

Adaptação automática de jogos sérios usando Realidade Virtual: impacto de personagens não jogáveis na experiência do usuário em fisioterapia

Matheus O. Lêu¹, Fátima L. S. Nunes¹

¹Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) – Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo – SP – Brasil
matheus.leu@usp.br, fatima.nunes@usp.br

Abstract. *This work presents a study on the use of adaptive NPCs in serious Virtual Reality games for physiotherapy. A preliminary investigation was conducted using the game ThrowThingsVR, which incorporates an NPC with basic functions for guiding and encouraging users. The study involved practical sessions with participants and interviews with physiotherapists. Results indicate that the presence of the NPC positively contributed to the user experience, although adjustments are necessary to avoid potential interference with performance. The experts' evaluation highlighted the therapeutic potential of the system and provided suggestions for improvement. These findings will serve as the foundation for the development of the final version of the game and the research, which will include an adaptive NPC and be tested with real patients in clinical settings.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma pesquisa sobre o uso de NPCs adaptativos em jogos sérios de Realidade Virtual voltados à fisioterapia. Para isso, foi desenvolvido um estudo preliminar utilizando o jogo ThrowThingsVR, que incorpora um NPC com funções básicas de orientação e encorajamento aos usuários. O estudo compreendeu sessões práticas com participantes e entrevistas com fisioterapeutas. Os resultados indicam que a presença do NPC contribuiu positivamente para a experiência dos usuários, embora sejam necessários ajustes para evitar possíveis interferências no desempenho. A avaliação dos especialistas destacou o potencial terapêutico do sistema e forneceu sugestões de aprimoramento. Esses dados servirão de base para o desenvolvimento da versão final do jogo e da pesquisa, que contemplarão um NPC adaptativo e serão avaliados com pacientes reais em contexto clínico.*

1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) pode ser compreendida como um ambiente tridimensional interativo [Jerald 2018]. Trata-se de uma ferramenta valiosa no contexto de várias áreas de aplicação, pois oferece *feedback* visual imediato, podendo atuar como um estímulo motivacional para os pacientes [Schiavinato et al. 2001]. Além disso, permite a realização de sessões remotas, favorecendo a continuidade do tratamento [Quayson et al. 2024].

Jogos sérios constituem uma categoria de jogos cujo objetivo principal não é o entretenimento, mas propiciar algum aprendizado ou aquisição de habilidades, muito útil em contextos como a educação ou terapias de reabilitação [Blackman 2005]. Essa abordagem busca utilizar as vantagens do entretenimento proporcionado pelo jogo para ajudar a

engajar usuários em tarefas que muitas vezes são consideradas entediantes. Quando aplicados à reabilitação, esses jogos podem ser personalizados e adaptados às capacidades dos pacientes, aumentando a eficácia do tratamento [Leal et al. 2020].

O uso de elementos sociais, como jogos cooperativos ou competitivos, pode contribuir significativamente para a motivação dos jogadores em jogos sérios [Novak et al. 2014]. Nesse mesmo contexto, personagens não-humanos – como os *Non-Playable Characters* (NPCs) – também assumem um papel relevante ao atuarem como agentes sociais, substituindo a necessidade de outro jogador. Esses personagens contribuem para o envolvimento emocional do jogador, o que promove a sensação de envolvimento, tornando a interação mais confortável e natural [Freeling et al. 2022].

Jogos sérios podem trazer benefícios em diversos aspectos para a área de saúde. Em particular, tais benefícios podem ser relevantes na fisioterapia, que é uma ciência da área da saúde que estuda, previne e trata distúrbios funcionais nos órgãos e sistemas do corpo humano, causados por alterações genéticas, traumas ou doenças [COFFITO 2004]. O uso de jogos sérios nesse contexto pode contribuir para aumentar o engajamento do paciente durante a terapia para reabilitação, tornando o tratamento mais dinâmico e motivador [Novak et al. 2014].

