

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

**Bibiana Mayer Steckel**

**Efeitos da Realidade Virtual em  
Pacientes com Amputação de  
Membro Inferior**

**UFCSPA**

Universidade Federal de Ciências da Saúde  
de Porto Alegre

Porto Alegre

2022

**Bibiana Mayer Steckel**

# **Efeitos da Realidade Virtual em Pacientes com Amputação de Membro Inferior**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Alcyr Alves de Oliveira Júnior

Porto Alegre

2022

#### Catálogo na Publicação

STECKEL, Bibiana Mayer

Efeitos da Realidade Virtual em Pacientes com Amputação de Membro Inferior / Bibiana Mayer STECKEL. -- 2022.

61 p. : 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2022.

Orientador(a): Alcyr Alves de Oliveira Júnior.

1. Amputação. 2. Membro Inferior. 3. Realidade Virtual. 4. Exercício. 5. Reabilitação. I. Título.

# **Efeitos da Realidade Virtual em Pacientes com Amputação de Membro Inferior**

## **BANCA AVALIADORA**

---

Dr. Luís Henrique Telles da Rosa  
Departamento de Fisioterapia  
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

---

Dr. Tiago Henrique Falk  
Institut National de la Recherche Scientifique  
University of Quebec

---

Dr. Mariane Lima de Souza  
Departamento de Psicologia Social e do Desenvolvimento  
Universidade Federal do Espírito Santo

Porto Alegre

2022

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho a todos os pesquisadores, participantes e instituições de saúde e educação envolvidos. Sem a colaboração destas pessoas e instituições seria improvável a realização da pesquisa.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço ao acaso/universo/destino, que me proporcionou os encontros possíveis para a trajetória deste trabalho.

Agradeço à minha família, meu pai Edegar Steckel e minha mãe Vânia Steckel por serem porto seguro em momentos de fragilidade. Proporcionaram escuta, afeto e acolhimento, mesmo em vivências de suas próprias fragilidades. Agradeço a eles também pelo suporte financeiro para auxiliar nos custos da pesquisa, visto que o investimento em pesquisa em nosso país é recurso limitado. Agradeço à minha madrinha, Sandra Mayer, por sempre me estimular a seguir em frente nesta caminhada.

Agradeço aos amigos pelo espaço de escuta, conversas edificantes e ideias. Tenho a sorte de ter amigos que desejam voar junto comigo, e que me incentivam a ser uma pessoa melhor a cada dia. Agradeço ao meu namorado Ruan Pereira, por permanecer, por tornar meus dias mais leves quando tomados pelo excesso de trabalho e estudo, e pelo suporte técnico em relação aos equipamentos e aplicativos utilizados.

Agradeço ao meu orientador, aos meus colegas de grupo de pesquisa e aos professores das disciplinas de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação por me auxiliarem a trilhar o caminho da vida acadêmica e da produção científica.

### **Epígrafe**

"Tudo está ao contrário agora, como se lá fora estivesse o mundo verdadeiro, e aqui está o sonho."

Jake Sully - personagem de Avatar

## RESUMO

A amputação, definida como a retirada total ou parcial de um membro, trata-se de um recurso utilizado para o restabelecimento da saúde de um sujeito para o qual não há outras opções viáveis de recuperação de um membro lesado. Configura-se como importante problema de saúde pública, sendo responsável por altas taxas de morbimortalidade, além de causar impactos negativos em aspectos socioeconômicos e de saúde da pessoa amputada. Evidências sugerem que o uso de realidade virtual Imersiva (RVI) seja uma tecnologia capaz de auxiliar na reabilitação de pacientes amputados, podendo acelerar os resultados positivos da reabilitação. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a usabilidade e os efeitos de um aplicativo de exercícios físicos em RVI na reabilitação de pacientes com amputação de membro inferior (AMI). A usabilidade foi avaliada utilizando o instrumento *System Usability Scale* (SUS) com profissionais experts em reabilitação após exposição ao aplicativo de exercícios físicos em RVI com um *Head-Mounted Display* (HMD). Após resultado favorável - média total da SUS de 72.75 - realizou-se um protocolo de intervenção com pacientes com AMI. Um total de 41 participantes foram randomizados entre Grupo Controle (GC), que não recebeu a intervenção, e Grupo Intervenção (GI), que recebeu 16 sessões de RVI durante 8 semanas. Todos foram pré e pós avaliados em relação à dor do membro residual (DMR), dor do membro fantasma (DMF), telescopia do membro fantasma (TMF) e equilíbrio. Os participantes submetidos à intervenção foram também avaliados em relação a cybersickness e sensação de presença. Os resultados constataram piora significativa em relação a dor afetiva no GC, correlação negativa significativa entre variação na DMR e tempo de amputação, e correlação negativa significativa entre a sensação de presença no ambiente virtual (AV) com a frequência de sensação de "aroto" durante a intervenção. A RVI mostra-se promissora como uma ferramenta para reabilitação de pacientes com AMI, porém mais estudos são necessários.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Usabilidade, Amputação de Membro Inferior, Dor do Membro Fantasma, Dor do Membro Residual, Equilíbrio



