED FEEDBACK
SYSTEMS AFTER STROKE: CONVENTIONAL VERSUS IMMERSIVE VIRTUAL
MIRROR-THERAPY**

Running title: **Usability of mirror-based systems after stroke**

Eliana da Silva Jaques^{1,2}, Anelise Ineu Figueiredo^{1,2}, Aniuska Schiavo^{1,2}, Bianca Loss^{2, 3},
Gabriel Hoff da Silveira^{2, 3}, Vincenzo Abichequer Sangalli⁴, Denizar Alberto da Silva Melo³,
Léder Leal Xavier^{2,3}, Márcio Sarroglia Pinho⁴, Régis Gemerasca Mestriner^{1,2,3*}

¹Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, PUCRS. Biomedical Gerontology
Program of the School of Medicine. Porto Alegre, Brazil.

²Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, PUCRS. Neuroplasticity and
Rehabilitation Research Group (NEUROPLAR). Porto Alegre, Brazil.

³Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, PUCRS. School of Health and Life
Sciences. Porto Alegre, Brazil.

⁴Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, PUCRS. Polytechnic School. Virtual
Reality Research Group. Porto Alegre, Brazil.

***Correspondence:**

Régis Gemerasca Mestriner, PhD.

e-mail: regis.mestriner@pucrs.br.

Address: Av. Ipiranga, 6681 – Building 12 / Room 104.

Porto Alegre – RS, Brazil. ZIP-code: 90619-900.

Phone: +55 51 33536031.

ResearchID: A-5911-2015.

ORCID: orcid.org/0000-0001-9837-1691

Abstract

This study compares the usability perception of two systems for mirror-based stroke therapy, conventional (MT) versus immersive virtual mirror-therapy (VR). The sample consisted of 45 participants divided into 3 groups and compared - stroke (n=15) versus elderly (n=15) and young (n=15) controls. Participants performed two tasks using both MT and VR in a semi-random sequence. At the end of the activities, we applied usability instruments (SUS and NASA-TLX) and two direct questions regarding the experiences. Participants reported both MT and VR had similar low usability perception, with averages lower than the 68-cutoff point on the SUS scale. MT was found to be more adaptable and cause less discomfort. Conversely, VR increased the perception of difficulty for both tasks and prevented the participants from deviating their attention from the mirror-based feedback. Whilst immersive VR mirror-based feedback has been reported to be less comfortable, the system was found to be more challenging when compared with the conventional MT. We suggest the choice of goggles, in terms of physical and visual comfort levels, might determine the usability of immersive VR on upper-limb recovery after stroke.

Keywords: Stroke, Mirror-therapy, Neurons, Usability.

Introduction

Stroke is a complex worldwide health problem. The acute and chronic care-related costs (monetary and non-monetary) of alleviating dependency are extremely high and contribute to the global burden of the disease.^{1,2} Evidence suggests 60% of stroke survivors require long-term rehabilitation and remain with some degree of upper limb impairment, thus affecting daily living and work activities.^{3,4,5}

Virtual reality (VR) has been applied in neurorehabilitation to provide lifelike 3D environments.⁶ VR has been used in the study of several neurological diseases/conditions, such as stroke, Parkinson's disease, cerebral palsy and multiple sclerosis.^{7,8} Thus, the use of VR instead of physical mirrors, as in conventional mirror therapy (MT), to stimulate mirror-neurons after stroke may increase the therapeutic value.⁹ Mirror neurons, located in the premotor cortex of the frontal lobe, are similarly activated when either the subject performs or merely observes movements.¹⁰ However, conventional MT has several disadvantages that limit its use in clinical settings: a) monotonous and low-dose therapy; b) the need for dedicated apparatus and often a professional *in loco*; c) the patient is required to constantly observe the mirror-generated feedback throughout the entire session (looking at the real arm/hand performing the movements disrupts the therapeutic concept); and d) physical mirrors may produce the perception of bilateral movement rather than the desired unilateral movement.¹¹ In this context, VR devices may offer the opportunity to overcome the MT-related barriers by ensuring the theoretical principles of mirror-therapy can be more easily applied in the clinical setting.

VR is widely thought to offer a motivating and effective way to achieve higher doses of therapy and induce better post-stroke arm/hand recovery.¹² The combined use of VR with the principles of mirror-therapy would seem to be an efficient means of achieving better results in stroke rehabilitation.

1
2
3
4 Nowadays, most smartphones can be attached to low-cost VR goggles to run applications
5
6 (Apps) that provide immersive VR. However, the usability perception of VR mirror-based
7
8 feedback, in comparison with the conventional MT, has not been properly assessed. This study
9
10 was designed to fill this gap in the field.
11
12

13 14 15 **Methods**

16
17 This study was conducted in the Rehabilitation Center (RC) at the Pontifical Catholic
18
19 University of Rio Grande do Sul. Some participants who were unable to come to the university
20
21 facilities were assessed in their homes. The review of the inclusion and exclusion criteria and
22
23 data collection were performed by two trained physiotherapists.
24
25
26
27
28
29

30 **Participants**

31
32 We recruited 15 participants for each group, as recommended for trials usability perception
33
34 trials.¹³ Overall, 45 participants were recruited by convenience to establish the following
35
36 groups: stroke (n=15) and stroke-free elderly (n=15) and young (n=15), the latter two being
37
38 controls. The stroke group (n=15) included participants aged between 30 and 80 years old with
39
40 stroke-related arm/hand deficits according to the Fugl-Meyer assessment criteria for upper-limb
41
42 function.¹⁴ Participants with a history of comprehension aphasia, severe visual deficits, mild
43
44 cognitive impairment or dementia, upper-limb amputation or other upper-limb impairments
45
46 unrelated to stroke were excluded. The elderly group (n=15) included participants aged 60 to
47
48 80 years old and the young group (n=15) consisted of participants aged 18 to 35 years old, both
49
50 without a history of conditions affecting upper-limb function.
51
52
53
54

55 **Outcomes**

56
57
58
59
60

1
2
3
4 Usability perception was measured using the System Usability Scale (SUS)¹⁵ and NASA Task
5
6 Load Index (NASA-TLX) was used to determine the cognitive load.¹⁶ These were the main
7
8 study outcomes.
9

10 11 12 13 *Procedures*

14
15
16
17 After reviewing the inclusion/exclusion criteria, all participants were assessed. They performed
18
19 two tasks (cube sorting task and gridlock puzzle), both using the MT and the immersive VR,
20
21 followed by the application of the SUS and NASA-TLX instruments. The stroke group
22
23 performed the tasks using the non-plegic/paretic upper limb, as indicated in mirror-therapy.^{9,11}
24
25 The elderly and young controls performed the tasks using the dominant upper-limb/hand. The
26
27 assessment protocol typically lasted an hour (the assessment could be extended according to
28
29 the needs of each participant).
30
31

32
33
34 Both tasks required handling objects (Figure 1A-F). In the first, we used a geometric shape-
35
36 sorting cube (Form Fitter, Playskool) and the goal consisted of fitting the geometric figures in
37
38 the correct cube openings. In the second, a gridlock puzzle game with 12 pieces was used
39
40 (Cilada, Estrela, Brazil). The game has 50 possible puzzles and we used puzzle number 25 -
41
42 intermediate difficulty level. For each task, the participants were instructed to fit as many pieces
43
44 as they could in 5 min. The tasks were performed twice - using the MT (by observing the mirror
45
46 reflection of the non-paretic/plegic upper limb) and the VR goggles (immersive VR), in a
47
48 randomized order. After finishing both tasks (with MT or VR), the participants reported their
49
50 usability perception and task load using the SUS and NASA-TLX, respectively. Regarding their
51
52 experiences, they were also asked two direct questions (detailed as follows).
53
54
55

56 57 58 *Apparatus and Instruments*

59
60

1
2
3
4 *Conventional mirror-therapy.* The participants sat at a table with a mirror placed
5
6 perpendicularly in front of them. The impaired arm was hidden behind the mirror and the
7
8 unaffected hand was in front of the reflective side of the mirror. The participants were instructed
9
10 to only observe the unaffected hand through the reflection in the mirror and encouraged to
11
12 perform the tasks (Figure 1B and 1E).
13
14

15
16
17
18 *VR-based mirror-feedback.* The VR-based mirror feedback smartphone App was developed at
19
20 PUCRS Virtual Reality Lab. This App provides a reversed image of the body laterality
21
22 (Supplementary video). Unlike conventional MT, the App provides an environment in which
23
24 the participant is unable to observe the real unaffected hand performing the task. The
25
26 smartphone with the working App was attached to low-cost VR goggles (Figure 1C and 1F).
27
28
29
30

31
32 *Fugl Meyer Assessment Scale (FMA).* The FMA assessment is based on neurological
33
34 examination and sensory/motor activation of the upper limb. FMA measures structure and
35
36 function of the upper limb by assessing active control, coordination and reflex activity of the
37
38 shoulder, elbow, wrist and hand (scoring ranges from 0 to 66 points). In addition, the FMA also
39
40 assesses pain, passive joint movement and sensitivity.^{17,18,19}
41
42
43
44

45
46 *System usability scale (SUS).* This instrument consists of 10 questions with 5 possible answers:
47
48 strongly agree, agree, neutral, disagree, and strongly disagree. The score was calculated as
49
50 previously described.^{15,20}
51
52
53

54
55 *NASA Task Load Index (NASA-TLX).* NASA-TLX assesses workload and consists of six
56
57 subscales, three of which relate to mental, physical and temporal demand and three others
58
59 designed to assess the individual's interaction with the task, including performance, effort and
60

1
2
3
4 frustration. Each score is given using a visual scale ranging from zero to 100, where the
5
6 participants indicate their perception. In the present study, the score was calculated as
7
8 previously described.^{16,21}
9

10
11
12
13 *Direct questions (yes/no).* In the last part of the assessment, two direct questions were asked:
14
15 “Did you find the tasks difficult?”; “Did you have the impression you were actually using the
16
17 affected upper limb during the tasks?”. The replies were used as complementary findings.
18
19

20
21
22 *Functional characterization of the stroke-group members.* The self-stroke efficacy
23
24 questionnaire (SSEQ-B),^{22,23} Frenchay Activities Index,²⁴ Barthel Index²⁵ and Post-stroke
25
26 quality of life questionnaire²⁶ were used to characterize the stroke group functional profile.
27
28

29 30 31 32 *Statistical Analysis*

33
34 Descriptive statistics were used to characterize the sample. The group (stroke, elderly or young)
35
36 and mirror-based feedback system (MT or VR) factors were analyzed using the analysis of
37
38 variance (ANOVA). When appropriate, Tukey's *post-hoc* test was applied. Categorical data
39
40 were evaluated using the chi-square test. The level of statistical significance was set at $p \leq 0.05$.
41
42

43 44 45 46 *Ethics*

47
48 This research was approved by the Research Ethics Committee of the Pontifical Catholic
49
50 University of Rio Grande do Sul (number 2.537.387) and is in accordance with Resolution
51
52 466/2012 of the National Health Council. Before starting the data collection, all participants
53
54 signed a free and informed consent form.
55
56

57 58 59 60 **Results**

1
2
3
4 Forty-five people were recruited by convenience and no losses occurred during the study. The
5 sample characterization is shown in Table 1. Male gender was predominant in the stroke group
6 while the elderly and young controls were predominantly female. In addition, 93.33% of the
7 strokes were ischemic and impairment on the left side of the body was more prevalent (66.66%).
8
9 At the time of assessment, the time since stroke onset ranged from 4 to 348 months and 40% of
10 the participants had had two or more strokes. The FMA score was 34.00 ± 19.72 points, which
11 suggests moderate post-stroke upper-limb impairment in the study sample.
12
13
14
15
16
17
18
19

20 ----- Table 1 here -----
21

22 Table 2 shows the usability perception, cognitive workload and performance outcomes during
23 the tasks using the MT and VR systems. Regarding the SUS scale, both systems had scores
24 lower than the 68-cutoff point, which suggests low usability. While no between-system
25 differences in usability perception were found, the participants reported greater difficulty in
26 performing the tasks using the VR system, which was reflected in their performance. Young
27 controls took less time to complete the tasks using both the MT and VR systems. Notably, when
28 using the conventional MT system, the stroke (93.3%) and elderly (46.7%) groups looked away
29 from the mirror feedback at least once (cheated). All groups reported motion sickness and visual
30 discomfort using the VR. Overall, 42.2% of the participants answered “yes” to the question
31 “Did you find the tasks difficult?”. The “yes” response rate in stroke survivors was 53.3%.
32 Moreover, 46.6% replied yes to the question “Did you have the impression you were using the
33 affected upper limb during the tasks?”. Interestingly, the “yes” response rate in stroke survivors
34 was only 13.3%.
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51

