

## DESENVOLVIMENTO E TESTAGEM DE UM JOGO DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVO CONTROLADO COM LEAP MOTION PARA REABILITAÇÃO DA FUNÇÃO MANUAL

Victor Zuchi Campos e Ana Grasielle Dionísio Corrêa

**Apoio:** PIBIC Mackpesquisa

### RESUMO

Novas tecnologias como imersão e realidade virtual junto com envolvimento e motivação têm tornado os jogos sérios uma importante ferramenta para reabilitação motora e cognitiva de pessoas com deficiência. O presente estudo tem como objetivo projetar, desenvolver e testar um jogo sério controlado por um dispositivo sensor gestual, Leap Motion (acoplado ao headset Gear VR), para apoiar a reabilitação da função manual. Um terapeuta e cinco pessoas com Paralisia Cerebral usaram o jogo em uma sessão de gameterapia. Investigamos o desempenho individual de cada participante (por meio da contagem de pontos por tempo), a satisfação (por meio da System Usability Scale - SUS), os sintomas de cybersickness (por meio do Simulation Sickness Questionnaire - SSQ) e o nível de participação ativa medido com o Pittsburgh Escala de Participação em Reabilitação (PRPS). Os testes permitem que o jogo tenha uma boa aceitação para ser usado na reabilitação motora da função manual, mas problemas de usabilidade, decorrentes da escolha das tecnologias, podem impactar no seu uso em ambiente domiciliar.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Leap Motion, Jogos Sérios, Função Manual.

### ABSTRACT

New technologies like immersion, virtual reality along with involvement and motivation have made serious games an important tool for cognitive rehabilitation of people with disabilities. This study aims to design, develop and evaluation of serious game controlled by a gesture device, Leap Motion (coupled with Gear VR headset), to support the manual function rehabilitation. One therapist and five people with Cerebral Palsy used the game in a Game Therapy section. We investigated the individual performance of each participant (through score by time), satisfaction (through the System Usability Scale - SUS), cybersickness symptoms (through the Simulation Sickness Questionnaire - SSQ) and the level of active participation measured with the Pittsburgh Rehabilitation Participation Scale (PRPS). The tests allow the game to have a good acceptance to be used in the motor rehabilitation of the manual function, but usability problems due to the choice of technologies can impact its use in the home environment.

**Keywords:** Virtual Reality, Leap Motion, Serious Game, Manual Function

## 1. INTRODUÇÃO

O uso das mãos de modo funcional é frequentemente comprometido em quadros neurológicos diversos, como no caso das pessoas com Paralisia Cerebral (ELVRUM et al., 2018). A mão é uma ferramenta criativa e serve também como meio para a comunicação não verbal. Trata-se do órgão sensorial tátil mais importante do corpo humano, pois é capaz de realizar movimentos muito finos e sensíveis para manipular pequenos objetos com rapidez e precisão. A qualidade e o desempenho nas atividades da vida diária, relacionadas tanto ao trabalho quanto às atividades de lazer, são determinados em grande parte pela destreza manual (TARAKCI et al., 2019).

As terapias tradicionais para recuperação da função manual geralmente são repetitivas e, muitas vezes, podem se tornar desmotivadoras ao paciente, diminuindo a adesão ao tratamento (HERSH & LEPORINI, 2016). Os terapeutas precisam ser criativos e se esforçar para alcançar um ambiente mais estimulante, diversificado e de qualidade. Eles têm que considerar que as pessoas em tratamento precisam de novas experiências para continuar motivadas (CAMILO et al., 2018). Também é importante que o paciente procure ficar ocupado em sua casa com tarefas manuais que possam acelerar o processo de recuperação (BERNHARDT et al., 2004). Mas o monitoramento de paciente em ambiente domiciliar ainda é uma área repleta de desafios, pois requer ferramentas que capturam e armazenam dados sobre o desempenho motor dos pacientes para que o terapeuta possa acompanhar a evolução do tratamento e corrigir eventuais problemas (SAINI et al. 2012).

Nós desenvolvemos um jogo sério para reabilitação motora das mãos que combina Realidade Virtual imersiva (com uso do headset Gear VR) e dispositivo de rastreamento das mãos (Leap Motion) para melhorar o engajamento do paciente durante a reabilitação domiciliar. O usuário veste um headset de RV (Gear VR) para realizar exercícios de reabilitação da função manual, onde os dados de desempenho do paciente são enviados para uma base de dados em nuvem para que o terapeuta possa acompanhar o progresso do tratamento. O headset Gear VR é uma solução econômica de RV porque usa a tela de um smartphone como display de visualização. A tendência é que estas tecnologias estejam disponíveis na casa das pessoas, oferecendo serviços nas mais diversas áreas de entretenimento, educação e saúde. Mas desafios em relação à usabilidade dessas tecnologias pelos usuários tais como cansaço e mal-estar, precisam ainda ser mais bem investigados, porque o Gear VR e o LMC integrados devem representar uma opção de RV promissora para garantir uma reabilitação prolongada em domicílio.