O principal objetivo dessa pesquisa é desenvolver um jogo sério voltado para a fisioterapia que incorpore NPCs adaptativos como elementos sociais, além de propor uma abordagem para avaliar os efeitos dessa adaptação na experiência dos jogadores. Para isso, será realizado um estudo de caso com sessões de jogo, nas quais serão analisados os impactos desses elementos sociais por meio de métricas de desempenho e da percepção dos usuários, buscando compreender como esses fatores podem contribuir para a motivação e a eficácia do tratamento.

2. Metodologia

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas bases ACM Digital Library [ACM Digital Library 2024], IEEE Xplore [IEEE Xplore 2024] e PubMed [PubMed 2024], com foco no uso de jogos sérios em RV para reabilitação motora, especialmente no que diz respeito ao engajamento dos pacientes. A busca foi realizada utilizando uma combinação entre os seguintes termos:

1. “engagement” OR motiv* OR “satisfaction”
2. “game*” OR “software” OR “application”
3. “rehabilitation” OR “recovery” OR “improve movement”
4. “virtual reality” OR “augmented reality” OR “mixed reality” OR “extended reality” OR “vr” OR “ar” OR “mr” OR “xr” OR “serious games” OR “somatosensory games”.

Foram incluídos para extração de dados estudos que utilizaram jogos para reabilitação e analisaram o engajamento dos pacientes, enquanto foram excluídos trabalhos fora da área da saúde, que não envolviam RV, não detalhavam métodos de avaliação, não estavam em inglês ou português, eram revisões ou não testavam com usuários. Ao todo, 45 artigos foram selecionados.

A análise dos resultados da revisão evidenciou a presença recorrente de elementos sociais, com destaque para dinâmicas competitivas e cooperativas, tanto com outros jogadores quanto com NPCs. No entanto, a maioria dos estudos concentrou-se nas interações

entre humanos, indicando uma lacuna e uma oportunidade para investigações que explorem mais profundamente a influência dos NPCs no engajamento dos usuários e no desempenho em sessões de fisioterapia.

Com base nos resultados da revisão, foi conduzido um estudo preliminar para investigar a influência de um NPC na experiência do jogador em um ambiente de RV. Para isso, foi desenvolvido o jogo *ThrowThingsVR*, um jogo de arremesso com o objetivo de derrubar latas, desenvolvido especificamente para avaliar os efeitos do NPC nos jogadores, investigando se sua presença teria impacto positivo ou negativo na experiência de jogo. Os participantes jogaram dois modos: um sem assistência e outro com a presença do NPC Foxy, uma raposa que oferece dicas contextuais durante o jogo e comemora os acertos do jogador, atuando como um elemento social de apoio. Cada sessão teve duração máxima de 90 segundos. A Figura 1 ilustra a personagem Foxy interagindo com o jogador.



Figura 1. À esquerda, o NPC Foxy se apresentando. À direita, Foxy pulando em comemoração à pontuação do jogador.

O experimento foi conduzido utilizando o HMD *Meta Quest 2* e seus controles *Meta Quest Touch*, com o jogo *ThrowThingsVR* compilado para *Android*, permitindo sua execução diretamente no dispositivo, sem a necessidade de computador. Os participantes recebiam um guia introdutório com instruções básicas do jogo e tinham um tempo livre para se familiarizar com os controles. Em seguida, realizavam duas sessões: uma com a presença do NPC Foxy e outra sem, em ordem alternada. Ao final de cada sessão, os participantes responderam a um questionário com itens selecionados do *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI) [Ryan 1982] – com a opção de revisar ou manter as respostas da primeira sessão após a segunda sessão –, que avaliava aspectos de diversão e desempenho, além de um questionário desenvolvido especificamente para avaliar a experiência com o NPC ao final da segunda sessão.

Participaram desse estudo 12 voluntários saudáveis, com idade média de $26,66 \pm 3,82$ anos. Seis se identificaram como homens, quatro como mulheres, um como não-binário e um como fluido. Todos tinham, no mínimo, ensino superior em andamento; 92% relataram experiência prévia com jogos, embora apenas 33% tivessem usado dispositivos de RV, e nenhum com frequência significativa. Os participantes foram divididos em dois grupos conforme o botão definido para iniciar a primeira sessão: grupo vermelho (começava sem o NPC) e grupo azul (começava com o NPC).