52 ----- Table 2 here -----
53

54
55
56
57 Two-way ANOVA revealed differences regarding the group factor in the SUS scale ($F_{2,44} =$
58 $6.25 / p = 0.03$), regardless of the mirror-based feedback system ($F_{1,44} = 1.25 / p = 0.26$) or
59
60

1
2
3
4 interaction between group and system ($F_{2,44} = 2.39 / p = 0.10$). Moreover, the stroke group had
5
6 significantly lower scores in the SUS scale when compared with the young group ($p = 0.02$).
7
8 Interestingly, the findings for NASA-TLX index revealed differences for the type of mirror-
9
10 based feedback ($F_{1,44} = 8.59 / p = 0.04$), with a trend towards the group factor ($F_{2,44} = 2.85 / p$
11
12 $= 0.06$) and a lack of group and type of mirror-based system interaction ($F_{2,44} = 0.93 / p = 0.91$).
13
14 Together, these findings suggest MT and VR have the same usability perception, but VR
15
16 induces a higher workload.
17
18 Regarding the time to complete the cube sorting task, we observed main effects for group ($F_{2,44}$
19
20 $= 34.12 / p = 0.0001$), type of mirror-based feedback ($F_{1,44} = 74.72 / p = 0.0001$), as well as
21
22 interaction between group and type of mirror-based feedback ($F_{2,44} = 21.55 / p = 0.0001$). Since
23
24 none of the groups completed the gridlock task within the available time, no main effect was
25
26 found. However, main effects for group ($F_{2,44} = 37.01 / p = 0.0001$), type of mirror-based
27
28 feedback ($F_{1,44} = 12.90 / p = 0.0001$) and interaction between group and type of mirror-based
29
30 feedback ($F_{2,44} = 7.40 / p = 0.001$) were found for the number of pieces fitted in the gridlock
31
32 board (Figure 2).
33
34
35
36
37
38
39
40

41 Discussion

42
43 This study sought to investigate the usability perception of two mirror-based feedback systems
44
45 for post-stroke rehabilitation, the conventional mirror therapy (MT) and the immersive virtual
46
47 reality mirror-based feedback (VR). The present findings revealed both systems exhibited low
48
49 usability perception in all the studied groups. VR may be more challenging for the elderly when
50
51 compared with the conventional MT. However, this barrier may be overcome by increasing the
52
53 exposure of the elderly to technology.^{27,28} According to Crosbie et al.²⁹, stroke survivors
54
55 perceived greater effort using VR games when compared to age-matched healthy controls. The
56
57 same study also observed participants with a higher degree of impairment had a less positive
58
59
60

1
2
3
4 experience with VR.²⁹ It is important to consider that any game could be boring for some people
5
6 and interesting for others.³⁰ Both tasks used in this study may not have been sufficiently
7
8 entertaining for the participants, which may have contributed to the low usability perception.

9
10
11 In the last decade, immersive VR systems have become a resource for stroke rehabilitation by
12
13 providing abundant experiences, minimizing auditory and visual distractions and highlighting
14
15 preferred stimuli.³¹ Furthermore, with VR it is possible to adjust stimuli to respond to actions
16
17 in real-time and by incorporating and manipulating feedback, which can facilitate motor
18
19 learning and neuroplasticity.³² VR goggles provide an opportunity to produce complete
20
21 laterality inversion, which may ensure a more effective illusion in comparison with
22
23 conventional MT.³¹ There is evidence to show that the illusion of using the affected limb
24
25 provided by VR is capable of recruiting the M1 area in the cerebral cortex, which may facilitate
26
27 stroke recovery.³³ Thus, the present findings demonstrate the VR mirror-feedback workload is
28
29 higher when compared with conventional MT, probably due to its immersive sensation that
30
31 prevents cheating during the tasks. Indeed, we noted a considerable number of the participants
32
33 looked away from the mirror during the conventional MT (to observe the unaffected/preferred
34
35 upper limb performing the tasks), even after receiving instructions to avoid this behavior.
36
37 Therefore, the immersive VR environment can prevent this behavior, which may have
38
39 contributed the lower performance in the tasks using VR in comparison with conventional MT.
40
41 Overall, the present study suggests both conventional MT and VR-based mirror feedback
42
43 systems have similarly low levels of usability perception. However, VR offered a more
44
45 challenging environment to perform the tasks, which is an important factor to consider when
46
47 prescribing rehabilitation exercises.
48
49

50
51 Motion sickness is also an important factor to take into account when using VR goggles and
52
53 most of the participants in our study reported experiencing this sensation to some degree, which
54
55 is in accordance with the literature.³⁴ Dizziness, headache, fatigue or other visual-related
56
57
58
59
60

1
2
3
4 discomfords have been reported when using VR systems in rehabilitation.^{35,36} Notwithstanding,
5
6 some medicines may increase tolerance of these undesirable effects of VR and can be discussed
7
8 with the physician in each case.

9
10 Another point to consider when choosing a VR system is the goggles. The small visual field
11
12 and the quality of the lens adjustment may explain to some degree the reported visual
13
14 discomfort and may change the therapeutic efficacy of the VR. Moreover, future research is
15
16 needed to properly evaluate this influence and generate new technologies to reduce VR-related
17
18 discomfort. This can surely provide enjoyable, engaging and motivating options for people
19
20 recovering from stroke.
21
22

23
24 Interestingly, only two stroke survivors (13.3%) reported having the sensation of movement in
25
26 the affected upper limb/hand using mirror-based feedback systems. This is an interesting
27
28 finding, since 46.6% of the overall sample reported experiencing that sensation. Perhaps, the
29
30 daily frustration of recognizing the inability to use the affected upper limb may inhibit believe
31
32 in any functional movement in the affected arm/hand, in comparison with healthy controls.
33
34 Hopefully, further studies may address the explanation for this finding.
35
36

37
38 The main limitation of this study was the lack of a comprehensive cognitive assessment.
39
40 Evidence suggests stroke is a risk factor for cognitive impairment,^{37,38} i.e. stroke survivors
41
42 exhibit faster decline in executive functions.³⁸ Nevertheless, none of the included participants
43
44 had a history of dementia or cognitive decline or showed any such signs during the assessment.
45
46 Despite which, the low usability perception in the stroke group may be influenced by
47
48 impairment in some cognitive domains, which is also a matter for further investigation.
49
50

51
52 In conclusion, the study findings suggest both conventional MT and VR-based mirror feedback
53
54 systems have similar levels of usability, although VR provides a higher workload and greater
55
56 challenge to perform the mirrored tasks. Also, improving VR goggles and smartphone
57
58 technology in relation to rehabilitation may help achieve a better usability perception among
59
60

1
2
3
4 stroke survivors. Finally, incorporating VR-based mirror feedback with virtual games may be
5
6 an interesting option to provide engaging therapy for upper-limb recovery after stroke.
7
8
9

10 **Authors disclosure statement**

11
12
13 No competing financial interests exist.
14
15
16
17

18 **Funding information**

19
20 This study was carried out with the support of the *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado*
21 *do Rio Grande do Sul (FAPERGS)* (Programa Pesquisa para o SUS (PPSUS) - Call n. 03/2017),
22 *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* - Financing Code 001 and
23 *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)*.
24
25
26
27

28 **References**

- 29
30
31
32
33 1. Joo H, George MG, Fang J. A literature review of indirect costs associated with stroke. *Journal*
34 *of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2014; 23:1753-63.
35
36 2. Rajsic S, Gothe H, Borba H. Economic burden of stroke: a systematic review on post-stroke
37 care. *The European Journal of Health Economics* 2019; 20:107-34.
38
39 3. Kolominski-ribas P, Gefeller O, Neundörfer B. Epidemiology of ischemic stroke subtypes
40 according to the TOAST criteria: incidence, recurrence, and long-term survival in ischemic
41 stroke subtypes: a population-based study. *Stroke* 2001; 32:2735-40.
42
43 4. Almeida OR, Cintia SV, Rodrigues MF. Mental practice and mirror therapy associated with
44 conventional physical therapy training on the hemiparetic upper limb in poststroke
45 rehabilitation: A preliminary study. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2014; 21:484-94.
46
47 5. Pérez-cruzado D, Merchán-baeza J, González-sánchez M. Systematic review of mirror therapy
48 compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors.
49 *Australian Occupational Therapy Journal* 2017; 64:91-112.
50
51 6. Park JH, Park JH. The effects of game-based virtual reality movement therapy plus mental
52 practice on upper extremity function in chronic stroke patients with hemiparesis: a randomized
53 controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science* 2016; 28:811-5.
54
55 7. Hondori HM, Khademi M. A review on technical and clinical impact of microsoft kinect on
56 physical a review on technical and clinical impact of microsoft kinect on physical therapy and
57 rehabilitation. *Journal of Medical Engineering* 2014; 2014.
58
59
60

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 8. Ferraz DD, Trippo KV, Duarte GP. The effects of functional training, bicycle exercise, and
- 6 exergaming on walking capacity of elderly patients with parkinson disease: a pilot randomized
- 7 controlled single-blinded trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2018; 99:826-
- 8 33.
- 9
- 10 9. Zhang JJ, Fong KN, Welage N. The activation of the mirror neuron system during action
- 11 observation and action execution with mirror visual feedback in stroke: a systematic review.
- 12 *Neural plasticity* 2018; 2018.
- 13
- 14 10. Deconinck, FJ, Smorenburg AR, Benham A. Reflections on mirror therapy: a systematic review
- 15 of the effect of mirror visual feedback on the brain. *Neurorehabilitation and Neural Repair*
- 16 2015; 29: 349-61.
- 17
- 18 11. Horne M, Thomas N, McCabe C. Patient-directed therapy during in-patient stroke
- 19 rehabilitation: stroke survivors' views of feasibility and acceptability. *Disability and*
- 20 *Rehabilitation* 2015; 25:2344-9.
- 21
- 22 12. Chen MH, Huang LL, Lee CF. A controlled pilot trial of two commercial video games for
- 23 rehabilitation of arm function after stroke. *Clinical Rehabilitation* 2015; 29: 674-82.
- 24
- 25 13. Thabane L, Ma J, Chu R. A tutorial on pilot studies: the what, why and how. *BMC Medical*
- 26 *Research Methodology* 2010; 10:1.
- 27
- 28 14. Duncan PW, Goldstein LB, Horner RD. Similar motor recovery of upper and lower extremities
- 29 after stroke. *Stroke* 1994; 25:1181-8.
- 30
- 31
- 32 15. Brooke J. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry* 1996; 189:4-
- 33 7.
- 34
- 35 16. Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical
- 36 and theoretical research. In *Advances in Psychology* 1988; 52:139-83.
- 37
- 38 17. Maki T, Quagliato E, Cacho E. Estudo de confiabilidade da aplicação da escala de Fugl-Meyer
- 39 no Brasil. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2006; 10:177-83.
- 40
- 41 18. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for
- 42 evaluation of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1975;
- 43 7:13-31.
- 44
- 45 19. World Health Organization. (2001). *World Health Organization International Classification of*
- 46 *Functioning, Disability and Health*. Geneva: World Health Organization.
- 47
- 48 20. Boucinha RM, Brackmann CP, Barone DA. Construção do pensamento computacional através
- 49 do desenvolvimento de games. *Novas Tecnologias na Educação* 2017; 15.
- 50
- 51 21. Cardoso MS, Gontijo LA. Evaluation of mental workload and performance measurement:
- 52 NASA TLX and SWAT. *Gestão &, Produção* 2012; 19:873-84
- 53
- 54 22. Jones F, Partridge C, Reid F. The Stroke Self-Efficacy Questionnaire: measuring individual
- 55 confidence in functional performance after stroke. *Journal of Clinical Nursing* 2008; 17:244-
- 56 52.
- 57
- 58
- 59
- 60

