

# Aprimorando a experiência do usuário em um jogo de Realidade Virtual para pessoas com comprometimento nos membros superiores

Barbara Sabrina Herrera Monje de Castro<sup>1</sup>, Alberto Barbosa Raposo<sup>1,2</sup>,  
Greis F. M. Silva-Calpa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

<sup>2</sup> Instituto TecGraf – PUC-Rio  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

barbarasabrinaherrera@gmail.com, abraposo@tecgraf.puc-rio.br,  
greis@tecgraf.puc-rio.br

**Abstract.** *This work presents the redesign of a virtual reality (VR) game for people with upper limb impairment. The game allows direct interaction with hands and performs four therapeutic movements indispensable in rehabilitation, although it had usability problems. The proposed redesign includes improvements identified in research with users related to game mechanics, the scenario, gameplay, movements and VR devices. Results show that players felt more motivated, reported that the environment is pleasant, with uncomplicated instructions and the execution of movements is easier without causing pain throughout their interaction.*

**Keywords—** *virtual reality environments, serious games, physical therapy*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta o redesign de um jogo em realidade virtual (RV) para pessoas com comprometimento nos membros superiores. O jogo permite a interação direta com as mãos e executa quatro movimentos terapêuticos indispensáveis na reabilitação, porém apresentou problemas de usabilidade. O redesign inclui melhorias identificadas em pesquisa com usuários relacionadas à mecânica do jogo, ao cenário, jogabilidade, movimentos e dispositivos de RV. Resultados evidenciam que os jogadores se sentiram mais motivados, relataram que o ambiente é agradável, com instruções descomplicadas e a execução dos movimentos está mais fácil sem causar dor durante toda a sua interação.*

**Palavras-Chave—** *ambientes de realidade virtual, jogos sérios, fisioterapia*

## 1. Introdução

A realidade virtual (RV) permite criar ambientes fictícios e interativos, semelhantes à realidade [Tori et al. 2018], onde o usuário pode experimentar sensações de imersão e de estar presente utilizando dispositivos como o HMDs (Head Mounted Display) [Pinho 2018]. Existem também ambientes de RV não imersiva, onde o usuário visualiza imagens 3D em um equipamento externo, como um monitor. Ambientes em RV, tanto imersivos quanto não imersivos, têm sido usados na reabilitação, mostrando que são uma estratégia favorável para o processo terapêutico dos pacientes [Juan et al. 2023], [Hao et al. 2023].

Na terapia de membros superiores, o uso de ambientes em RV evidencia a necessidade de incluir dispositivos apropriados ou técnicas de interação para que os usuários possam interagir facilmente com os elementos virtuais. Nesse sentido, [Juan et al. 2023] e [Meireles et al. 2020] propuseram um jogo em RV que permite a interação direta com as mãos, usando o sensor Leap Motion para o rastreamento das mãos e um óculos RV para a visualização do mundo virtual.

O jogo proposto por [Meireles et al. 2020], consiste em um mundo de magia, onde o usuário interagindo em primeira pessoa (i.e. ele visualiza apenas suas mãos no mundo virtual) deve defender-se de inimigos lançando feitiços sobre eles. Os inimigos são cubos, que enviam ataques ao usuário, em forma de figuras esféricas. Os feitiços são lançados ao realizar 4 movimentos distintos: abrir e fechar o punho, prono-supinação do pulso, flexão do punho e flexão de dedos. Os autores realizaram uma avaliação com cinco (5) usuários e identificaram que o jogo foi capaz de entreter pessoas que não eram o público-alvo da aplicação. No entanto, mencionam problemas na detecção dos movimentos e afirmam que mesmo os usuários saudáveis tiveram dificuldade em executar a flexão de pulso e a flexão de dedos. Dentre os cinco (5) participantes, três (3) relataram dores na mão após a interação com o jogo.

