

**Contribuição dos autores:** NSC delineamento do estudo, coleta de dados, discussão dos achados, tabulação e redação do manuscrito. TDS delineamento do estudo, discussão dos achados, orientação do projeto e elaboração do manuscrito.

**Contato para correspondência:**

Thiago Domingues Stocco

**E-mail:**

thiago.stocco@ub.edu.br

**Conflito de interesses:** Não

**Financiamento:** Não há

**Recebido:** 18/02/2021

**Aprovado:** 24/01/2023



# Realidade virtual como recurso terapêutico na reabilitação ortopédica e traumatológica

## *Virtual reality as a therapeutic resource in orthopedic and traumatological rehabilitation*

Natalia Souto Carneio<sup>1</sup>; Thiago Domingues Stocco<sup>2</sup>

### RESUMO

**Introdução:** A realidade virtual (RV) como abordagem na reabilitação consiste na criação de um ambiente totalmente virtual, tridimensional, onde o paciente interage através de estímulos visuais, táteis, auditivos e sensoriais, recriando o máximo da realidade possível. Nas duas últimas décadas houve um aumento da utilização da RV na reabilitação ortopédica e traumatológica devido ao seu potencial quanto à segurança e eficácia quando integrada à prática clínica como recurso terapêutico. **Objetivo:** Analisar as evidências na literatura científica do uso da RV como ferramenta central ou adjuvante na reabilitação de pacientes com problemas traumato-ortopédicos. **Métodos:** Trata-se de uma revisão de literatura integrativa de artigos científicos, sem restrição de data ou idioma, indexados nas bases de dados MEDLINE, PEDro, SciELO e LILACS, que abordaram o papel da RV como recurso terapêutico em lesões ortopédicas e traumatológicas. **Resultados:** A análise foi desenvolvida utilizando 15 ensaios clínicos randomizados que aplicaram a RV em disfunções ortopédicas e traumatológicas no ombro, coluna cervical, coluna lombar, quadril, joelho e tornozelo. Comparado com a fisioterapia tradicional, 2 estudos apresentaram eficácia limitada ou inferior, 7 trabalhos indicaram eficácia superior e 6 apontaram os benefícios da RV apenas como coadjuvante ao tratamento fisioterapêutico. **Conclusão:** A RV é uma abordagem promissora e com potencial aceitável para otimizar os resultados funcionais na reabilitação traumato-ortopédica, ainda que seja necessária a realização de mais estudos clínicos que apontem um consenso sobre a eficácia do método.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual; Modalidades de Fisioterapia; Medicina Física e Reabilitação; Procedimentos Ortopédicos; Sistema Musculoesquelético.

### ABSTRACT

**Introduction:** Virtual reality (VR) as an approach to rehabilitation consists of creating a totally virtual, three-dimensional environment, where the patient interacts through visual, tactile, auditory, and sensory stimuli, recreating as much of the reality as possible. In the last two decades there has been an increase in the use of VR in orthopedic and traumatological rehabilitation due to its potential for safety and efficacy when integrated with clinical practice as a therapeutic resource. **Objective:** To analyze the evidence in the scientific literature on the use of VR as a central or adjuvant tool in the rehabilitation of patients with trauma-orthopedic problems. **Method:** It is a review of the integrative literature of scientific articles, without limitation of data or language, indexed in the MEDLINE, PEDro, SciELO, and LILACS databases, which addressed the role of VR as a therapeutic resource in orthopedic and traumatological injuries. **Results:** An analysis was performed using 15 randomized clinical trials which applied VR in orthopedic and traumatological disorders in the shoulder, cervical spine, lumbar spine, hip, knee and ankle. Compared with traditional physical therapy, 2 studies dissipated or less, 7 studies indicated superior efficacy and 6 pointed out the benefits of VR only as an adjunct to physiotherapeutic treatment. **Conclusion:** The VR is a promising approach and with an acceptable potential to optimize the results obtained in trauma-orthopedic rehabilitation, although it is necessary to carry out more clinical studies that point to a consensus on the effectiveness of the method.