23. Makhoul MP, Pinto EB, Mazzini NA. Translation and validation of the stroke self-efficacy questionnaire to a Portuguese version in stroke survivors. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2020; 17:1-11.
24. Holbrook M, Skilbeck CE. An activities index for use with stroke patients. *Age and Ageing* 1983; 12:166-70.
25. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: The Barthel Index. *Md. State Med* 1965; 14:61-5.
26. Williams LS, Weinberger M, Harris LE. Development of a stroke specific quality of life scale. *Stroke* 1999; 30:1362-9.
27. Rand D, Kizony R, Weiss PTL. The Sony Playstation II Eye Toy: Low-cost virtual reality for use in rehabilitation. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 2008; 32:155-63.
28. Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2009; 23:505-14.
29. Crosbie JH, Lennon S, McNeill MD. Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb after stroke: the user's perspective. *CyberPsychology & Behavior* 2006; 9:137-41.
30. King M, Hale L, Pekkari A. An affordable, computerised, table-based exercise system for stroke survivors. *Disability and Rehabilitation: Assistive technology* 2010; 5:288-93.
31. Weber L, Nilsen D, Gillen G. Immersive virtual reality mirror therapy for upper limb recovery after stroke: A pilot study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 2019; 98:783-88.
32. Rizzo AA, Kim GJ. A SWOT analysis of the field of VR rehabilitation and therapy presence-Teleop. *Virtual Environ* 2005; 14:119-46.
33. Saleh S, Adamovich SV, Tunik E. Mirrored feedback in chronic stroke: recruitment and effective connectivity of ipsilesional sensorimotor networks. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2014; 28:344-54.
34. Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Topics in Stroke Rehabilitation* 2007; 14:52-61.
35. Lee SH, Jung H Y, Yun S J. Upper extremity rehabilitation using fully immersive virtual reality games with a head mount display: a feasibility study. *PM&R Journal* 2019.
36. Laver KE, Lange B, George S. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017; 11.
37. Kalaria RN, Akinyemi R, Ihara M. Stroke injury, cognitive impairment and vascular dementia. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease* 2016; 1862:915-25.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

38. Levine D A, Wadley V G, Langa K M. Risk factors for poststroke cognitive decline: the REGARDS Study (Reasons for Geographic and Racial Differences in Stroke). Stroke 2018; 49:987-94.

Figures



Figure 1. Geometric shape-sorting cube (Form Fitter, Playskool) (A-C) and the gridlock puzzle (Cilada, Estrela, Brazil) (D-E) used in the conventional MT (B and E) and VR-based mirror feedback (C and F). In the figure, the author (Jaques, ES) is illustrating how the tasks were performed.

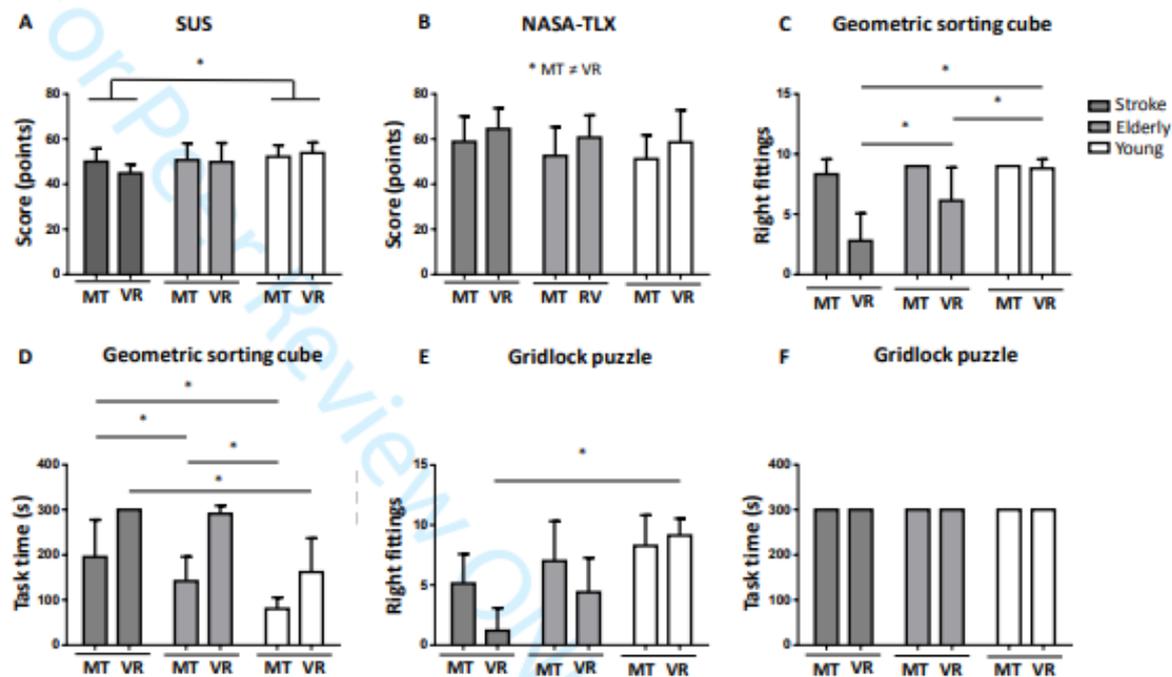


Figure 2. Between-group performance using MT and VR in the studied tasks. MT: conventional mirror-therapy; VR: immersive virtual mirror-therapy. *between-group difference at $p \leq 0.05$.

Tables

Table 1. Characterization of the sample.

Variable	Stroke (n=15)	Elderly (n=15)	Young (n=15)	p
Age (mean±SD)	64.73 ± 13.01	67.33 ± 6.60	26.60 ± 3.39	0.0001*
<u>Gender (%. n)</u>				
Male	73.33 (11)	20 (3)	20 (3)	0.002**
<u>Stroke etiology (%. n)</u>				
Ischemic	93.33% (14)	-	-	-
<u>Affected Hemibody (%. n)</u>				
Left	66.66 (10)	-	-	-
Post-stroke time (min – max, months)	4 – 348	-	-	-
Multiple strokes (Two or more, %)	40%	-	-	-
Fugl-Mayer (Upper limb score)	19.40 ± 11.31	-	-	-
Fugl-Mayer (Wrist score)	3.33 ± 3.72	-	-	-
Fugl-Mayer (Hand score)	8.87 ± 4.67	-	-	-
Fugl-Mayer (Coordination and speed score)	2.40 ± 2.16	-	-	-
Fugl-Mayer (Total motor function score)	34.00 ± 19.72	-	-	-
Fugl-Mayer (Sensitivity score)	6.53 ± 3.87	-	-	-
Fugl-Mayer (Passive movement score)	16.33 ± 8.13	-	-	-
Fugl-Mayer (Joint pain score)	16.60 ± 8.10	-	-	-
SSEQ-B scale (points)	22.6 ± 9.7	-	-	-
Frenchay Activities Index (points)	37.2 ± 12.3	-	-	-
Barthel Index (points)	77.3 ± 18.7	-	-	-
Stroke QoL Questionnaire (points)	153.1 ± 28.0	-	-	-

Table 2. Usability perception using the conventional mirror therapy (MT) and immersive VR (Mirror-Up) system according to groups.

Variable	Stroke (n=15)			Elderly (n=15)			Young (n=15)		
	MT	VR	p	MT	VR	p	MT	VR	p
Usability Perception and Performance Outcomes									
SUS (score)	50.0 ± 5.7	44.83 ± 3.9	0.07	50.7 ± 7.5	49.8 ± 8.5	0.78	52.2 ± 5.2	53.8 ± 4.6	0.36
NASA-TLX (score)	58.8 ± 11.25	64.49 ± 9.2	0.14	52.56 ± 12.7	60.72 ± 9.75	0.06	51.2 ± 10.6	58.5 ± 14.2	0.12
Sorting cube (n° of fittings)	8.3 ± 1.2	2.8 ± 2.3	0.0001*	9.0 ± 0.01	6.13 ± 2.7	0.0001*	9.0 ± 0.01	8.8 ± 0.77	0.32
Sorting cube (Task time, s.)	195.5 ± 82.5	300.0 ± 0.0	0.0001*	141.7 ± 54.2	291.20 ± 17.9	0.0001*	80.6 ± 24.8	161.7 ± 75.0	0.0001*
(n° of fittings)	5.1 ± 2.4	1.20 ± 1.9	0.0001*	7.0 ± 3.3	4.4 ± 2.8	0.03*	8.27 ± 2.5	9.13 ± 1.4	0.26
Gridlock Puzzle (Task time, s.)	300.0 ± 0.0	300.0 ± 0.0	1.0	300.0 ± 0.0	300.0 ± 0.0	1.0	300.0 ± 0.0	300.0 ± 0.0	1.0
Looked all time in the mirror (% , n)	6.7 (1)	-	-	53.3 (8)	-	-	73.3 (11)	-	-
Discomfort Report									
Nausea / Dizziness (% , n)	6.7 (1)	40.0 (6)	0.03*	0 (0)	20.0 (3)	0.07	0 (0)	46.7 (7)	0.003*
Visual discomfort (% , n)	0 (0)	26.7 (4)	0.03*	0 (0)	33.3 (5)	0.01*	0 (0)	53.33 (8)	0.001*
Headache (% , n)	0 (0)	6.7 (1)	0.30	0 (0)	0 (0)	1.0	0 (0)	33.3 (5)	0.01*
Fatigue VR (% , n)	0 (0)	0 (0)	1.0	0 (0)	6.7 (1)	0.30	0 (0)	26.7 (4)	0.03*
Verbalized irritation (% , n)	0 (0)	20 (3)	0.07	0 (0)	6.7 (1)	0.31	0 (0)	6.67 (1)	0.31
Anxiety / Anguish / Tension (% , n)	0 (0)	0 (0)	1.0	0 (0)	0 (0)	1.0	0 (0)	0 (0)	1.0
Verbalized dissatisfaction (% , n)	0 (0)	0 (0)	1.0	0 (0)	6.67 (1)	0.31	0 (0)	0 (0)	1.0
Discomfort with the goggle (% , n)	-	0 (0)	-	-	13.3 (2)	-	0 (0)	0 (0)	1.0
Other discomforts (% , n)	0 (0)	13.3 (2)	0.14	0 (0)	6.67 (1)	0.31	0 (0)	13.3 (2)	0.14
Requested activity interruption (% , n)	0 (0)	13.3 (2)	0.14	0 (0)	13.3 (2)	0.14	0 (0)	0 (0)	1.0

MT: Mirror Therapy, VR: immersive virtual mirror-therapy.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Supplementary video. Gridlock puzzle task (Cilada, Estrela, Brazil) performed during the VR-based mirror feedback.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação científica sugeriu que a terapia do espelho, seja ela realizada de forma convencional ou por meio da realidade virtual, parece não apresentar a percepção de usabilidade desejável para motivar e engajar o usuário. Contudo, diversos fatores podem ser explorados para melhorar tal percepção. Observamos esses achados quando avaliamos a aprendizagem, eficiência e satisfação por meio das escalas de usabilidade, sendo esses três itens os mais explorados na pesquisa.

Primeiramente, sugere-se que o desenvolvimento de uma tecnologia mais interativa e engajadora possa auxiliar na motivação das pessoas, aumentando a satisfação com a experiência. Isso pode ser feito com uso de jogos virtuais embarcados no aplicativo de inversão da imagem corporal. Outro aspecto, que impacta diretamente nesta questão, diz respeito às limitações de *hardware* e *software* dos smartphones, de modo que nem sempre a aplicação é capaz de funcionar bem, especialmente em modelos mais simples e amplamente acessíveis à população. Ainda, a qualidade de ajuste de interface óptica das lentes do *smartphone* e do capacete (*VR goggles*) são atualmente uma barreira para proporcionar um maior campo de visão e uma imagem de melhor qualidade ao usuário. Tal problema, hoje, é parcialmente solucionado com o uso de capacetes e celulares de alta performance, porém, a um valor de mercado muito acima do desejável para a popularização da tecnologia. Entendemos que, no futuro, as estratégias ópticas dos sistemas imersivos devem ser melhoradas, pensando especialmente nas pessoas que possuem maior tendência para apresentar “*motion sickness*” durante o uso deste tipo de realidade virtual imersiva.

Ante ao exposto, acreditamos que novos estudos sejam necessários, testando e comparando a usabilidade e a eficácia de outras interfaces capazes de proporcionar feedback em espelhamento. Além disso, protocolos mais longos podem fornecer, igualmente, melhores indicadores de usabilidade e aceitação em longo prazo.