Nós fizemos um estudo piloto com cinco pessoas com Paralisia Cerebral usando o jogo sério. Buscamos investigar: (a) o desempenho dos participantes no jogo; (b) sintomas de

cybersickness (mal-estar após exposições em ambientes de RV imersiva); (c) a usabilidade do jogo sério; (d) e o nível de participação ativa dos participantes na sessão de gameterapia. Nós levamos o sistema em uma instituição dedicada aos cuidados de pessoas com Paralisia Cerebral (Instituto de Habilitação e Reabilitação Nosso Sonho) e solicitamos que um terapeuta usasse o sistema com os pacientes durante duas semanas. Nós descobrimos que, apesar do sistema permitir coletar dados de desempenho motor dos pacientes, a usabilidade do jogo sério com uso do Gear VR e LMC integrados ainda precisa ser melhorada. Nós discutimos esses aspectos neste trabalho.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

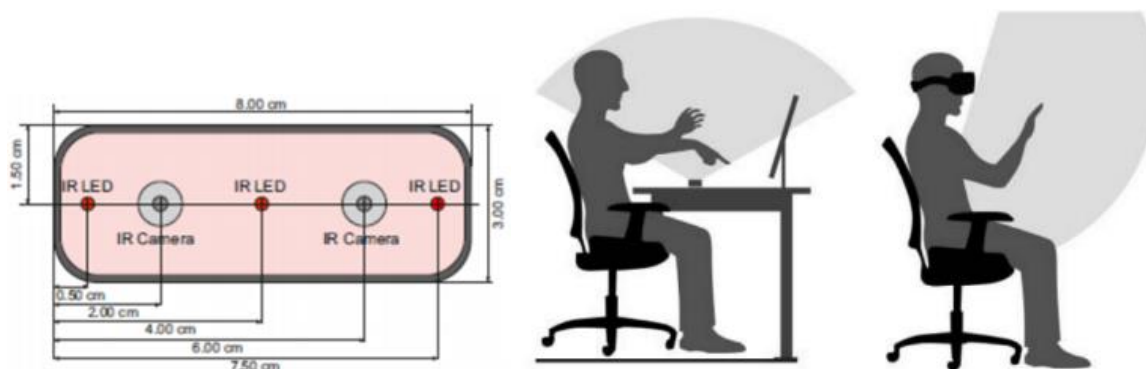
### **2.1. Jogos Sérios**

Um jogo sério usa os princípios de entretenimento de um jogo comum, porém sua função principal não é a de divertir, e sim, transmitir conteúdos e/ou conhecimentos ao jogador em áreas como gestão, educação, saúde, entre outras (DÖRNER et al., 2016). Um jogo sério pode apropriar-se dos aspectos do entretenimento e motivação no sentido de envolver o jogador em uma experiência que possibilite a melhor forma de alcançar seu objetivo, seja pela aprendizagem, promoção da saúde, bem-estar e recuperação física ou psicológica (AFYOUNI et al., 2017).

Na última década, a comunidade de saúde demonstrou um grande interesse por jogos sérios para reabilitação motora e cognitiva, gerando um novo conceito denominado “Exergames” ou “Gameterapia”. A reabilitação em saúde está emergindo como uma área-alvo principal para jogos sérios, apresentando novos desafios para profissionais de saúde e expectativas para o público (PYAE et al., 2016; AFYOUNI et al., 2017). Exergames viabilizam uma nova forma de atividade física que requer que o usuário mova pelo menos uma parte do corpo, as mãos no nosso caso, para interagir e obter a melhor experiência do jogo, geralmente em ambiente de Realidade Virtual (MONTEIRO-JUNIOR et al., 2017).

### **2.2. Leap Motion Controller (LMC)**

O Leap Motion Controller (LMC) é um dispositivo sensor óptico compacto, com 8cm de largura por 3cm de altura (Figura 1). A parte superior do dispositivo é feita de um vidro fumê contendo dois sensores de imagens e LEDs infravermelhos que trabalham juntos para rastrear os movimentos das mãos e dedos do usuário. O LMC trabalha com precisão de até 1/100mm e sem latência visível em seu campo de visão. O alcance de visualização do LMC está 60cm acima do dispositivo e ao seu redor. Esse limite ocorre devido à propagação da luz do LED pelo espaço, já que fica difícil inferir a posição da mão a partir de certa distância.



**Figura 1.** a) LMC; b) LMC não imersivo; c) LMC imersivo

Em ambientes de Realidade Virtual, é possível usar o LMC conectado diretamente no computador em experiências não imersivas. Neste caso utiliza-se o monitor de vídeo como dispositivo de visualização (Figura 1b). Em experiências imersivas, o LMC é acoplado a um par de óculos de RV, como um Gear VR, por exemplo (Figura 1c).