Em vista disso e aproveitando os aspectos favoráveis da temática do jogo, a interação direta com as mãos e o uso de movimentos terapêuticos, este trabalho visa re-desenhar e reprogramar um jogo desde uma perspectiva centrada no usuário. A intenção é que o jogo reprojeto permita ao usuário executar bem os movimentos, se manter entretido, motivado e, principalmente, que a sua evolução/progresso não seja comprometida e nem lhe cause dor.

## **2. Estudos Relacionados**

Diversos estudos na literatura destacam a relevância de jogos em RV nos tratamentos terapêuticos, como auxílio às terapias físicas e cognitivas de pacientes. No estudo [Hao et al. 2023], os autores comparam os efeitos do uso de RV imersiva, RV não imersiva, do console de videogame e da terapia convencional em pacientes com AVC e concluem após ensaios clínicos com 813 pacientes que a RV imersiva é a mais eficaz na melhoria da função dos membros superiores.

O estudo de [Juan et al. 2023], utilizou o Oculus Quest 2 em uma aplicação que realiza a execução de três movimentos terapêuticos: levantar a mão, levar a mão à boca e abrir/fechar a mão. Os autores [Juan et al. 2023] avaliaram a aplicação com 28 participantes e concluíram que a maioria prefere utilizar as mãos para interagir com a aplicação.

Finalmente, podemos confirmar a importância da RV imersiva no estudo [Macêdo 2022], onde os autores fazem uso de um óculos de RV (VR Box 2.0) e um smartphone em um ambiente de RV composto por uma trave de gol, onde o paciente deve arremessar a bola com o membro superior em direção ao gol. O autor menciona a satisfação positiva dos usuários, destacando que o recurso de RV pode ser utilizado por profissionais da saúde em processos de reabilitação.

### 3. Redesign do jogo

Em um estudo prévio [Castro et al. 2022], realizamos uma avaliação do jogo proposto por [Meireles et al. 2020] envolvendo sete participantes. A partir desse estudo, identificamos aspectos a serem aprimorados e que utilizamos no redesign do jogo, descrito a seguir.



**Figura 1.** O ambiente do jogo redesenhado (à esq.) e o ambiente do jogo criado por [Meireles et al. 2020] (à dir.).

**O cenário e o inimigo:** Foi selecionado um ambiente mais rico em detalhes que contribuísse para a imersão. Utilizamos o asset Low Polytope Studio da loja Unity (<https://assetstore.unity.com/>) que apresenta um ambiente em meio à natureza, com uma ponte, um riacho e uma pequena trilha convidativa para o usuário explorar.

No jogo base o inimigo causou confusão aos jogadores pois não tinham clareza de quem enfrentavam. No jogo reprojetoado o inimigo foi alterado para o RPG Monster Duo PBR Polyart, que é uma tartaruga com espinhos no casco (Figura 2).



**Figura 2.** O inimigo do jogo reprojetoado (à dir.) e do jogo de [Meireles et al. 2020] (à esq.).

**Os movimentos e o tutorial:** Na versão reprojetoada, cada fase realiza apenas um movimento e inclui um vídeo tutorial com um texto explicativo da execução do mesmo com o intuito de aumentar a clareza e o entendimento. O vídeo é ativado antes de cada fase e não possui limite de tempo para treinar o movimento. Para dispensar o tutorial, o jogador faz uma pose de aprovação (polegar levantado),

iniciando a fase atual do jogo.

**A captação dos movimentos:** Para melhorar a experiência do usuário e permitir um espaço livre de obstáculos, foi removido o sensor de movimento Leap Motion, mantendo apenas o uso do óculos Meta Quest 2 para o rastreamento das mãos. Com relação às mãos, o jogador passou a ter uma visão mais próxima à realidade, quando comparada à forma esquelética que o Leap Motion oferecia (Figura 3).



**Figura 3.** Visualização da magia na fase 3 na versão reprojetoada (à esq) e no jogo base [Meireles et al. 2020] (à dir).