Por fim, tendo em vista que a carga cognitiva das tarefas realizadas com o espelhamento em realidade virtual foi maior do que a terapia do espelho

convencional, ensaios clínicos futuros comparando à eficácia de ambas as terapias pode ser interessante, haja vista que a exigência cognitiva é um dos fatores que, talvez, modifique a eficácia esperada da técnica.

Deste modo, o presente trabalho deixa uma contribuição para a área da fisioterapia neurofuncional e reabilitação, alertando para a necessidade de aprofundar o entendimento dos fatores que podem impactar na usabilidade e, talvez, na eficácia deste método terapêutico.

9 CONCLUSÃO

Conclui-se que a terapia do espelho clássica e o feedback em espelhamento baseado em RV apresentam níveis semelhantes de usabilidade. Além disso, o sistema de espelhamento RV oferece maior carga de trabalho e dificuldade para executar tarefas físicas espelhadas, tais como a tarefa de encaixe de blocos e de resolução de quebra-cabeças baseados em encaixe. Sugere-se que o desempenho da interface capacete-smartphone possa ser um foco importante de desenvolvimento tecnológico na área para alcançarmos uma melhor percepção de usabilidade dos dispositivos. Por fim, a incorporação de feedback espelhado baseado em RV em jogos virtuais pode ser uma opção futura para fornecer uma terapia mais envolvente para a recuperação do membro superior acometido pelo AVC.

REFERÊNCIAS

- AARON, B.; PHILIP, T.K.; JAMES, T.M. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale, *International Journal of Human-Computer Interaction*, Houston, v. 24, n. 6, p. 574-594, 2008.
- AIDA, J.; CHAU, B.; DUNN, J. Immersive virtual reality in traumatic brain injury rehabilitation: A literature review. *NeuroRehabilitation*, Loma Linda. v.42, n.4, p.441-448,2018.
- AKI, M. T. *et al.* Fugl-meyer no brasil. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 177–183, 2006.
- ANDRADE, P.L *et al* avaliação da usabilidade de um sistema de informação em saúde neonatal segundo a percepção do usuário. *Revista Paulista Pediátrica*, São Paulo. V.37 n.1, p. 90-96, 2019.
- ARANTES, N. *et al.* Efeitos da estimulação elétrica funcional nos músculos do punho e dedos em indivíduos hemiparéticos: uma revisão sistemática da literatura Effects of functional electrical stimulation applied to the wrist and finger muscles of hemiparetic subjects: a syst. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 11, n. 6, p. 419–427, 2007.
- ARAUJO, L; SOUZA, G; DIAS, P; NEPOMUCENO, R. Principais Fatores De Risco Para O Acidente Vascular Encefálico E Suas Consequências: Uma Revisão De. *Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 6, p. 283–296, 2017.
- ARAÚJO, F *et al.* Validação do Índice de Barthel numa amostra de idosos não institucionalizados. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, Porto. v. 25, N.2, p. 59-66 2007
- BLADEL, A. VAN *et al.* Immediate effects of arm slings on posture, balance and gait in sub-acute stroke patients: A case control study. *International Journal of Therapy & Rehabilitation*, Belgium. v. 25, n. 3, p. 141–148, 2018.
- BROOKE, JOHN *et al.* SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, [S.I]. v. 189, n. 194, p. 4-7, 1996.
- BORELLA, M. DE P.; SACCHELLI, T. Os efeitos da prática de atividades motoras sobre a neuroplasticidade. *Revista Neurociências*, São Paulo. v. 17, n. 2, p. 161–169, 2009.
- BOUCINHA, R. M.; TAROUÇO, LMR. Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS–System Usability Scale. *CINTED- Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre. v. 11, n. 3, p1-10 2013.
- BRUNNSTROM, Signe. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. *Physical therapy*, New York. v. 46, n. 4, p. 357-375, 1966.

CARDOSO, M S . Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de métodos de mensuração: NASA TLX e SWAT. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, p.128, 2013.

CHEN, M.-H. *et al.* A controlled pilot trial of two commercial video games for rehabilitation of arm function after stroke. **Clinical Rehabilitation**, Taiwan. v. 29, n. 7, p. 674–682, 2015.

CHOI, Y. H. *et al.* Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke. **Restorative Neurology and Neuroscience**, Daegu. v. 34, n. 3, p. 455–463, 2016.

COLUCCI, E.; CLARK, A.; LANG, C.E.; POMEROY, V.M. A rule-based, dose-finding design for use in stroke rehabilitation research: methodological development. **Physiotherapy**, Norwich. v.103., n.4, p.414-422, 2017.

DECONINCK, F.J.; SMORENBURG, A.R.; BENHAM, A.; LEDEBT, A.; FELTHAM, M.G.; SAVELSBERGH, G.J. Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of mirror visual feedback on the brain. **Neurorehabil Neural Repair**. Belgium.v.29., n.4., p.349-361, 2015.

DUNCAN, P.W.; ZOROWITZ, R.; BATES, B.; CHOI, J.Y.; GLASBERG, J.J.; GRAHAM, G.D.; KATZ, R.C.; LAMBERTY, K.; REKER, D. Management of Adult Stroke Rehabilitation Care: a clinical practice guideline. **Stroke**, [S.I]. v.36., n.9., p. 100-143, 2005.

FERRAZ, D. D. *et al.* The Effects of Functional Training, Bicycle Exercise, and Exergaming on Walking Capacity of Elderly Patients With Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Single-blinded Trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Salvador. v. 99, n. 5, p. 826–833, 2018.

FERREIRA, Marina de Carvalho Souza; MARTINEZ, Luis Lopez. Características epidemiológicas da população brasileira e implicações à condução de pesquisas clínicas/Epidemiological characteristics of the Brazilian population and implications for the conduction of clinical research. **Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas** da Santa Casa de São Paulo, v. 64, n. 2, p. 142-156, 2019.

FLAHERTY, M. L. *et al.* Long-term mortality after intracerebral hemorrhage. **Neurology**, Northern Kentucky v. 66, n. 8, p. 1182-1186, 2006.

FRANCISCO, J.; ANTONIO, M. Um Instrumento de Mensuração de Carga Mental Aplicado em uma Turma de Graduação do Curso de EAD do Departamento de Gestão da Informação da UFPR. **Revista de Ciências Gerenciais**,Paraná. V.19, n.30, p. 10–18, 2015.

FUGL-MEYER, Axel R. *et al.* The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. **Scandinavian journal of rehabilitation medicine**,[S.I]. v. 7, n. 1, p. 13-31, 1975.

GERBER, et al. Virtual reality for activities of daily living training in neurorehabilitation: a usability and feasibility study in healthy participants. In: **2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)**. IEEE, 2018. p. 1-4.

GUIMARÃES, B M et al. Análise da carga de trabalho de analistas de sistemas e dos distúrbios osteomusculares. **Fisioterapia em Movimento**, Recife. v. 24, n. 1, 2017.

GUNNES et al. Adherence to a Long-Term Physical Activity and Exercise Program After Stroke Applied in a Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, Norway. v.1., n.99(1)., p.74-85, 2019.

GUO, F.; XU, Q.; ABO-SALEM, H.M.; YAO, Y.; LOU, J.; HUANG, X. The neuronal correlates of mirror therapy: A functional magnetic resonance imaging study on mirror-induced visual illusions of ankle movements. **Brain Res**, Wuhan. v. 15., n. 1639, 186-193, 2016.

GURBUZ. N.; AFSAR, S.I.; AYAŞ, S.; COSAR, S.N. Effect of mirror therapy on upper extremity motor function in stroke patients: a randomized controlled trial. **J Phys Ther Sci**. v. 28, n. 9, 2501-2506, 2016.

HART, S G. NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. In: Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting. **Sage publications**, Los Angeles. v. 50, n.9, p. 904-908, 2006.

HART, S G; STAVELAND, L E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: **Advances in psychology**. North-Holland. v. 52, p. 139-183, 1988.

HEEREN, A. *et al.* Step by step: A proof of concept study of C-Mill gait adaptability training in the chronic phase after stroke. **Journal of Rehabilitation Medicine**, The Netherlands v. 45, n. 7, p. 616–622, 2013.

HEISS, C.; SPYRIDOPOULOS, I.; HAENDELER, J. Interventions to slow cardiovascular aging : Dietary restriction , drugs and novel molecules. **Experimental Gerontology**, Duesseldorf. v. 109, p. 108-118, 2017.

HOLBROOK, M., & SKILBECK, C. E. An activities index for use with stroke patients. **Age and ageing**, Bristol. v.12, n. 2, p. 166-170, 1983.

HONDORI, H. M.; KHADEMI, M. A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation. **Journal of Medical Engineering**, Irvine.v. 2014, p. 1-16, 2014.

HORNE, M.; THOMAS, N.; MCCABE, C.; SELLES, R.; VAIL, A.; TYRRELL, P.; TYSON, S. Patient-directed therapy during in-patient stroke rehabilitation: stroke survivors' views of feasibility and acceptability. **Disabil Rehabil**, [S. l.]. v. 25, n. 25, p.2344-2349, 2015.

ISAACSON, B. M.; SWANSON, T. M.; PASQUINA, P. F. The use of a computer-assisted rehabilitation environment (CAREN) for enhancing wounded warrior rehabilitation regimens. **The journal of spinal cord medicine**, [S. l.]. v. 36, n. 4, p. 296–9, 2013.

JIN-HYUCK PARK, OT, M.; JI-HYUK PARK, OT, P. The effects of game-based virtual reality movement therapy plus mental practice on upper extremity function in chronic stroke patients with hemiparesis : a randomized controlled trial. **The Journal of Physical Therapy Science**, [S.l], v. 28, p. 811–815, 2016.

JONES, F; PARTRIDGE, C; REID, F. The Stroke Self-Efficacy Questionnaire: measuring individual confidence in functional performance after stroke. **Journal of clinical nursing**, London. v. 17, n. 7, p. 244-252, 2008.

JOO, H.; GEORGE, M.G.; FANG, J.; WANG, G. A literature review of indirect costs associated with stroke. **J Stroke Cerebrovasc Dis**, Atlanta. v.23, n.7, p.1753-1763, 2014.

JORGE, L.L.; DE BRITO, A.M.; MARCHI, F.H.; HARA, A.C.; BATTISTELLA, L.R.; RIBERTO, M. New rehabilitation models for neurologic inpatients in Brazil. **Disabil Rehabil**, São Paulo. v.37, n.3, p. 268-273, 2015

KALACHE, A. O mundo envelhece: é imperativo criar um pacto de solidariedade social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Geneva. v. 13, n.4 p. 1107-1111, 2008.

KIZONY, R et al. Cognitive load and dual-task performance during locomotion poststroke: a feasibility study using a functional virtual environment. **Physical therapy**,[S.l]. v. 90, n. 2, p. 252-260, 2010.

KOLOMINSKY-RABAS, P L. et al. Epidemiology of ischemic stroke subtypes according to TOAST criteria: incidence, recurrence, and long-term survival in ischemic stroke subtypes: a population-based study. **Stroke**, [S. l.]. v. 32, n. 12, p. 2735-2740, 2001.

LAMEIRA, A. P.; GAWRYSZEWSKI, L. D. G.; PEREIRA JR, A. Neurônios espelho. **Psicologia USP**, [S.l]. v. 17, n. 4, p. 123–133, 2006.

LAMM, C.; MAJDANDŽIĆ, J. The role of shared neural activations, mirror neurons, and morality in empathy--a critical comment. **Neurosci Res**, Vienna. v. 90, p. 15-24, 2015.

LEE, H J; KIM, Y M; LEE, D K. The effects of action observation training and mirror therapy on gait and balance in stroke patients. **Journal of physical therapy science** [S.l], v. 29, n. 3, p. 523-526, 2017

LEVAC, D; DUMAS, H M.; MELEIS, W. A Tablet-Based Interactive Movement Tool for Pediatric Rehabilitation: Development and Preliminary Usability Evaluation. **JMIR rehabilitation and assistive technologies**, v. 5, n. 2, p. e10307, 2018.

LIM, K.B.; LEE, H.J.; YOO, J.; YUN, H.J.; HWANG, H.J. Efficacy of Mirror Therapy Containing Functional Tasks in Poststroke Patients. **Ann Rehabil Med**, Goyang. v. 40, n. 4, p. 629-636, 2016.