### 2.3. Trabalhos Correlatos

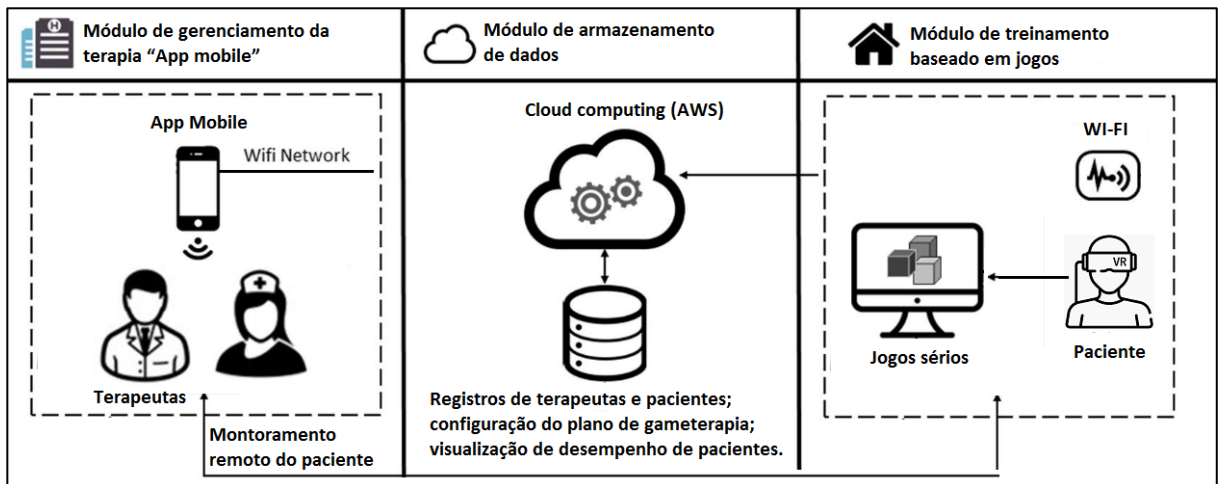
A incorporação de jogos sérios com desafios cognitivos e motores têm ajudado pessoas com deficiência a participar de forma mais positiva nos treinos de reabilitação (ZHANG, et al, 2018; CAMILO et al., 2018; HERSH & LEPORINI, 2016). Dispositivos de captura de movimento como o LMC têm sido utilizados na criação de jogos sérios de reabilitação motora para melhorar as habilidades manuais em pessoas com Acidente Vascular Cerebral (WANG et al., 2017); idosos com disfunções motoras causadas pelo envelhecimento (IOSA et al., 2015), inclusive parkinsonianos (BUTT et al., 2017); crianças com déficits no desenvolvimento como Paralisia Cerebral (AFYOUNI et al., 2017; DE OLIVEIRA et al., 2016), Síndrome de Down (SANCHEZ et al., 2017) e Autismo (ZHU et al., 2015).

Vários estudos investigaram a usabilidade do LMC com grupos de pessoas saudáveis e com deficiência e descobriram que o LMC é capaz de rastrear a mão prejudicada (DE OLIVEIRA et al., 2016; IOSA et al., 2015; BUTT et al., 2017). Isso facilita a criação de exercícios virtuais mais divertidos e desafiadores, em formato de jogo, para deslizar, girar, segurar e liberar objetos, estimulando o exercício de pinças e movimentos de preensão. Em relação aos efeitos clínicos das terapias realizadas com LMC, estudos realizados com vários grupos com pessoas com AVC relatam que houve melhorias na função motora, principalmente no que diz respeito à precisão dos movimentos das mãos (WANG et al., 2017; IOSA et al., 2015). Apesar dos resultados promissores, esses efeitos positivos ainda são limitados, pois foram encontrados logo após o final do tratamento e não está claro se os efeitos são duradouros. Além disso, os requisitos cognitivos necessários para a interação com o ambiente virtual geralmente diminuem a possibilidade de usar esses dispositivos em casa quando os pacientes apresentam disfunções cognitivas graves.

### 3. METODOLOGIA

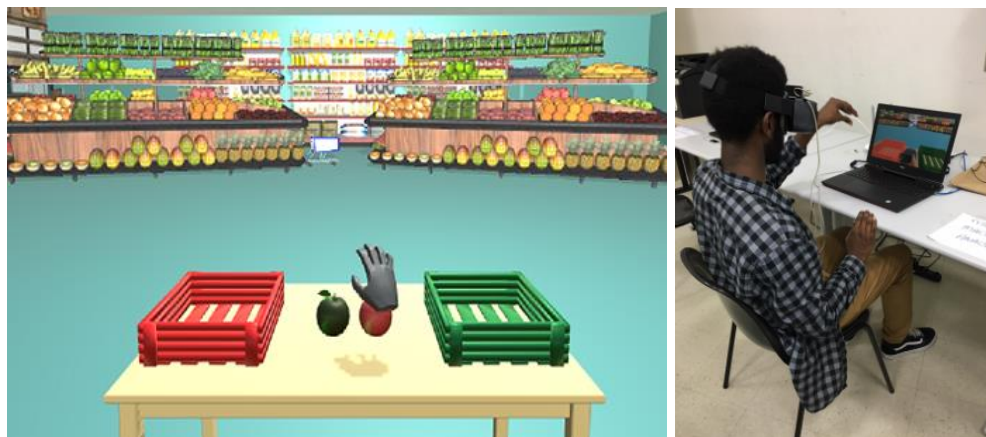
#### 3.1. Projeto do Sistema

O sistema para apoiar a reabilitação da função manual consiste em três partes (Figura 2): a) módulo de treinamento baseado em jogos (desenvolvido neste trabalho) b) módulo de gerenciamento da terapia “App mobile”; c) módulo de armazenamento de dados. Basicamente, o terapeuta acessa o módulo de gerenciamento da terapia e cadastra seus pacientes; para cada paciente o terapeuta cria o plano de gameterapia; esse plano é armazenado no módulo de armazenamento de dados; o paciente recebe uma senha para acessar o plano de gameterapia criado pelo seu terapeuta; o paciente acessa o módulo de treinamento baseado em jogos através do seu computador e insere a senha; o paciente visualiza e executa o plano de gameterapia; finalmente, os dados de desempenho do paciente são enviados para o módulo de armazenamento de dados.