**Aspectos de jogabilidade:** Foram realizadas modificações, como diferentes efeitos e magias para cada fase. No jogo reprojetoado, não há a necessidade de direcionar a magia, o jogador precisa apenas executar o movimento corretamente para ativar o efeito (feitiço) e causar dano no inimigo. Os vilões estão no campo de visão do jogador, permitindo que ele esteja focado em realizar os movimentos. Destaca-se que todos os Assets utilizados neste trabalho

foram obtidos de forma gratuita.

**Regras e Pontuação:** Cada fase possui um movimento, um tempo de duração, um poder ativado, uma quantidade de inimigos, um intervalo de aparecimento dos ini-

migos e o dano causado a cada frame enquanto o poder estiver ativo: **Fase 1** - prono-supinação do pulso; 15 segundos; o escudo fica ativo por 3 segundos; 2 inimigos; 5 segundos; 0 de dano; **Fase 2** - abrir e fechar o punho; 30 segundos; poder do raio; 3 inimigos; 9 segundos; 0.5 de dano; **Fase 3** - flexão de pulso; 45 segundos; poder do vento; 4 inimigos; 9 segundos; 0.75 de dano; **Fase 4** - flexão dos dedos; 60 segundos; poder do gelo; 5 inimigos; 10 segundos; 1.0 de dano. O jogador e os inimigos iniciam o jogo com 100 pontos de vida. O dano que o inimigo causa no jogador é de 5 pontos, em apenas um ataque bem sucedido. Ele difere do ataque do jogador, que ocorre por frame, causando dano ao inimigo enquanto a magia estiver ativa.

O jogo foi desenvolvido na plataforma Unity, usando o Visual Studio Community. Para a interação do usuário com o jogo, utilizamos o Oculus Meta Quest 2.

## 4. Avaliação

### 4.1. Participantes

ID	Idade	Gênero	Nível Escolar
E01	22	F	Superior Incompleto
E02	22	M	Superior Incompleto
E03	37	F	Superior Incompleto
E04	37	F	Superior Completo
E05	38	F	Superior Completo
E06	31	M	Superior Completo
E07	23	F	Superior Completo
E08	20	M	Superior Incompleto
E09	31	M	Superior Completo
E10	35	F	Superior Incompleto

**Figura 4.** Perfil dos participantes.

Participaram deste trabalho 10 pessoas (Tabela 4) com idades entre 20 e 40 anos. Dentre estes, E01, E02 e E03 participaram previamente no estudo [Castro et al. 2022]. Os participantes<sup>1</sup> E04 a E10, precisaram ser submetidos ao teste com o jogo base [Meireles et al. 2020] antes de interagirem com o jogo reprojeto.

### 4.2. Procedimento

Cada pessoa compareceu presencialmente ao Instituto Tecgraf/PUC-Rio para a realização dos testes. Antes de cada teste, cada participante assinou um TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) que tratou dos aspectos éticos envolvidos na avaliação do jogo, bem como o consentimento para gravação de áudio e vídeo para fins de pesquisa.

Cada participante definia a área de interação com o jogo reprojeto usando o Oculus Meta Quest 2. Após o teste, os participantes responderam um conjunto de perguntas projetadas para avaliar subjetivamente: as melhorias realizadas no jogo, o interesse no jogo, a execução dos movimentos, a interação, a experiência e o ambiente do jogo.

### 4.3. Resultados

**O cenário e os inimigos:** No jogo reprojeto, os participantes identificaram, com clareza, o inimigo. Os entrevistados destacaram que o ambiente estava mais agradável e real, incluindo o aspecto das mãos do jogador (Figura 3).

**Movimentos e tutorial:** Os entrevistados sentiram uma diferença na execução dos movimentos. Os participantes comentaram que o jogo base não possuía instruções claras e alguns deles não conseguiram perceber que a TV do jogo de [Meireles et al.

<sup>1</sup>EXX = Entrevistado/Participante nº XX do teste/avaliação. MXX = Movimento nº XX do jogo.

2020] era o tutorial. No jogo reprojetoado, os usuários puderam testar os movimentos e sentiram as instruções descomplicadas.