LIMA, C.M.G.; DA SILVA, H.P.W.; DE SOUZA, P.A.S.; AMARAL, T.L.M.; PRADO, P.R. Características epidemiológicas e clínicas dos pacientes acometidos por acidente vascular cerebral. **J Health Sci Inst**. Rio Branco. v.33, n.1, p.45-49, 2015

LIMA, R. C. M. ET AL. Propriedades psicométricas da versão brasileira da escala de qualidade de vida específica para acidente vascular encefálico: aplicação do modelo Rasch. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos v. 12, n. 2, p. 149-156, 2008.

LOHSE, K. R. *et al.* Virtual reality therapy for adults post-stroke: A systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. **PLoS ONE**, [S.I]. v. 9, n. 3, 2014.

MACHADO, S. *et al.* Terapia-espelho aplicada à recuperação funcional de pacientes pós-acidente vascular cerebral. **Revista Neurociências**, Rio de Janeiro. v. 19, n. 1, p. 171–175, 2011.

MALACHIAS, Marcus Vinícius Bolívar et al. 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial: Capítulo 1-Conceituação, Epidemiologia e Prevenção Primária. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo. v. 107, n. 3, p. 1-6, 2016.

MALINOVA, V. et al. Intracerebral Hemorrhage-Score Allows a Reliable Prediction of Mortality in Patients with Spontaneous Intracerebral Hemorrhage Managed by Fibrinolytic Therapy. **Cerebrovascular Diseases**, Germany v. 48, n. 3-6, p. 165-170, 2019.

MAHLER, M.P.; ZUGER, K.; KASPAR, K.; HAEFELI, A.N.; JENNI, W.; LENIGER, T.; BEER, J.H. A cost analysis of the first year after stroke-early triage and inpatient rehabilitation may reduce long term costs. **Swiss Med**, Switzerland. v.138, n.31-3, p. 459-465, 2008.

MAHONEY, F. I.; BARTHEL, D W. Functional evaluation: the Barthel Index: a simple index of independence useful in scoring improvement in the rehabilitation of the chronically ill. **Maryland state medical journal**, [S.I], V.14 p. 61-65, 1965.

MAKHOUL, M. P et al. Translation and validation of the stroke self-efficacy questionnaire to a Portuguese version in stroke survivors. **Topics in Stroke Rehabilitation**, São Paulo. p. 1-11, 2020.

MAKI T, et al .Estudo de confiabilidade da aplicação da escala de fugl-meyer no brasil. **Rev. bras. fisioter**, São Paulo. V. 10, N. 2 , P.177-183, 2006.

MARTINS, T; RIBEIRO, J L P; G, C. Estudo de adaptação e validação do frenchay activities index numa amostra de doentes com baixa escolaridade afetados por acidente vascular cerebral. **Arquivos de Medicina**, Porto.v.17, p.88-91, 2003.

MELDRUM, et al. Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii® Fit Plus. **Disability and rehabilitation: assistive technology**, v. 7, n. 3, p. 205-210, 2012.

MENDES, A; CARDOSO, F; SACOMORI C. Neurônios-Espelho. **Neurociências**, [S.I], v.4 , n. 2 , p 93-99 , 2008 .

MENDIS, S. Stroke disability and rehabilitation of stroke: World Health Organization perspective. **International Journal of Stroke**, Geneva v. 8, n. 1, p. 3–4, 2013.

MENDONÇA, F.F.; GARANHANI, M.; MARTINS, V. Cuidador familiar de sequelados de acidente vascular cerebral: significado e implicações. **Revista de Saude coletiva**, Londrina. v.18, n.1, p. 143-158, 2008.

MICHIELSEN, M. E. *et al.* The neuronal correlates of mirror therapy: An fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, Rotterdam, v. 82, n. 4, p. 393–398, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério Da Saúde – **DataSus** (SIH/SUS). Publicações. Anuários – 2014.

MINOSSO, J et al. Validação, no Brasil, do Índice de Barthel em idosos atendidos em ambulatórios. **Acta paulista de Enfermagem**, São Paulo. v. 23, n. 2, p. 218-223, 2010.

MIRANDA, G M D; MENDES, A C G; SILVA, A L A. O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, [S.I]. v. 19, n. 3, p. 507-519, 2016.

MITTON, C et al. The challenge of obtaining information necessary for multi-criteria decision analysis implementation: the case of physiotherapy services in Canada. **Cost effectiveness and resource allocation**, Canada. v. 11, n. 1, p. 11, 2013.

MONTEIRO, M et al. Validation of the Frenchay activity index on stroke victims. **Arquivos de neuro-psiquiatria**, Salvador. v. 75, n. 3, p. 167-171, 2017.

MOUAWAD, M. R. *et al.* Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: A pilot study. **Journal of Rehabilitation Medicine**, Sydney, v. 43, n. 6, p. 527–533, 2011.

NETO, O M. et al. Diretrizes para o manejo de pacientes com hemorragia intraparenquimatosa cerebral espontânea. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo. v. 67, n. 3B, p. 940-950, 2009.

NG, M. J. *et al.* Mirror therapy in unilateral neglect after stroke (MUST trial): a randomized controlled trial. **Neurology**, Sydney, v. 83, n. 11, p. 1012-1017, 2014.

NICE. Stroke rehabilitation guideline: Long term rehabilitation after stroke. [Online]. Available from <https://www.nice.org.uk/Guidance/CG162/Evidence>, 2013.

NIELSEN, J; LORANGER, H. **Usabilidade na web**. Elsevier Brasil, 2007.

NIELSEN, J. Usability 101: introduction to Usability 2003. Acesso em: 20 de Dezembro 2019, from <http://useit.com/alertbox/20030825.html>

OGOURTSOVA, T; ARCHAMBAULT, P S.; LAMONTAGNE, A. Exploring barriers and facilitators to the clinical use of virtual reality for post-stroke unilateral spatial neglect assessment. **Disability and rehabilitation**, v. 41, n. 3, p. 284-292, 2017.

OH, H.; BRAUN, A.R.; REGGIA, J.A.; GENTILI, R.J. Fronto-parietal mirror neuron system modeling: Visuospatial transformations support imitation learning independently of imitator perspective. **Hum Mov Sci**, College Park v.17, p. 30942-30949, 2018.

OLIVEIRA, R. DE M. C.; ANDRADE, L. A. F. Acidente vascular cerebral. **Revista Brasileira de Hipertensão**, [S.I]. v. 8, n. 3, p. 280–290, 2001.

PARK, D. S. *et al.* Effects of Virtual Reality Training using Xbox Kinect on Motor Function in Stroke Survivors: A Preliminary Study. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, Republic of Korea. v. 26, n. 10, p. 2313–2319, 2017.

PATEL, Jigna *et al.* Exploring the impact of visual and movement based priming on a motor intervention in the acute phase post-stroke in persons with severe hemiparesis of the upper extremity. **Disability and rehabilitation, New Jersey**, v. 39, n. 15, p. 1515-1523, 2017

PEREIRA; KUBRUSLY; MARÇAL. Desenvolvimento, Utilização e Avaliação de uma Aplicação Móvel para Educação Médica: um Estudo de Caso em Anestesiologia. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre. v. 15, n. 1, 2017.

PÉREZ-CRUZADO, D. *et al.* Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors. **Australian occupational therapy journal**, [S.I]. v. 64, n. 2, p. 91-112, 2017.

PERNA, R.; TEMPLE, J. Rehabilitation Outcomes: Ischemic versus Hemorrhagic Strokes. **Behavioural Neurology**, Houston. v. 2015, p.1-6 2015.

PIRES, S. L.; GAGLIARDI, R. J.; GORZONI, M. L. Fatores de risco para acidente vascular. **Arquivo de Neuropsiquiatria**, [S.I]. v. 62, p. 844-851, 2004.

RAJSIC, S. *et al.* Economic burden of stroke: a systematic review on post-stroke care. **The European Journal of Health Economics**, [S. I.]. v. 20, n. 1, p. 107-134, 2018.

RAMACHANDRAN, V. S. Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind “the great leap forward” in human evolution, p.7, 2000.

REDE BRASIL AVC, Porto Alegre. Para pacientes e familiares. Disponível em: <http://www.redebrasilavc.org.br/para-pacientes-e-falimiores/sinais-de-alerta/>. Acesso em: 22/12/2019.

REZENDE, N. Análise da fadiga em trabalhadores de uma empresa de pequeno porte: nasa-tlx e swat simplificado. Dissertação de mestrado, universidade federal de itajubá **programa de pós-graduação em engenharia de produção**. p.121 2015.

RIBEIRO, J. M. Prevenção secundária do acidente vascular encefálico. **Journal of Clinical Hypertension**, Belo Horizonte. v. 10, n. 2, p. 142–144, 2003.

RICHARDS, C. L.; MALOUIN, F.; NADEAU, S. **Stroke rehabilitation: Clinical picture, assessment, and therapeutic challeng**, [s.l.],v 218, p. 253-280, 2015.

RIZZOLATTI, G et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions. **Cognitive brain research**, [S. l.]. v. 3, n. 2, p. 131-141, 1996.

ROCHA, S I M. **Doença cerebrovascular isquêmica aguda: avaliação de protocolo de trombólise**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior.p.112, 2008

RODRIGUES, M. D. S.; SANTANA, L. F.; GALVAO, I. M. Fatores de risco modificáveis e não modificáveis do AVC isquêmico: uma abordagem descritiva. **Revista Medicina** ,Sao Paulo . v. 96, n. 3, p. 187–192, 2017.

RUSSO, M. *et al.* Does body shadow improve the efficacy of virtual reality-based training with BTS NIRVANA? A pilot study. **Medicine** ,United States. v. 96, n. 38, 2017.

SANTOS, D. G. *et al.* Avaliação da mobilidade funcional do paciente com sequela de AVC após tratamento na piscina terapêutica , utilizando o teste Timed Up and Go pool using the Timed Up and Go Test. **Einstein**, São Paulo. v. 9, p. 302–306, 2011.

SAPOSNIK, G. *et al.* Effectiveness of virtual reality using wii gaming technology in stroke rehabilitation: A pilot randomized clinical trial and proof of principle. **Stroke**,[S. l.]. v. 41, n. 7, p. 1477–1484, 2010.

SCHICK, Thomas et al. Synergy effects of combined multichannel EMG-triggered electrical stimulation and mirror therapy in subacute stroke patients with severe or very severe arm/hand paresis. **Restorative neurology and neuroscience**, Germany. v. 35, n. 3, p. 319-332, 2017.

SCHUSTER, R. C. Correlação Entre Disfunções Motoras E Respiratórias No Avc. **Revista Neurociencias**, [S.l.]. v. 19, n. 4, p. 587–588, 2011.

SELLES, R. W. *et al.* Effects of a mirror-induced visual illusion on a reaching task in stroke patients: Implications for mirror therapy training. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, Netherlands. v. 28, n. 7, p. 652–659, 2014.

ŞİMŞEK, T. T.; ÇEKOK, K. The effects of Nintendo Wii™-based balance and upper extremity training on activities of daily living and quality of life in patients with sub-acute stroke: a randomized controlled study. **International Journal of Neuroscience**, Turkey. v. 126, n. 12, p. 1061–1070, 2016.

STEINBERG, F.; PIXA, N.H.; DOPPELMAYR, M. Mirror Visual Feedback Training Improves Intermanual Transfer in a Sport-Specific Task: A Comparison between Different Skill Levels. **Neural Plast**, Germany, v.2016, p.1-11, 2016.

TAMPLIN, et al. Development and feasibility testing of an online virtual reality platform for delivering therapeutic group singing interventions for people living with spinal cord injury. **Journal of telemedicine and telecare**, 2019.

TENÓRIO, JM et al. Desenvolvimento e avaliação de um protocolo eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, São Paulo. v. 17, n. 2, p. 210-220, 2010.

THABANE, L et al. A tutorial on pilot studies: the what, why and how. **BMC medical research methodology**, Canada v. 10, n. 1, p. 1-10, 2010.

THIEME, H et al. Mirror therapy for improving motor function after stroke. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, [S. l.]. n. 7, 2018.

TIMMERMANS, C. *et al.* Walking adaptability therapy after stroke: Study protocol for a randomized controlled trial. **Trials**, Amsterdam. v. 17, n. 1, p. 1-11, 2016.

TWITCHELL, T E. The restoration of motor function following hemiplegia in man. **Brain**, [S.l]. v. 74, n. 4, p. 443-480, 1951.