## **ABSTRACT**

Amputation, defined as the total or partial removal of a limb, is a resource used to restore the health of a subject for whom there are no other viable options for recovering an injured limb. It is a relevant public health problem, being responsible for high rates of morbidity and mortality, in addition to causing negative impacts on socioeconomic and health aspects of the amputee. Evidence suggests that the use of Immersive Virtual Reality (IVR) is a technology capable of assisting in the rehabilitation of amputees, and may accelerate the positive results of rehabilitation. Thus, the aim of this study was to evaluate the usability and effects of a physical exercise application in IVR in the rehabilitation of patients with lower limb amputation (LLA). Usability was evaluated using the System Usability Scale (SUS) with professionals who are experts in rehabilitation, after exposing them to the application of physical exercises in IVR with a Head-Mounted Display (HMD). After a favorable result - SUS total average of 72.75 - an intervention protocol was carried out with patients with AMI. A total of 41 participants were randomized between the Control Group (CG), which did not receive the intervention, and the Intervention Group (IG), which received 16 sessions of IVR over 8 weeks. All were pre and post evaluated for residual limb pain (RLP), phantom limb pain (PLP), phantom limb telescoping (PLT) and balance. Participants undergoing the intervention were also assessed for cybersickness and sense of presence. The results found a significant worsening in terms of affective pain in the CG, a significant negative correlation between variation in RLP and time after amputation, and a significant negative correlation between the sensation of presence in the virtual environment (VE) with the frequency of "burping" sensation during the intervention. IVR shows promise as a tool for rehabilitation of patients with LLA, but more studies are needed.

Key words: Virtual Reality, Usability, Lower Limb Amputation, Phantom Limb Pain, Residual Limb Pain, Balance

## SUMÁRIO

<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>3 ARTIGO 1</b>	<b>19</b>
<b>4 ARTIGO 2</b>	<b>31</b>
<b>5 CONCLUSÃO GERAL</b>	<b>54</b>
<b>6 IMPACTOS DO TRABALHO</b>	<b>55</b>
ANEXOS	56
ANEXO A - Parecer de aprovação no CEP	56

## REFERÊNCIAS

1. Souza YPd, Santos ACOd, Albuquerque LCd. Caracterização das pessoas amputadas de um hospital de grande porte em Recife (PE, Brasil). *Jornal Vascular Brasileiro*. 2019;18.
2. McDonald CL, Westcott-McCoy S, Weaver MR, Haagsma J, Kartin D. Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation. *Prosthetics and orthotics international*. 2021:0309364620972258.
3. Departamento de Informática do SUS – DATASUS. Informações de Saúde (TABNET). Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2022. <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/qiuf.def>>
4. Ülger Ö, Yıldırım Şahan T, Celik SE. A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation. *Physiotherapy theory and practice*. 2018;34(11):821-34.
5. World Health Organization & USAID. WHO standards for prosthetics and orthotics. World Health Organization. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2017. <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/259209>>
6. Raspopovic S. Advancing limb neural prostheses. *Science*. 2020;370(6514):290-1.
7. Ambron E, Miller A, er, Kuchenbecker KJ, Buxbaum LJ, Coslett HB. Immersive low-cost virtual reality treatment for phantom limb pain: Evidence from two cases. *Frontiers in neurology*. 2018;9:67.
8. Baby S, Chaudhury S, Walia TS. Evaluation of treatment of psychiatric morbidity among limb amputees. *Industrial psychiatry journal*. 2018;27(2):240.
9. Bourque MO, Schneider KL, Calamari JE, Reddin C, Stachowiak A, Major MJ, et al. Combining physical therapy and cognitive behavioral therapy techniques to improve balance confidence and community participation in people with unilateral transtibial amputation who use lower limb prostheses: a study protocol for a randomized sham-control clinical trial. *Trials*. 2019;20(1):1-13.

10. Charkhkar H, Christie BP, Triolo RJ. Sensory neuroprosthesis improves postural stability during Sensory Organization Test in lower-limb amputees. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1-13.
11. Escamilla-Nunez R, Michelini A, ria, Andrysek J. Biofeedback systems for gait rehabilitation of individuals with lower-limb amputation: a systematic review. *Sensors*. 2020;20(6):1628.
12. Stanica I-C, Moldoveanu F, Portelli G-P, Dascalu M-I, Moldoveanu A, Ristea MG. Flexible virtual reality system for neurorehabilitation and quality of life improvement. *Sensors*. 2020;20(21):6045.
13. Lee SH. Upper Extremity Rehabilitation for Stroke Patients Using Fully Immersive Virtual Reality Game: a Preliminary Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2019;100(10):e138-e9.
14. Nathan EP, Winkler S, L r. Amputees' attitudes toward participation in amputee support groups and the role of virtual Technology in Supporting Amputees: survey study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2019;6(2):e14887.
15. Yoshimura M, Kurumadani H, Hirata J, Osaka H, Senoo K, Ueda A, et al. Virtual reality-based action observation facilitates the acquisition of body-powered prosthetic control skills. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2020;17(1):1-12.
16. Herrador Colmenero L, Perez Marmol JM, Martí-García C, Querol Zaldivar MdiÁ, Tapia Haro RM, Castro Sánchez AM, et al. Effectiveness of mirror therapy, motor imagery, and virtual feedback on phantom limb pain following amputation: A systematic review. *Prosthetics and orthotics international*. 2018;42(3):288-98.
17. Weech S, Kenny S, Barnett-Cowan M. Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: a review. *Frontiers in psychology*. 2019;10:158.