**Figura 2.** Arquitetura do Sistema

O jogo sério tem um cenário de supermercado (Figura 3a). Foi desenhado com o apoio de um especialista em terapia das mãos. Quando o participante usa o headset Gear VR, ele vê o jogo na primeira pessoa e se vê sentado em frente a uma mesa com cestas de frutas (Figura 3b). O objetivo do usuário é pegar as frutas e soltá-las em suas respectivas cestas, realizando movimento de “grasp”, pegar e soltar objetos. Além da tarefa motora, tarefas cognitivas também foram implementadas para capturar a atenção do usuário: frutas vermelhas devem ser colocadas na cesta vermelha e frutas verdes na cesta verde.



**Figura 3.** a) Cenário do Jogo Merceria; b) usuário testando o Jogo Merceria

Os níveis de dificuldade do jogo são definidos pelo terapeuta através do “App Mobile”: etapa 1, mão dominante (ex. mão esquerda); etapa 2, mão não dominante (ex. mão direita); etapa 3, as duas mãos alternadamente; etapa 4, mãos cruzadas. Após registrar o paciente no App Mobile e configurar seu plano de exercícios com o jogo, o sistema gera uma senha para o paciente acessar o jogo em seu computador (pode ser na clínica ou em sua casa). Depois que o participante usa o jogo, dados como tempo do jogo, total de pontos e erros são enviados ao banco de dados e podem ser acessados pelo terapeuta através do App Mobile.

O jogo foi criado com a ferramenta Unity 3D que oferece suporte para modelagem e programação de jogos 2D e 3D. O SDK do Leap Motion foi integrado à Unity 3D para prover interação por meio de reconhecimento de movimentos das mãos. Os scripts de interação do jogo foram criados na linguagem C#.

### **3.2. Participantes**

Participaram do estudo cinco adultos (1 homem e 4 mulheres) com Paralisia Cerebral entre 26 e 41 anos de idade. Dois participantes usavam cadeiras de rodas e os outros andavam de muletas e precisavam de apoio para se sentar. Um paciente apresentava discinesia, disfunção que causava movimentos involuntários e dificultava o controle motor dos membros superiores (MONBALIU et al., 2017); e dois pacientes apresentaram boa mobilidade do membro superior. Os participantes usam computadores, mas com baixa frequência, três dos quais requerem tecnologia assistiva. Nenhum dos participantes havia usado anteriormente um sistema de RV ou experimentado o LMC anteriormente a este estudo.

### **3.3. Equipamento**

Os testes foram conduzidos usando um notebook para jogos Dell NVidia GeForce GTX 1050 Core i7, 16GB, com Windows 10. O LMC foi acoplado ao headset Gear VR com o smartphone Samsung Galaxy S8. O App Mobile foi usado em um smartphone iOS 6.

### **3.4. Medidas**

O desempenho individual de cada participante foi medido pela contagem de pontos por tempo (score). Os pontos foram contabilizados quando o participante conseguiu pegar a maçã e colocá-la na cesta correta. Esses dados foram coletados a partir do relatório de desempenho gerado pelo App Mobile.

A satisfação em usar o sistema foi mensurada por meio da Escala de Usabilidade do Sistema (System Usability Scale - SUS). As pontuações foram calculadas de acordo com as diretrizes de BROOKE (2017). De acordo com o autor, valores acima de 68 na escala SUS indicam problemas sérios de usabilidade que precisam ser resolvidos.

Os sintomas de cybersickness foram medidos através do Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) proposto por KENNEDY et al. (1993). O SSQ consiste em 16 perguntas sobre sintomas e desconfortos. Neste experimento, selecionamos nove sintomas que julgamos que o jogo imersivo pode provocar: mal-estar generalizado; cansaço; dor de cabeça; vista cansada; dificuldade de concentração; náusea; dor no pescoço; visão embaçada; vertigem. A pontuação SSQ foi calculada a partir das classificações “nenhum”, “leve”, “moderado” ou “grave” e pontuado com valores entre 1 e 4, respectivamente.

O nível de participação ativa foi medido através da Escala de Participação em Reabilitação de Pittsburgh (PRPS) proposto por Lenze et al. (2004). O PRPS é uma escala de seis pontos, de 1 "recusa em participar" a 6 "excelente participação", utilizada pelo terapeuta que aplica o jogo após cada intervenção. Quanto maior a pontuação nessa escala, melhor o envolvimento do participante na intervenção.

### **3.5. Questões Éticas e Coleta de Dados**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética (nº 2.901.639) e foi realizado na Associação Nosso Sonho de Habilitação e Reabilitação de Pessoas com Deficiência.