STEINBERG, F; PIXA, N H; DOPPELMAYR, M. Mirror visual feedback training improves intermanual transfer in a sport-specific task: A comparison between different skill levels. **Neural plasticity**, Germany. v. 2016, 2016.

UTKAN KARASU, A.; BALEVI BATUR, E.; KAYMAK KARATAŞ, G. Effectiveness of wii-based rehabilitation in stroke: A randomized controlled study. **Journal of Rehabilitation Medicine**, Turkey v. 50, n. 5, p. 406-412, 2018.

VAN OOIJEN, M. W. *et al.* Improved gait adjustments after gait adaptability training are associated with reduced attentional demands in persons with stroke. **Experimental Brain Research**, Amsterdam v. 233, n. 3, p. 1007–1018, 2014.

WANG, W. *et al.* Mirror neuron therapy for hemispatial neglect patients. **Scientific Reports**, Nanjing. v. 5, p. 1–5, 2015.

[WHO] World Health Organization. International Classification of functioning, disability and health: ICF. World Health Organization; 2001.

WILLIAMS, L S. et al. Development of a stroke-specific quality of life scale. **Stroke**, [S.I]. v. 30, n. 7, p. 1362-1369, 1999.

YAMASHITA, L. F. *et al.* Paciente com acidente vascular cerebral isquêmico já é atendido com mais rapidez no Hospital São Paulo. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo. v. 62, n. 1, p. 96–102, 2004.

YAROSSEI, M.; MANUWEERA, T.; ADAMOVICH, S.V.; TUNIK, E. The Effects of Mirror Feedback during Target Directed Movements on Ipsilateral Corticospinal Excitability. **Front Hum Neurosci**. v. 11, n. 242, p. 1-11, 2017.

YEW KS, CHENG EM. Diagnosis of acute stroke. . **Am Fam Physician**. [S.I.] v.91, n.8, p.528-536, 2015.

ZHANG, J.J.Q.; FONG, K.N.K.; WELAGE, N.; LIU, K.P.Y. The Activation of the Mirror Neuron System during Action Observation and Action Execution with Mirror Visual Feedback in Stroke: A Systematic Review. **Neural Plast**. Hong Kong. v. 24, p.1-14, 2018.

APÊNDICE A– TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título: Desenvolvimento de um sistema inversor de visualização de lateralidade corporal (Mirror Up) como estratégia terapêutica adjuvante na reabilitação sensório-motora funcional de sujeitos acometidos por acidente vascular cerebral (AVC).

Pesquisadores Responsáveis:

Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho – Escola Politécnica / Informática (Coordenador)

Prof. Dr. Régis Gemerasca Mestriner – Escola de Ciências da Saúde/ Fisioterapia

Prof. Dr. Denizar Alberto da Silva Melo – Escola de Ciências da Saúde/ Fisioterapia

Você está sendo convidado a participar de um estudo com o objetivo de desenvolver, por meio da realidade virtual, um inversor de visualização de lateralidade corporal, utilizando um óculos de realidade virtual de baixo custo, para reabilitação de pacientes com sequelas sensório-motoras pós-acidente vascular cerebral.

É importante dizer que este estudo **não oferece uma forma de tratamento ou avaliação** para tratar os seus problemas motores, mas sim auxiliar no desenvolvimento de um aplicativo baseado em realidade virtual e ferramentas computacionais. O uso que se faz dos dados gerados durante sua participação no projeto é estritamente limitado a atividades de pesquisa e, caso os resultados observados sejam positivos, eles encorajarão estudos futuros para testar a os efeitos de programas de reabilitação usando o recurso que está sendo estudado.

Em relação à sua participação, garantimos que:

1. O anonimato de todos os participantes será preservado em todo e qualquer documento divulgado em foros científicos (tais como conferências, periódicos, livros e assemelhados) ou pedagógicos (tais como apostilas de cursos, slides de apresentações, e assemelhados);
2. Todo participante terá acesso a aos documentos da pesquisa antes, durante e após a publicação dos resultados da pesquisa;
3. Você tem o direito de deixar o estudo em qualquer momento, conforme a sua vontade, sem ônus ou constrangimento para você. Seus dados também não serão utilizados, caso seja de seu desejo;
4. A sua participação nesta pesquisa apresenta riscos mínimos, tais como o

possível desconforto visual com o uso do óculos de realidade virtual, o que tende a passar em alguns minutos.

5. A equipe de pesquisa tem o direito de utilizar os dados dos testes, mantidas as condições acima mencionadas, para quaisquer fins acadêmicos, pedagógicos e/ou de desenvolvimento, contemplados por seus membros;

6. Você não receberá quaisquer tipos de remuneração pela sua participação no estudo.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO:

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa Desenvolvimento de um sistema inversor de visualização de lateralidade corporal (Mirror Up) como estratégia terapêutica adjuvante na reabilitação sensório-motora funcional de sujeitos acometidos por acidente vascular cerebral (AVC).

Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador _____ sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto gere qualquer penalidade para minha pessoa ou terceiros, bem como interrupção de meu acompanhamento, assistência ou tratamento.

Caso ainda tenha dúvidas de cunho ético não resolvidas em contato com os pesquisadores responsáveis, estou ciente de que posso contatar com o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS, no endereço Av. Ipiranga 6681, Prédio 50 (Sala 703), Porto Alegre/RS, Brasil, CEP: 90619-900. O telefone do CEP é (51) 3320.3345 e o e-mail: cep@pucrs.br. O horário de atendimento é de segunda a sexta, das 8h às 17h e 30 min.

Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Nome do Responsável: _____

Local e data: _____ / _____ / _____

Nome do Observador:

Assinatura do Observador:

Nome do Pesquisador:

Assinatura do Pesquisador

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SOBRE EXPERIÊNCIA
Questionário

1) Você já utilizou a RV antes?

- a) Nunca usei
- b) Usei 1 ou 2x
- c) Usei várias vezes
- d) Uso de forma regular

2) Você se sente restrito para fazer algo na sua rotina do dia a dia? Se sim, quais restrições?

3) Você sente alguma dificuldade de realizar tarefas no dia a dia com a sua mão afetada pelo AVC? Quais?

4) Você realiza fisioterapia há quanto tempo? Qual a duração de cada sessão?

5) Você faz algum exercício ou outras atividades além da fisioterapia no CR da PUCRS?

Sobre a experiência com a realidade virtual:

6) Se pudesse optar, qual técnica você utilizaria com maior frequência:

- a) TE
- b) RV/ óculos

7) Qual das experiências vivenciadas hoje você gostou mais? Por quê?

- 8) O que você mais gostou em cada experiência vivenciada hoje?
- 9) Durante o uso da RV você sentiu algum incomodo ou mal-estar? Se sim, explique melhor o que sentiu.
- 10)Você achou as atividades propostas difíceis?
- 11)Você teve a percepção de que realmente estava usando a mão/braço afetado durante a tarefa?

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 2.537.387

custo, para reabilitação de pacientes com sequelas sensório-motoras pós-acidente vascular cerebral.

Objetivo Secundário:

Desenvolver, por meio da realidade virtual, um inversor de visualização de lateralidade corporal (sistema Mirror Up); - Avaliar a segurança do dispositivo; - Avaliar o potencial terapêutico (efetividade) preliminar do dispositivo utilizando medidas de sensibilidade corporal, equilíbrio corporal estático e dinâmico; amplitude de movimento de grandes articulações; grau de recuperação funcional; e auto percepção da qualidade de vida; - Avaliar a aceitabilidade do dispositivo, por meio de indicadores de recrutamento, retenção, adesão a intervenção (tempo de uso) e taxa de satisfação com a experiência de uso do dispositivo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não são esperados efeitos adversos maiores, uma vez que se trata de um dispositivo não invasivo, que segue princípios da terapia do espelho, já utilizada em diversos cenários assistenciais de reabilitação, e os princípios tecnológicos comerciais vigentes e amplamente aceitos pela população (mercado de jogos eletrônicos baseados em realidade virtual e realidade ampliada).

Além disto, o tratamento poderá ser interrompido a qualquer momento sem sequelas ao paciente. Desta forma se caracteriza por um projeto com riscos mínimos.

Tendo em vista que a reabilitação pós-AVC é um grande desafio e um enorme problema de saúde pública, a tecnologia proposta poderá contribuir sobremaneira para a obtenção de um processo de reabilitação mais eficiente e centrado na pessoa, sem a necessidade da presença de um profissional fisioterapeuta in loco durante todo o período de reabilitação.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os elementos introdutórios situam a pesquisa no contexto do tema escolhido e ajudam na compreensão do que se apresentará em todo o documento. Ficaram claras as motivações que levaram o autor a propor este estudo. Foi discutida, mesmo que de forma superficial, a importância científica e social do trabalho que reúne as características necessárias para um trabalho científico. O projeto está apresentado de forma adequada; os objetivos (geral e específicos) estão corretamente propostos.

A pesquisa proposta se apresenta coerente com os objetivos. As etapas estão corretamente apresentadas. Os instrumentos propostos reúnem as condições necessárias, e as técnicas de

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon **CEP:** 90.619-900
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 **Fax:** (51)3320-3345 **E-mail:** cep@puhrs.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 2.537.387

análises foram igualmente bem propostas. O cronograma do projeto está adequadamente apresentado. Todas as pendências foram sanadas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram adequadamente apresentados. Em relação as pendências anteriores, foram corrigidos:

1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE): apresentação de um item no projeto sobre “riscos e benefícios envolvidos na execução da pesquisa”.
2. Recursos - foi demonstrado que o projeto foi aprovado na chamada FAPERGS/MS/CNPq/SESRS nº 03/2007.
3. Orçamento - foi realizada a atualização do orçamento no projeto de pesquisa considerando a nova versão pensada na plataforma Brasil.

Os novos documentos pensados na Plataforma Brasil são os seguintes: TCLE, projeto, carta-resposta e orçamento.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o CEP-PUCRS, de acordo com suas atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e da Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_943994.pdf	11/11/2017 15:20:11		Aceito
Outros	cartaRespostaPendencias.pdf	11/11/2017 15:19:32	Denizar Alberto da Silva Melo	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	_PPSUSMirrorUpvSIPESQ.pdf	11/11/2017 15:18:36	Denizar Alberto da Silva Melo	Aceito
Outros	_Mirror_up_orc.pdf	11/11/2017 15:17:15	Denizar Alberto da Silva Melo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	_TCLE.pdf	11/11/2017 15:16:18	Denizar Alberto da Silva Melo	Aceito

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon **CEP:** 90.619-900
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 **Fax:** (51)3320-3345 **E-mail:** cep@pucls.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 2.537.387

Ausência	_TCLE.pdf	11/11/2017 15:16:18	Denizar Alberto da Silva Melo	Aceito
Outros	DocumentoUnificadoDoProjetoDePesqui sa1497902156803.pdf	19/06/2017 17:05:35	Marcio Sarrogia Pinho	Aceito
Outros	ConcordanciaDoChefeDoServico.pdf	19/06/2017 17:03:58	Marcio Sarrogia Pinho	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PPSUSMirrorUpvSIPESQ.pdf	19/06/2017 16:04:36	Marcio Sarrogia Pinho	Aceito
Outros	LinksLattes.docx	19/06/2017 15:33:18	Marcio Sarrogia Pinho	Aceito
Outros	cartaEncaminhamentoApresentacao.pdf	19/06/2017 15:16:18	Marcio Sarrogia Pinho	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoAssinada.pdf	16/06/2017 08:45:32	Marcio Sarrogia Pinho	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 11 de Março de 2018

Assinado por:
Denise Cantarelli Machado
(Coordenador)

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon **CEP:** 90.619-900
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 **Fax:** (51)3320-3345 **E-mail:** cep@pucrs.br

ANEXO B – ESCALA FUGL MEYER

Fonte: DEPARTAMENTO DE TERAPIA OCUPACIONAL - UFPR

NOME:	IDADE:	SEXO
DIAGNÓSTICO:		
SEQUELAS:		