**Captação dos movimentos:** No jogo [Meireles et al. 2020], foi citado um problema na detecção dos movimentos de flexão de dedos pelo sensor Leap Motion. No jogo reprojetoado, o mesmo movimento (fase 4), continuou sendo desafiante. Percebeu-se que a detecção de movimento pelo Meta Quest 2 é afetado pela conexão Wi-Fi, pela luminosidade, pela posição da mão e dos dedos.

**Jogabilidade:** Os entrevistados se sentiram mais motivados a jogar a versão reprojetoada: *"O jogo 2, imbatível! Imbatível em relação ao jogo 1... em relação à explicação, à clareza, no jogo 2 fenômeno, sensacional, nem tenho o que dizer, o que acrescentar ... até os bichinhos mudam, ficam cascudos, ficam espinhosos,... os bichinhos mudam de lado, impecável! O jogo 2, muito bom! Ficaria ali jogando até vencer!"*(E04).

Os usuários manifestaram que, em sua maioria, se sentiram bem entretidos (E02, E06, E07 e E10), muito bem entretidos (E01, E05, E08, E09) ou extremamente entretidos (E03 e E04). Destaca-se que nenhum dos participantes relatou sentir dor após a interação com o jogo, que foi um problema relatado nos testes com o jogo de [Meireles et al. 2020].

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi apresentada uma versão melhorada e reprojetoada de um jogo desenvolvido com o intuito de auxiliar no tratamento de pessoas com comprometimento dos membros superiores.

Objetivou-se um jogo que motivasse o usuário a executar uma série de movimentos, utilizados na terapia convencional de reabilitação. Foram feitas alterações no cenário relacionado ao ambiente, aos inimigos, às magias ativadas pela correta execução dos movimentos, aos tutoriais das fases e à remoção do sensor externo que limitava a interação do usuário com o jogo.

A avaliação final evidenciou que os jogadores se sentem mais motivados com o novo jogo em RV (Hand Rehab 2), que os movimentos ficaram mais fáceis de executar, o ambiente ficou mais agradável, as instruções ficaram descomplicadas e nenhum dos participantes relatou qualquer dor durante toda a interação com o jogo.

Como trabalhos futuros, deseja-se realizar testes em pacientes com comprometimento leve nos membros superiores. É possível também melhorar a versão desenvolvida, incluindo nível do jogo, seleção da mão para a execução dos movimentos, inclusão de novos ambientes e inimigos.

## Referências

- [Castro et al. 2022] Castro, B., Silva-Calpa, G., and Raposo, A. (2022). Avaliação de um jogo em realidade virtual para usuários com comprometimento nos membros superiores. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1381–1385, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Hao et al. 2023] Hao, J., He, Z., Yu, X., and Remis, A. (2023). Comparison of immersive and non-immersive virtual reality for upper extremity functional recovery in patients with stroke: A systematic review and network meta-analysis. *Neurological Sciences*, pages 1–19.

- [Juan et al. 2023] Juan, M.-C., Elexpuru, J., Dias, P., Santos, B. S., and Amorim, P. (2023). Immersive virtual reality for upper limb rehabilitation: comparing hand and controller interaction. *Virtual Reality*, 27(2):1157–1171.
- [Macêdo 2022] Macêdo, L. P. G. d. (2022). Uso da realidade virtual na reabilitação de membro superior em pacientes pós-avc. Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco.
- [Meireles et al. 2020] Meireles, P. S., Silva-Calpa, G. F. M., and Raposo, A. B. (2020). Exploring direct user-interaction techniques in a virtual reality game for people with hand impairments. *SBC - Proceedings of SBGames*.
- [Pinho 2018] Pinho, M. S. (2018). Interação em ambientes virtuais imersivos. *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*.
- [Tori et al. 2018] Tori, R., Hounsell, M. d. S., and Kirner, C. (2018). Realidade virtual. *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. [Internet]. Porto Alegre: Editora SBC, pages 9–25.