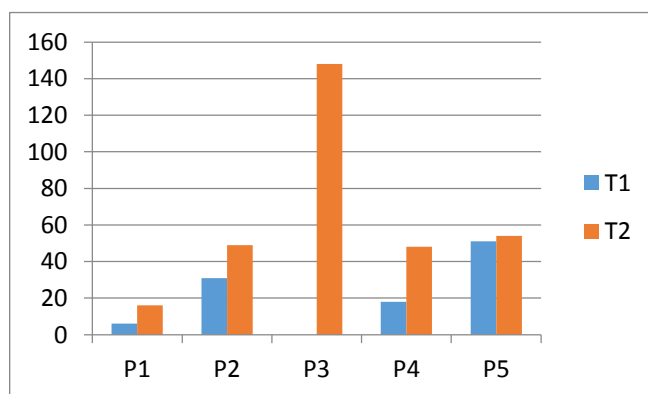
### **3.6. Procedimentos**

Cada participante usou o jogo duas vezes (uma vez por semana). Cada sessão de teste durou aproximadamente 30 minutos (assinar o formulário de consentimento, usar o jogo e entrevistas). Na primeira semana, o participante assinou o termo de consentimento, foi entrevistado para preencher o questionário demográfico e, em seguida, recebeu o treinamento do terapeuta para usar o jogo com o Gear VR e o LMC. Após o treinamento, o terapeuta registrou o participante no aplicativo e personalizou o plano de terapia de jogo (etapas do jogo e tempo de cada etapa). Cada participante usou o jogo por 6 minutos (2 minutos por etapa do jogo). O terapeuta completou o questionário PRPS para cada participante após cada sessão de teste.

Na segunda semana de testes, o participante repetiu o procedimento de uso do jogo, mas desta vez, sem treinamento prévio. Antes de iniciar o jogo, o terapeuta aplicou o SSQ para em vista de verificar se algum sintoma de cybersickness. Após o término do jogo (6 minutos), o participante foi entrevistado pelo observador para preencher novamente o questionário SSQ e SUS. Assim como na primeira semana, o terapeuta preencheu novamente o questionário PRPS para cada participante após cada sessão de teste.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

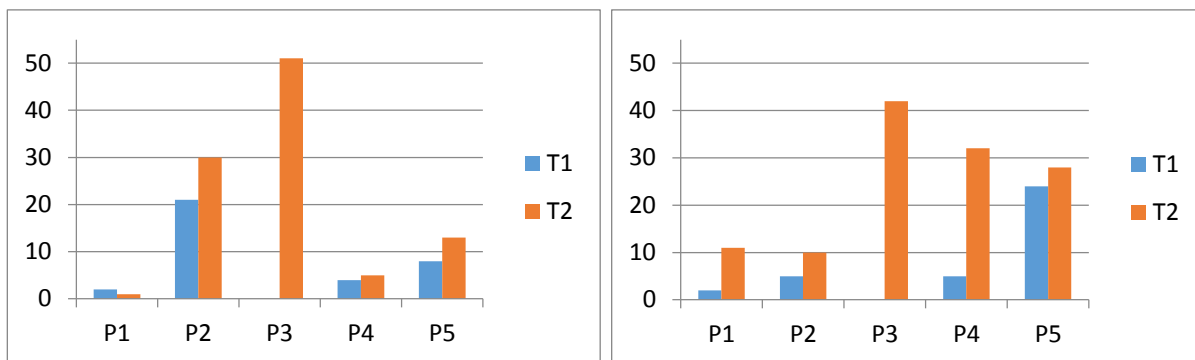
A Figura 4 mostra o resultado do desempenho geral dos participantes na primeira e na segunda sessão de testes (T1 e T2 respectivamente). Foi possível notar que todos os participantes tiveram melhor desempenho em T2 com ambas as mãos (dominante e não-dominante/prejudicada). O participante (P3) não obteve pontuação em T1 (mesmo com treinamento), mas teve melhor desempenho comparado aos demais participantes em T2. Acreditamos que este resultado se deve ao fato de que esta participante estava muito nervosa no primeiro dia de testes.



**Figura 4.** Desempenho Geral dos participantes

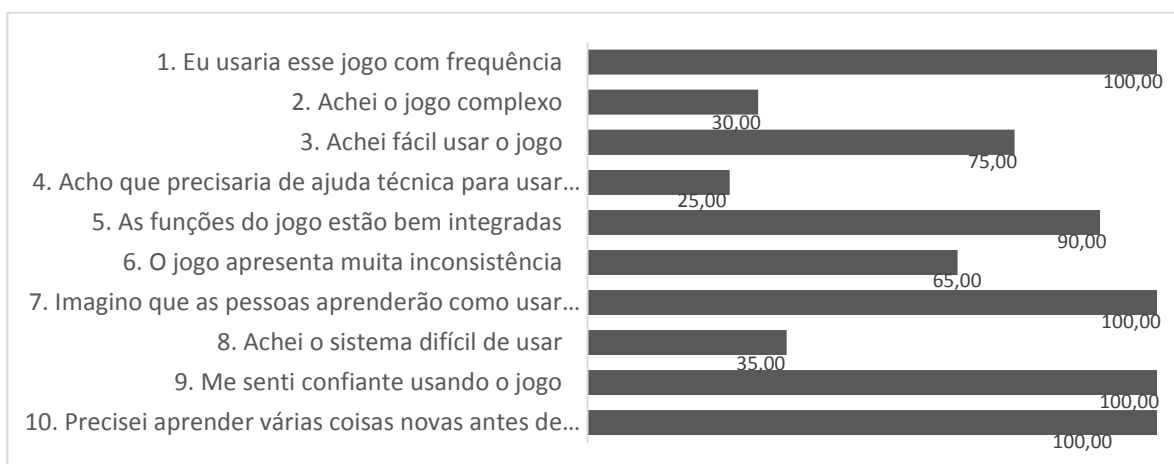
Analisando separadamente os pontos feitos com a mão dominante (Figura 5a) e não dominante (mão prejudicada – Figura 5b), foi possível perceber que todos os participantes tiveram scores maiores em T2 com a mão prejudicada. Esses resultados mostram que o LMC é capaz de rastrear a mão prejudicada e que o uso do jogo sério pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar o desempenho motor destes participantes. No entanto, um estudo mais rigoroso com protocolos de testes com grupo controle e experimental seja necessário para verificar esta hipótese.