FUGL MEYER AVALIAÇÃO DA EXTREMIDADE SUPERIOR

A. EXTREMIDADE SUPERIOR, posição sentada					
I. Motricidade reflexa		Ausente	Presente		
Flexores: Bíceps e flexores dos dedos ___		0	2		
Extensores: Tríceps		0	2		
Subtotal I (Max. 4)					
II. Motricidade Ativa, sem ajuda gravitacional.		Ausente	Parcial	Completo	
Sinergia Flexora:	Ombro	Retração ___	0	1	2
		Elevação ___	0	1	2
		Abdução (90°) ___	0	1	2
		Rotação ___	0	1	2
	Cotovelo	Flexão ___	0	1	2
Antebraço	Supinação ___	0	1	2	
Sinergia Extensora:	Adução do ombro/rotação interna ___	0	1	2	
	Extensão do cotovelo ___	0	1	2	
	Pronação do antebraço ___	0	1	2	
Subtotal II (Max. 18)					
III. Movimentos sinérgicos combinados, sem compensação		Ausente	Parcial	Completo	
Mão á coluna lombar	-Não realizou -Mão passa espinha iliaca ântero-posterior -Realiza á ação		0	1	2
Flexão de ombro de 0 a 90°; Cotovelo em 0° e pronação-supinação em 0°	-Imediata abdução de braço ou flexão de cotovelo -Abdução ou flexão do cotovelo durante o do movimento -Movimentação normal		0	1	2
Pronação-Supinação do antebraço; cotovelo em 90° e ombro em 0°	-Não há pronação/supinação, não dá início -Pronação/supinação limitada, mantém posição -Movimentação normal		0	1	2
Subtotal III (Max. 6)					
IV. Movimento com leve ou sem sinergia		Ausente	Parcial	Completo	
Abdução do ombro de 0 á 90°, com cotovelo estendido e pronado	-Imediata supinação ou flexão de cotovelo -Abdução do ombro ou supinação do cotovelo durante o movimento -Movimentação normal		0	1	2
Flexão do ombro de 90° para 180°, com antebraço neutro	-Imediata abdução ou flexão de cotovelo -Abdução do ombro ou flexão de cotovelo durante o movimento -Movimentação normal		0	1	2
Pronação/Supinação, cotovelo em 0°, ombro em 30 á 90° fletido	-Não há pronação/supinação, não dá início -Pronação/supinação limitada, mantendo extensão -Movimentação normal		0	1	2
Subtotal IV (Max. 6)					

V. Atividade reflexa normal , avaliado somente se alcançado o escore de 6 pontos na parte IV				
Bíceps, tríceps e flexores dos dedos	-0 pontos na parte IV ou 2 de 3 reflexos hiperativos -1 reflexo hiperativo ou ao menos 2 reflexos presentes -No máximo 1 reflexo presente, sem hiperatividade	0	1	2
Subtotal V (Max. 2)				
Total A (Max. 36)				

B. PUNHO , pode ser prestado apoio no cotovelo para acionar ou manter a posição, sem apoio no pulso, e verificar a ADM passivo antes do teste		Ausente	Parcial	Completo
Estabilidade em 15° de extensão ; cotovelo em 90°, antebraço pronado	-Não consegue estender o punho á 15° -Consegue estender em 15°, sem resistência -Extende 15° contra alguma resistência	0	1	2
Flexão/extensão alternada ; cotovelo a 90°, antebraço pronado	-Não ocorre movimento voluntário -Não consegue mover ativamente o punho -Movimento ativo normal	0	1	2
Estabilidade em 15° de extensão ; cotovelo em 0°, antebraço pronado, leve flexão/abdução de ombro	-Não consegue estender o punho á 15° -Consegue estender em 15°, sem resistência -Extende 15° contra alguma resistência	0	1	2
Flexão/extensão alternada ; cotovelo a 0°, antebraço pronado, leve flexão/abdução de ombro	-Não ocorre movimento voluntário -Não consegue mover ativamente o punho -Movimento ativo normal	0	1	2
Circundução	-Não ocorre movimento voluntário -Movimento incompleto ou oscilante -Movimentação completa	0	1	2
Total B (Max. 10)				

C. MÃO , pode ser prestado apoio no cotovelo para manter 90° de flexão, compare com a mão não afetada os objetos prensados ativamente*		Ausente	Parcial	Completo
Flexão em Massa , com extensão ativa ou passiva		0	1	2
Extensão em Massa , com flexão ativa ou passiva		0	1	2
PREENSÃO				
A - Flexão IFD e IFP (II á V) e extensão MCF (II á V)	-Posição não pode ser executada -Executada com preensão fraca -Mantém posição contra resistência	0	1	2
B - Adução do polegar , com um de papel entre o polegar e o segundo MCF	-A função não pode ser realizada -Segura o papel, mas não contra leve puxão -Segura o papel firmemente	0	1	2
C - Oposição , polpa do polegar contra a polpa do 2° dedo, com caneta interposta	-A função não pode ser realizada -Segura a caneta, mas não contra leve puxão -Segura a caneta firmemente	0	1	2
D - Objeto cilíndrico , segura á superfície volar do 1° e 2° dedos contra outros	-A função não pode ser realizada -Segura o cilindro, mas não contra leve puxão -Segura o cilindro firmemente	0	1	2
E - Objeto esférico , Segurar com firmeza uma bola de tênis	-A função não pode ser realizada -Segura a esfera, mas não contra leve puxão -Segura a esfera firmemente	0	1	2
Total C (Max. 14)				

D. COORDENAÇÃO/VELOCIDADE , com os 2 braços, olhos vendados, levando a ponta do dedo indicador até o nariz 5 vezes, o mais rápido possível		Accentuado	Leve	Nenhum
Tremor		0	1	2
Dismetria	-Dismetria grave ou não sistemática -Dismetria leve e sistemática -Nenhuma dismetria	0	1	2

		>5s	2 – 5s	<1s
Velocidade	-Mais do que 5s em comparação ao lado não afetado -2 á 5 segundos á mais comparado ao lado não afetado -Diferença máxima de 1 segundo	0	1	2
Total D (Max. 6)				
Total A á D (Max. 66)				

H. SENSIBILIDADE , de olhos vendados, comparando braço afetado/não afetado		Anestesia	Hipoestesia/Disestesia	Normal
Toque leve (exterocepção)	-Membro superior ___	0	1	2
	-Palma da mão ___	0	1	2
		>3/4	<3/4	Pequena/nenhum a diferença
Posição (propriocepção)	-Ombro ___	0	1	2
	-Cotovelo ___	0	1	2
	-Punho ___	0	1	2
	-Polegar ___	0	1	2
Total H (Max. 12)				

J. MOVIMENTO ARTICULAR PASSIVO				J. DOR ARTICULAR , movimento passivo		
Posição inicial, comparando com membro não afetado	Poucos graus (<10° em ombro)	diminuído	normal	Relatando dor durante e/ou ao fim do movimento	Pouca dor	Sem dor
Ombro						
Flexão (0° - 180°) ___	0	1	2	0	1	2
Abdução (0 - 90°) ___	0	1	2	0	1	2
Rotação externa ___	0	1	2	0	1	2
Rotação interna ___	0	1	2	0	1	2
Cotovelo						
Flexão ___	0	1	2	0	1	2
Extensão ___	0	1	2	0	1	2
Antebraço						
Pronação ___	0	1	2	0	1	2
Supinação ___	0	1	2	0	1	2
Punho						
Flexão ___	0	1	2	0	1	2
Extensão ___	0	1	2	0	1	2
Dedos						
Flexão ___	0	1	2	0	1	2
Extensão ___	0	1	2	0	1	2
Total (Max. 24)				Total (Max. 24)		

A. EXTREMIDADE SUPERIOR	/36
B. PUNHO	/10
C. MÃO	/14
D. COORDENAÇÃO/VELOCIDADE	/6
TOTAL A-D (função motora)	/66

H. SENSIBILIDADE	/12
J. MOVIMENTO ARTICULAR PASSIVO	/24
J. DOR ARTICULAR	/24

ANEXO C- ESCALA - SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)

Fonte: (TENÓRIO et al., 2010)

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
1) Eu acho que gostaria de usar o sistema com frequência	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
2) Achei o sistema muito complexo	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
3) Achei o sistema fácil de usar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
4) Acho que precisaria de apoio técnico para poder usar o sistema	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
5) O objetivo das atividades no sistema estava claro e bem integrado	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6) Eu achei esse sistema muito inconsistente /ruim	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
7) Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderiam e usariam esse sistema com facilidade	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
8) Eu achei o sistema muito complicado de usar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
9) Eu me senti muito confiante em usar o sistema	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
10) Eu preciso aprender uma série de coisas antes de continuar usando este sistema.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

ANEXO D – ESCALA NASA –TLX

Fonte: (REZENDE, 2015)

Selecione o nível de cada uma das seis dimensões. Pense que esse nível é como uma régua e você pode selecionar qualquer ponto dessa régua. Seja sincero nas respostas, nenhuma resposta será utilizada individualmente. Todas serão calculadas estatisticamente e os valores serão globais.

Exemplo:

Dimensão 1: Exigência Física
Realizar o movimento com o braço para cumprir com as tarefas propostas

Baixo: A atividade foi fácil, tranquila, repousante, não exigiu força, não exigiu muitos movimentos.	Alto: A atividade foi difícil, cansativa, trabalhosa, exigiu extrema força, exigiu um excesso de movimentos.
---	---

Dimensão 2: Exigência Mental
Atividades mentais, como: pensar, decidir, calcular, lembrar, raciocinar, procurar, entender.

Baixo: A atividade foi fácil, simples, não foi preciso pensar muito para fazer, não é necessário ter atenção, não possui muitos detalhes.	Alto: A atividade foi difícil, complexa, foi preciso pensar muito antes de fazer, é preciso muita atenção, possui muitos detalhes.
--	---

Dimensão 3: Exigência Temporal
Em relação ao tempo, como: prazo para terminar, ritmo em que deve ser executada a atividade

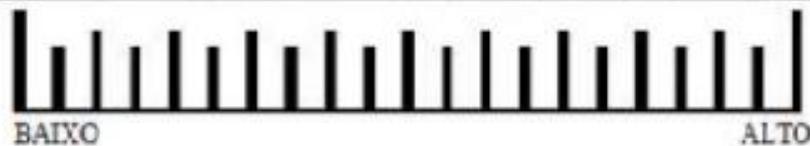
Baixo: A atividade tem um prazo longo para ser realizada. O ritmo é lento, calmo, sem pressa. Não é necessário correr para terminar na hora certa. O prazo não é apertado.	Alto: A atividade tem um prazo curto para ser realizada. O ritmo é rápido, frenético, com muita pressa. É necessário correr para terminar na hora certa. O prazo é muito apertado.
---	---

Dimensão 4: Nível de Desempenho

Em relação ao seu desempenho, como: satisfação ao atingir os objetivos, satisfação com o resultado, da experiência.

Baixo: Você se sente fracassado quando termina a atividade, não se sente feliz com o resultado, pensa que deveria ter feito de outro jeito para ter um resultado melhor.

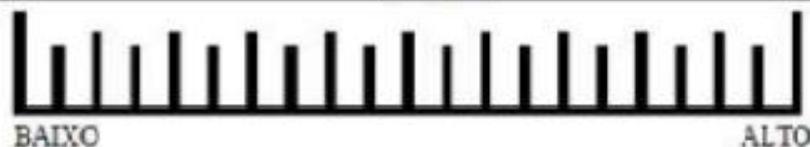
Alto: Você se sente realizado quando termina a atividade, se sente muito feliz com o resultado, pensa que não poderia ter feito de outro jeito, pois o resultado está perfeito.

**Dimensão 5: Nível de Esforço**

Em relação ao seu nível de esforço para realizar a tarefa, como: cuidado, dedicação, atenção.

Baixo: Você não precisa ter cuidado para realizar a atividade, a atividade já é automática, não precisa de muito empenho, se tiver distrações não é preciso parar a atividade.

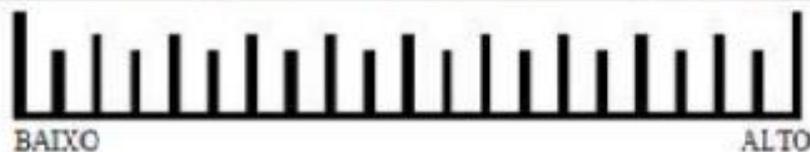
Alto: Você precisa ter muito cuidado para realizar a atividade, você precisa de muita atenção para realizar a atividade, não pode ocorrer nenhum tipo de distração durante a atividade.