Além desse experimento com jogadores, foi conduzido um segundo estudo com quatro fisioterapeutas convidados para avaliar o jogo. Após uma breve introdução ao sistema e aos controles, cada especialista utilizou o jogo livremente por cerca de 5 minu-

tos, com a presença do NPC Foxy. Em seguida, foi realizada uma entrevista abordando seis elementos: aplicabilidade clínica, relevância dos comandos do NPC, potencial de adesão do paciente, usabilidade e fluxo terapêutico, carga cognitiva e necessidades de personalização.

3. Resultados Preliminares

Nesta seção, apresentamos a análise dos dados coletados nos experimentos com o jogo ThrowThingsVR, incluindo o desempenho dos participantes nas sessões com e sem o NPC Foxy, bem como a avaliação subjetiva da experiência por meio dos questionários. Também são discutidos os feedbacks dos fisioterapeutas que avaliaram a aplicação.

3.1. Análise Quantitativa de Desempenho

Na comparação entre as sessões de jogo, que pode ser vista na Figura 2, observou-se um aumento geral nas pontuações dos participantes, de $48,83 \pm 26,01$ para $55,16 \pm 24,01$ pontos, o que pode ser atribuído à familiarização com os controles e estratégias do jogo. No entanto, sessões com o NPC Foxy apresentaram desempenho médio inferior ($45,08 \pm 26,65$) em relação às sessões sem o personagem ($58,91 \pm 21,46$), embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa (teste de Wilcoxon, $p = 0,1394$). Três participantes relataram distração causada pela presença do NPC, o que pode ter impactado negativamente os resultados.

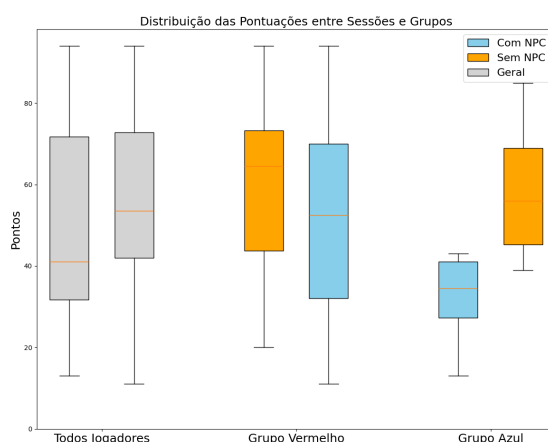


Figura 2. Distribuição das pontuações médias ao longo das sessões. Na categoria “Todos Jogadores”, as barras indicam o desempenho na Rodada 1 e Rodada 2 ($n = 12$), sem diferenciar a presença do NPC. Nas categorias dos grupos Vermelho e Azul, as pontuações são diferenciadas por condição (com NPC e sem NPC, $n = 6$ por grupo).

3.2. Análise dos Questionários

As respostas do questionário IMI indicaram uma leve melhora na percepção da experiência durante a sessão com o NPC Foxy, especialmente nos itens referentes a diversão e experiência de jogo. Por outro lado, itens relacionados à performance apresentaram avaliações mais neutras ou negativas, sugerindo que o NPC pode ter reduzido a autopercepção de desempenho dos jogadores durante a tarefa, refletindo os resultados analisados em 3.1.

Cinco participantes – todos pertencentes ao grupo que interagiu com o NPC apenas na segunda sessão – optaram por revisar suas respostas do IMI após a segunda sessão de jogo. As alterações nas respostas indicaram uma tendência de melhora na avaliação da experiência subjetiva, acompanhada de uma ligeira diminuição na autopercepção do desempenho. Os outros sete participantes optaram por manter as respostas da primeira sessão de jogo.