**Figura 5.** a) mão dominante; b) mão não-dominante (prejudicada)

O escore final da análise de usabilidade do SUS obtida para o jogo sério foi de 72,0 (Figura 6). Em geral, pode-se observar que o jogo sério atende aos requisitos de usabilidade. No relato dos participantes, o jogo é fácil de usar e de aprender a usar, desde que tenha um tutorial explicativo no início, de preferência com vídeo ou animação mostrando como usar o LMC. Embora a usabilidade tenha sido avaliada positivamente, este estudo identificou oportunidades de melhoria do jogo: as instruções do jogo devem ser disponibilizadas por meio de um tutorial rápido e de fácil acesso e, de preferência com áudio narrado; fornecer feedback sobre o que fazer quando as mãos deixar de ser rastreada pelo LMC (ex. remova suas mãos completamente do campo de visão do LMC e reposicione-as novamente). Esta instrução é muito importante para fornecer uma intervenção de terapia domiciliar.

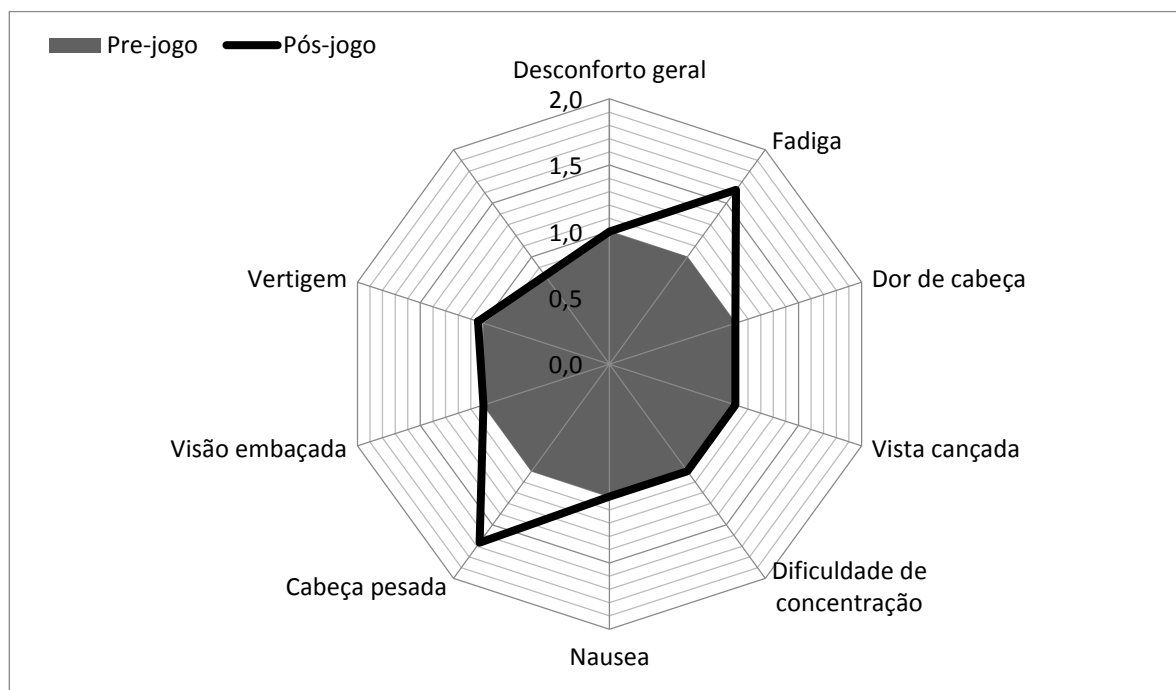


**Figura 6.** Resultado SUS

Segundo relatos da fisioterapeuta que aplicou o teste, pessoas com baixa estabilidade de tronco, ao usar o jogo com o headset Gear VR, precisarão de ajuda do terapeuta para apoiar o equilíbrio do participante, mesmo que ele esteja sentado na cadeira com o apoio de braço. Isso porque um dos participantes (P3) tentou girar o tronco para colocar as mãos no alvo (maçã) e isso foi perigoso a ponto de fazer com que o participante quase caísse da

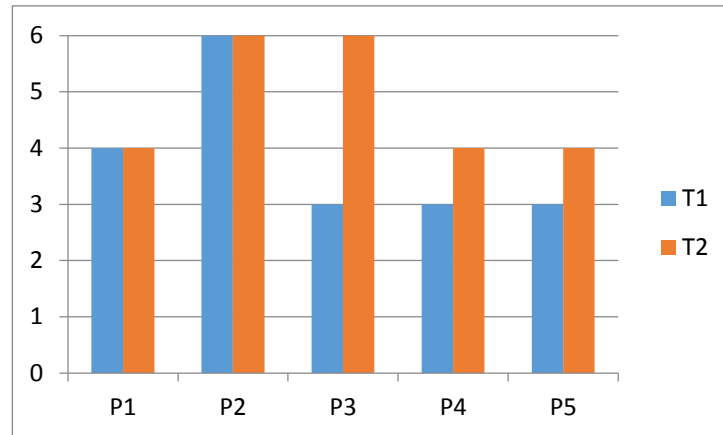
cadeira. Isso mostra que o nível de imersão no jogo é alto, pois o participante não percebeu que quase caiu da cadeira.