**Dimensão 6: Nível de Frustração**

Como você se sente realizando essa atividade em relação à sua satisfação em realizar essa atividade /felicidade

Baixo: Você se sente seguro, animado, contente, relaxado, bem-sucedido, satisfeito durante a realização da tarefa

Alto: Você se sente inseguro, desencorajado, estressado, irritado, fracassado, desapontado, insatisfeito durante a realização da tarefa.



ANEXO E- STROKE SPECÍFIC QUALITY OF LIFE SCALE (SS-QOL)

Versão final da Escala de Qualidade de Vida Específica para AVE (EQVE-AVE)

Fonte adaptada: (LIMA et al., 2008)

A	B	C
1. Concordo inteiramente	1. Não pude fazer de modo algum	1. Ajuda Total
2. Concordo mais ou menos	2. Muita dificuldade	2. Muita ajuda
3. Nem concordo nem discordo	3. Alguma dificuldade	3. Alguma ajuda
4. Discordo mais ou menos	4. Um pouco de dificuldade	4. Um pouco de ajuda
5. Discordo inteiramente	5. Nenhuma dificuldade mesmo	5. Nenhuma ajuda necessária

Energia (OPÇÃO A)

1. Eu me senti cansado a maior parte do tempo.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Eu tive que parar e descansar durante o dia.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

3. Eu estava cansado demais para fazer o que eu queria.

concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

Papéis familiares (OPÇÃO A)

1. Eu não participei em atividades apenas por lazer/diversão com a minha família.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Eu senti que era um fardo/ peso para a minha família.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

3. Minha condição física interferiu com minha vida social.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

Linguagem (OPÇÃO B)

1. Você teve dificuldade em falar? Por exemplo, não achar a palavra certa, gaguejar, não conseguir se expressar, ou embolar as palavras.

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

2. Você teve dificuldade para falar com clareza suficiente para usar o telefone?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

3. Outras pessoas tiveram dificuldade de entender o que você disse?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

4. Você teve dificuldade em encontrar a palavra que queria dizer?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

5. Você teve que se repetir para que os outros pudessem entendê-lo?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

Mobilidade (OPÇÃO A)

1. Você teve dificuldade para andar? (Se o paciente não pode andar, vá para questão 4 e pontue as questões 2 e 3 2 com 1 ponto.)

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

2. Você perdeu o equilíbrio quando se abaixou ou tentou alcançar algo?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

3. Você teve dificuldade para subir escadas?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

4. Ao andar ou usar a cadeira de rodas você teve que parar e descansar mais do que gostaria?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

5. Você teve dificuldade para permanecer de pé?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

6. Você teve dificuldade para se levantar de uma cadeira?

1- não pude fazer de modo algum () 2- muita dificuldade () 3- alguma dificuldade () 4- um pouco de dificuldade () 5- Nenhuma dificuldade mesmo ()

Humor (OPÇÃO A)

1. Eu estava desanimado sobre meu futuro.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Eu não estava interessado em outras pessoas ou em outras atividades.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

3. Eu me senti afastado/isolado das outras pessoas.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

4. Eu tive pouca confiança em mim mesmo.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

5. Eu não estava interessado em comida.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

Personalidade (OPÇÃO A)

1. Eu estava irritável. (“Com os nervos à flor da pele”)

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Eu estava impaciente com os outros.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

3. Minha personalidade mudou.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

Auto-cuidado (OPÇÃO C)

1. Você precisou de ajuda para preparar comida?

1- ajuda total () 2- muita ajuda () 3- alguma ajuda () 4- um pouco de ajuda () 5- Nenhuma ajuda necessária ()

2. Você precisou de ajuda para comer? Por exemplo, para cortar ou preparar a comida?

1- ajuda total () 2- muita ajuda () 3- alguma ajuda () 4- um pouco de ajuda () 5- Nenhuma ajuda necessária ()

3. Você precisou de ajuda para se vestir? Por exemplo, para calçar meias ou sapatos, abotoar roupas ou usar um zíper?

1- ajuda total () 2- muita ajuda () 3- alguma ajuda () 4- um pouco de ajuda () 5- Nenhuma ajuda necessária ()

4. Você precisou de ajuda para tomar banho de banheira ou chuveiro?

1- ajuda total () 2- muita ajuda () 3- alguma ajuda () 4- um pouco de ajuda () 5- Nenhuma ajuda necessária ()

5. Você precisou de ajuda para usar o vaso sanitário?

1- ajuda total () 2- muita ajuda () 3- alguma ajuda () 4- um pouco de ajuda () 5- Nenhuma ajuda necessária ()

Papéis Sociais (OPÇÃO A)

1. Eu não saí com a frequência que eu gostaria.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Eu dediquei menos tempo aos meus hobbies e lazer do que eu gostaria.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

3. Eu não encontrei tantos meus amigos quanto eu gostaria.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

4. Eu tive relações sexuais com menos frequência do que gostaria.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

5. Minha condição física interferiu com minha vida social.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

Memória /Concentração (OPÇÃO A)

1. Foi difícil para eu me concentrar.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Eu tive dificuldade para lembrar das coisas.

1- concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

3. Eu tive que anotar as coisas para me lembrar delas

1- Concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

Função da Extremidade Superior (OPÇÃO A)

1. Você teve dificuldade para escrever ou digitar?

1- Concordo inteiramente () 2- concordo mais ou menos () 3- nem concordo nem discordo () 4- discordo mais ou menos () 5- Discordo inteiramente ()

2. Você teve dificuldade para colocar meias?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

3. Você teve dificuldade para abotoar a roupa?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5– Nenhuma dificuldade mesmo ()

4. Você teve dificuldade para usar o zíper?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

5. Você teve dificuldade para abrir uma jarra?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

Visão (OPÇÃO B)

1. Você teve dificuldade em enxergar a televisão o suficiente para apreciar um programa?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

2. Você teve dificuldade para alcançar as coisas devido à visão fraca?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

3. Você teve dificuldade em ver coisas nas suas laterais/de lado?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

Trabalho / Produtividade (OPÇÃO B)

1. Você teve dificuldade para fazer o trabalho caseiro diário?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

2. Você teve dificuldade para terminar trabalhos ou tarefas que havia começado?

1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

3. Você teve dificuldade para fazer o trabalho que costumava fazer?

- 1- Não pude fazer de modo algum () 2- Muita dificuldade () 3 – Alguma dificuldade () 4- Um pouco de dificuldade () 5 – Nenhuma dificuldade mesmo ()

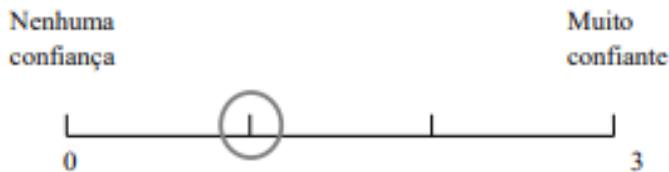
ANEXO F - STROKE SELF-EFFICACY QUESTIONNAIRE SSEQ

The stroke self-efficacy questionnaire – versão brasileira

Essas perguntas são sobre a sua confiança em realizar algumas tarefas que podem ter se tornado difíceis desde que sofreu o AVC.

Para cada uma das seguintes tarefas, por favor, circule na escala a pontuação que demonstra o quanto confiante você está hoje em dia para realizar a tarefa, apesar de seu AVC.

No qual 0= *nenhuma confiança* e 3= *muito confiante*

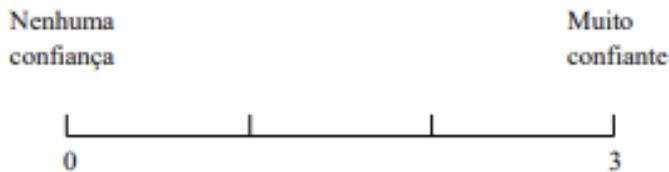


Quanto confiante você está hoje em dia que você é capaz:

1- Manter-se deitado confortavelmente na cama todas as noites.



2- Sair da cama sozinho, mesmo quando você se sente cansado.



3- Andar alguns passos, por conta própria, em qualquer superfície dentro da sua casa.



4- Andar pela sua casa para fazer a maior parte das coisas que você quer.



5- Andar com segurança, por conta própria, em ambiente externo em qualquer superfície.

Nenhuma confiança Muito confiante



6- Usar as duas mãos para comer sua comida.

Nenhuma confiança Muito confiante



7- Vestir-se e despir-se, mesmo quando você se sente cansado.

Nenhuma confiança Muito confiante



8- Preparar para si mesmo uma refeição que você deseja.

Nenhuma confiança Muito confiante



9- Persistir para obter progresso na recuperação após seu AVC, mesmo depois de ter alta da terapia.

Nenhuma confiança Muito confiante



10- Fazer seu próprio programa de exercícios todos os dias.

Nenhuma confiança Muito confiante



11- Lidar com a frustração de não poder fazer algumas coisas por causa do seu AVC.

Nenhuma
confiança

Muito
confiante



12- Continuar a fazer a maioria das coisas que você gostava de fazer antes do seu AVC.

Nenhuma
confiança

Muito
confiante



13- Continuar a ficar mais rápido nas tarefas que ficaram lentas desde que você teve o AVC.

Nenhuma
confiança

Muito
confiante



Total: _____

Referência:

Makhoul MP, Pinto EB, Mazzini NA, Winstein C, Torriani-Pasin C. Translation and Validation of the Stroke Self-Efficacy Questionnaire to a Portuguese Version in Stroke Survivors. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2020 (17 jan). DOI: 10.1080/10749357.2020.1713555 <<https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1713555>>

ANEXO G - ÍNDICE DE BARTHEL

Fonte adaptada: (MINOSSO et al., 2010)

ATIVIDADE	PONTUAÇÃO
ALIMENTAÇÃO 0 = incapacitado 5 = precisa de ajuda para cortar, passar manteiga, etc, ou dieta modificada 10 = independente	
BANHO 0 = dependente 5 = independente (ou no chuveiro)	
ATIVIDADES ROTINEIRAS 0 = precisa de ajuda com a higiene pessoal 5 = independente rosto/cabelo/dentes/barbear	
VESTIR-SE 0 = dependente 5 = precisa de ajuda mas consegue fazer uma parte sozinho 10 = independente (incluindo botões, zippers, laços, etc.)	
INTESTINO 0 = incontinente (necessidade de enemas) 5 = acidente ocasional 10 = continente	
SISTEMA URINÁRIO 0 = incontinente, ou cateterizado e incapaz de manejo 5 = acidente ocasional 10 = continente	

<p>USO DO TOILET 0 = dependente 5 = precisa de alguma ajuda parcial 10 = independente (pentear-se, limpar-se)</p>	
<p>TRANSFERÊNCIA (DA CAMA PARA A CADEIRA E VICE VERSA) 0 = incapacitado, sem equilíbrio para ficar sentado 5 = muita ajuda (uma ou duas pessoas, física), pode sentar 10 = pouca ajuda (verbal ou física) 15 = independente</p>	
<p>MOBILIDADE (EM SUPERFÍCIES PLANAS) 0 = imóvel ou < 50 metros 5 = cadeira de rodas independente, incluindo esquinas, > 50 metros 10 = caminha com a ajuda de uma pessoa (verbal ou física) > 50 metros 15 = independente (mas pode precisar de alguma ajuda; como exemplo, bengala) > 50 metros</p>	
<p>ESCADAS 0 = incapacitado 5 = precisa de ajuda (verbal, física, ou ser carregado) 10 = independente</p>	

ANEXO H - FRENCHAY ACTIVITY INDEX – VERSÃO PORTUGUÊS

Fonte adaptada: (MARTINS; RIBEIRO; GARRETT, 2003.)

Actividades instrumentais da vida diária	Totalmente incapacitado	Muita dificuldade	Alguma dificuldade	Nenhuma dificuldade
Governar a casa/manutenção do carro	1	2	3	4
Trabalhar	1	2	3	4
Jardinar	1	2	3	4
Ir às compras perto de casa	1	2	3	4
Divertir, fazer passatempos	1	2	3	4
Viajar de autocarro ou de carro	1	2	3	4
Fazer trabalhos domésticos pesados	1	2	3	4
Ler livros	1	2	3	4
Cozinhar refeições ligeiras	1	2	3	4
Lavar a roupa	1	2	3	4
Lavar a louça	1	2	3	4
Sair e fazer viagens distantes	1	2	3	4
Fazer trabalhos domésticos ligeiros	1	2	3	4
Andar fora de casa mais de 15 minutos	1	2	3	4
Visitar amigos e familiares	1	2	3	4



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br