A análise das respostas do questionário de experiência com o NPC revelou que o grupo que teve contato com Foxy somente na segunda sessão (grupo vermelho) apresentou respostas significativamente mais favoráveis em todos os itens avaliados, possivelmente em decorrência do efeito surpresa associado à sua aparição apenas na segunda sessão de jogo. Embora a maioria dos participantes tenha indicado que a presença do NPC não contribuiu positivamente no desempenho, uma parcela expressiva demonstrou preferência pela versão do jogo que incluía o NPC, inclusive entre aqueles que relataram distração causada pelo personagem. Esses resultados sugerem que a interação com um NPC em ambiente imersivo exerce um impacto positivo na experiência subjetiva dos usuários.

3.3. Análise com Especialistas

Na avaliação com especialistas, a experiência imersiva da RV foi destacada como um aspecto positivo. Os comandos do NPC foram considerados adequados e coerentes com práticas terapêuticas, embora tenha sido apontada a falta de orientações mais específicas de movimento. A comunicação do NPC foi avaliada como equilibrada e não invasiva. Por fim, sugeriu-se a inclusão de comandos de voz e opções de personalização do NPC. De modo geral, houve consenso de que o jogo desenvolvido é promissor e que, com alguns ajustes, pode ajudar no engajamento dos pacientes em contextos de fisioterapia.

4. Limitações

O estudo preliminar foi realizado apenas com usuários saudáveis, o que limita a generalização dos resultados para pacientes em reabilitação. Além disso, a dinâmica competitiva com limite de tempo interferiu na interação dos participantes com o NPC.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou uma pesquisa sobre o uso de NPCs adaptativos em jogos sérios voltados à fisioterapia. Para isso, foi elaborado um estudo preliminar com um NPC não adaptativo, com o objetivo de avaliar os efeitos do NPC com os usuários. A análise dos dados sugere que a presença de um NPC pode contribuir positivamente para a experiência do usuário, embora seja necessário que o contexto do jogo seja adequadamente ajustado para evitar interferências negativas na execução da tarefa. A avaliação realizada por especialistas indicou que o jogo desenvolvido é promissor, ressaltando aspectos específicos que devem ser aprimorados em versões futuras.

Os *feedbacks* e dados obtidos neste experimento servirão de base para o desenvolvimento de uma versão final do jogo e da pesquisa, incorporando um NPC adaptativo. Essa nova versão será submetida a avaliações com fisioterapeutas e pacientes em contextos reais de reabilitação física.

Referências

- ACM Digital Library (2024). Acm digital library. Disponível em <https://dl.acm.org>. Acessado em junho de 2024.
- Blackman, S. (2005). Serious games...and less! *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 39(1):12–16.
- COFFITO (2004). Formação acadêmica e profissional. Acessado em: 05/07/2024 às 17:00.
- Freeling, B., Lécuyer, F., and Capobianco, A. (2022). Petting a cat helps you incarnate the avatar: Influence of the emotions over embodiment in vr. In *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pages 141–149.
- IEEE Xplore (2024). Ieee xplore digital library. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org>. Acessado em junho de 2024.
- Jerald, J. (2018). *What is Virtual Reality*. Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool.
- Leal, A. F., da Silva, T. D., Lopes, P. B., Bahadori, S., de Araújo, L. V., da Costa, M. V. B., de Moraes, Í. A. P., Marques, R. H., Crocetta, T. B., de Abreu, L. C., and Monteiro, C. B. M. (2020). The use of a task through virtual reality in cerebral palsy using two different interaction devices (concrete and abstract) - a cross-sectional randomized study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1):59.
- Novak, D., Nagle, A., and Riener, R. (2014). Can two-player games increase motivation in rehabilitation robotics? In *2014 9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 447–454.
- PubMed (2024). Pubmed. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>. Acessado em junho de 2024.
- Quayson, B. P., Hough, J., Boateng, R., Boateng, I. D., Godavarthy, R., and Mattson, J. (2024). Telehealth for rural veterans in the united states: A systematic review of utilization, cost savings, and impact of covid-19. *Societies*, 14(12):264.
- Ryan, R. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43:450–461.
- Schiavinato, A., Machado, B., Pires, M., and Baldan, C. (2001). Influência da realidade virtual no equilíbrio de paciente portador de disfunção cerebelar. *Revista Neurológicas*, 19:119–127.