A análise do SSQ foi realizada por uma média ponderada das frequências de respostas considerando os escores 1, 2, 3 e 4 para "nenhum", "leve", "moderado" e "grave", respectivamente. Dessa forma, o círculo do raio 1 (Figura 7) indica a menor intensidade possível da escala. Na região de cor cinza, as médias ponderadas dos sintomas relatados pelos participantes são exibidas antes do uso do jogo. Nenhum dos participantes estava sentindo nada no pré-jogo. Para a linha preta, é possível ver um ligeiro aumento nos sintomas "fadiga" e "cabeça pesada", após o teste, pela distância da linha cinza. A fadiga é devido ao cansaço nos braços, porque é necessário permanecer com eles estendidos na mesa virtual para que o LMC detecte corretamente o gesto de pegar e soltar as maçãs nas cestas de frutas. A cabeça pesada ocorreu devido ao uso do Gear VR, pois não estavam acostumados. Apesar do leve desconforto, os participantes disseram que gostariam de continuar usando o dispositivo em outras situações.



**Figura 7.** Resultado SSQ

O nível médio de participação ativa medido com o PRPS saltou de 3,8 na primeira semana de teste (T1) para 4,8 na segunda semana de teste (T2). No entanto, são necessárias mais sessões de teste para verificar se esse sistema projetado realmente ajuda a aumentar o envolvimento dos participantes.



**Figura 8.** Resultado PRPS

#### 4.1. Limitações do LMC integrado ao Gear VR

Durante os testes foi possível notar diversas limitações técnicas com relação ao aparato tecnológico escolhido nesta pesquisa para uso do LMC. O dispositivo LMC pode ser integrado em diversos dispositivos headset como óculos Rift, HTC Vive e Gear VR. Neste estudo, adotamos o Gear VR por ser uma opção relativamente mais barata em comparação com os outros modelos. No entanto, como este dispositivo necessita de um smartphone (modelo Galaxy S8) que funciona como um display de visualização, além de prover feedback dos movimentos da cabeça por meio do giroscópio embutido no aparelho. Para usar este headset é necessário utilizar um software chamado Vridge<sup>1</sup> para transferir as imagens renderizadas no computador para o smartphone. Esse procedimento requer uma rede de WI-FI de 5GHz para garantir uma boa transmissão dos frames das imagens em tempo real. Caso contrário, o jogo pode provocar náuseas no usuário devido aos atrasos inevitáveis entre o movimento físico da cabeça e o computador que responde a esse movimento rastreado (PALMISANO & MURSIC, 2017; LO et al., 2001; HOWARTH & COSTELLO, 1997). O Vridge somente funciona de forma online em uma conta paga, ou seja, é necessário acesso à Internet, com login e senha, e requer obrigatoriamente o uso do ambiente SteamVR para emular o App Oculo<sup>2</sup> (Samsung) e, assim, enviar as imagens do computador para o smartphone. O problema é que os desenvolvedores do Vridge e do App Oculos lançam atualizações constantes, fazendo com que todo o sistema de rede WI-FI gerado especialmente para transmissão das dos frames de imagens tenha que ser reconfigurado manualmente. Apenas pessoas com alto nível de conhecimento técnico é capaz de fazer a atualização e reconstrução da rede WI-FI.

<sup>1</sup> <https://riftcat.com/vridge>

<sup>2</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.oculus.twilight&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.oculus.twilight&hl=pt_BR)

Além disso, foi observado que tanto o LMC quanto o smartphone embutido no Gear VR, quando utilizado em ambientes sem ar-condicionado, esquenta demais e simplesmente desliga automaticamente e sem aviso prévio. Esse problema afeta não somente os pacientes que quiserem realizar a terapia em domicílio, mas também em clínicas ou laboratório que não forneçam essa infraestrutura. O Brasil é um país tropical, onde na maioria do tempo, a temperatura média é elevada, entre 25° e 28°. Abaixo de 25° o LMC apresentou bom desempenho, mas acima de 29° e em ambiente fechado e/ou abafado, o funcionamento do dispositivo é comprometido severamente devido ao superaquecimento, quando utilizado por mais de 15 minutos.

Como trabalhos futuros, pretendemos comparar o desempenho dos nossos jogos sérios integrados ao HTC Vive. Esperamos que com este modelo de headset, os problemas de transmissão das imagens em tempo real sejam superados, uma vez que o dispositivo permite a transmissão direta das imagens do computador para o headset via cabo USB e não via WI-FI, eliminando a necessidade da infraestrutura de rede dedicada.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho buscou desenvolver e testar um jogo sério imersivo com Realidade Virtual, controlado pelo sensor LMC, para treino de função manual de pessoas com deficiência de membro superior. Os testes realizados com os participantes com Paralisia Cerebral permitiu concluir que o jogo tem boa usabilidade, mas que precisa de ajustes, principalmente no que diz respeito aos mecanismos de ajuda (instruções de como jogar) e questões ergonômicas, como vestir o headset VR e manusear o LMC (pensando em quem for utilizar o sistema pela primeira vez). O questionário SSQ indicou que os participantes não apresentaram sintomas graves após exposição no jogo com uso do headset Gear VR, mas sentiram um leve cansaço nos braços devido ao uso de LMC. Podemos supor que o tempo de uso do jogo, cerca de 6 minutos, alternando as mãos entre as etapas, possa ser adequado para a realização de um protocolo semelhante em casa, mas um estudo com maior número de participantes deve ser realizado para comprovar essa hipótese.

Apesar das limitações técnicas para uso do LMC integrado ao Gear VR, observamos que o dispositivo foi capaz de rastrear a mão prejudicada dos participantes, indicando que mais soluções para essa população podem ser desenvolvidas. Como trabalho futuro, após ajustes no jogo, serão realizadas avaliações com os mesmos pacientes para avaliar o ganho motor após um protocolo de teste de 12 semanas. Estamos desenvolvendo mais três jogos para que os pacientes não fiquem entediados em usar o mesmo jogo em todas as sessões. A ideia é alternar os dias com cada jogo semelhante ao apresentado.

## REFERÊNCIAS

AFYOUNI, Imad et al. Motion-based serious games for hand assistive rehabilitation. In: Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces Companion. ACM, 2017. p. 133-136.

BERNHARDT, Julie et al. Inactive and alone: physical activity within the first 14 days of acute stroke unit care. *Stroke*, v. 35, n. 4, p. 1005-1009, 2004.

BROOKE, J. SUS-A Quick and Dirty Usability Scale. Reading, UK: Digital Equipment Co Ltd; 1996. 2017.

BUTT, Abdul Haleem et al. Leap motion evaluation for assessment of upper limb motor skills in Parkinson's disease. In: 2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR). IEEE, 2017. p. 116-121.

CAMILO, Ruiz et al. Addressing Motivation Issues in Physical Rehabilitation Treatments Using Exergames. In: Colombian Conference on Computing. Springer, Cham, 2018. p. 459-470.

DE OLIVEIRA, Juliana M. et al. Novel virtual environment for alternative treatment of children with cerebral palsy. *Computational intelligence and neuroscience*, v. 2016, 2016.

DÖRNER, Ralf et al. *Serious Games*. Springer International Publishing, 2016.

ELVRUM, Ann-Kristin G. et al. Development and validation of the both hands assessment for children with bilateral cerebral palsy. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, v. 38, n. 2, p. 113-126, 2018.

HERSH, Marion; LEPORINI, Barbara. Serious Games for the Rehabilitation of Disabled People: Results of a Multilingual Survey. In: International Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques. Springer, Cham, 2016. p. 98-115.

HOWARTH, P. A.; COSTELLO, P. J. The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, v. 18, n. 2, p. 107-116, 1997.

IOSA, Marco et al. Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study. *Topics in stroke rehabilitation*, v. 22, n. 4, p. 306-316, 2015.

KENNEDY, Robert S. et al. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, v. 3, n. 3, p. 203-220, 1993.

LENZE, Eric J. et al. The Pittsburgh Rehabilitation Participation Scale: reliability and validity of a clinician-rated measure of participation in acute rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 85, n. 3, p. 380-384, 2004.

LO, W. T.; SO, Richard HY. Cybersickness in the presence of scene rotational movements along different axes. *Applied ergonomics*, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2001.

MONBALIU, Elegast et al. Clinical presentation and management of dyskinesic cerebral palsy. *The Lancet Neurology*, v. 16, n. 9, p. 741-749, 2017.

MONTEIRO-JUNIOR, Renato Sobral et al. Virtual Reality–Based Physical Exercise With Exergames (PhysEx) Improves Mental and Physical Health of Institutionalized Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, v. 18, n. 5, p. 454. e1-454. e9, 2017.

PALMISANO, Stephen; MURSIC, Rebecca; KIM, Juno. Vection and cybersickness generated by head-and-display motion in the Oculus Rift. *Displays*, v. 46, p. 1-8, 2017.

PYAE, Aung et al. Serious games and active healthy ageing: a pilot usability testing of existing games. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, v. 16, n. 1, p. 103-120, 2016.

SAINI, Sanjay et al. A low-cost game framework for a home-based stroke rehabilitation system. In: 2012 International Conference on Computer & Information Science (ICIS). IEEE, 2012. p. 55-60.

SANCHEZ, Veronica Lizeth Amado et al. BeeSmart: A Gesture-Based Videogame to Support Literacy and Eye-Hand Coordination of Children with Down Syndrome. In: International Conference on Games and Learning Alliance. Springer, Cham, 2017. p. 43-53.

TARAKCI, Ela et al. Leap Motion Controller-based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial. *Journal of Hand Therapy*, 2019.

WANG, Zun-rong et al. Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. *Neural regeneration research*, v. 12, n. 11, p. 1823, 2017.

ZHANG, Linlin et al. Leap Motion for Telerehabilitation: A Feasibility Study. In: International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications. Springer, Cham, 2018. p. 213-223.

ZHU, Gaoxia et al. A series of leap motion-based matching games for enhancing the fine motor skills of children with autism. In: 2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE, 2015. p. 430-431.

**Contatos:** zuchi25@gmail.com, anagras@gmail.com