**Keywords:** Virtual Reality; Physical Therapy Modalities; Physical and Rehabilitation Medicine; Orthopedic Procedures; Musculoskeletal System.

### INTRODUÇÃO

A realidade virtual (RV) é uma tecnologia cujo mecanismo consiste na aplicação de uma interface que conecta usuários e realiza uma simulação por meio de sistemas informatizados, cujo principal objetivo é a criação de um mundo totalmente sintético, convencendo o usuário de que aquele local é físico e real. Por meio de

estímulos visuais, auditivos ou somestésicos é possível enganar o cérebro e produzir o efeito simulador desejado<sup>1,2</sup>.

A aplicação da técnica permite três características principais: imersão, interação entre o usuário e a realidade criada e presença, produzindo a sensação de movimento. As abordagens simuladoras podem ser classificadas

como de baixa ou alta fidelidade, dependendo de sua capacidade na exibição das realidades, bem como sua complexidade<sup>3-4</sup>. De acordo com cada sistema são variados os níveis de interação: alguns incluem jogos com desafios e objetivos, premiando o desempenho com pontuações, enquanto outros incluem somente feedback de desempenho visual e auditivo durante exercícios solicitados de maneira específica<sup>5</sup>.

Por volta dos anos 1950 os sistemas de realidade virtual foram criados, e embora sua popularidade principal seja como um acessório de jogo ou console de videogame, nas duas últimas décadas tem sido crescente a aplicação na área da saúde em uma variedade de tarefas clínicas e educacionais, seja em treinamento e simulação da prática profissional, como na reabilitação<sup>6</sup>.

Os avanços mais recentes do mercado e a explosão do interesse em RV se deram graças a lançamentos de interfaces como o *Oculus Rift*, *HTC Vive*, *Microsoft HoloLens*, *Nintendo Wii*, *Gear VR*, *XBOX360™* e sensor *Kinect™* que permitiram ao consumidor experiências de alta qualidade a preços razoáveis<sup>7</sup>. Uma vez que essa tecnologia ganha espaço, os fisioterapeutas passam a ser convocados a adentrar neste campo novo de atuação, até então, menos utilizado pelos profissionais<sup>8</sup>.

Como abordagem na reabilitação, a RV consiste em um ambiente totalmente virtual e tridimensional, no qual o paciente interage através de estímulos visuais, táteis, auditivos e sensoriais, realizando tarefas de alta intensidade e aprendizagem cinemática<sup>9</sup>. Dentre os principais benefícios do uso da RV como recurso terapêutico estão: *feedback* imediato do tratamento aplicado, armazenamento das atividades realizadas pelo computador ou plataforma e grande interatividade. Desta forma, esse recurso pode proporcionar diversão associada à reabilitação em diversas faixa etárias, além de favorecer a melhoria do desempenho físico e cognitivo, aumentando o engajamento e motivação do paciente, tornando a técnica particularmente interessante para os treinamentos<sup>10-11</sup>.

Na reabilitação ortopédica e traumatológica é muito importante que após uma cirurgia ou trauma seja realizado um tratamento bem-sucedido para recuperação da função física afetada. Isso requer a combinação e progressão adequadas de exercícios que auxiliem principalmente na melhora da mobilidade articular e fortalecimento muscular<sup>12</sup>. Diferentes estudos validaram a RV como eficaz para os fins almejados nesse tipo de reabilitação, uma vez que os movimentos podem ser gravados e também pelo fato de ser uma tecnologia não invasiva, podendo ser usada por pacientes com dificuldades de equilíbrio e força, além de servir como estratégia para o manejo da dor<sup>13-14</sup>.

Evidências apresentadas recentemente apontam para o potencial quanto à segurança da realidade virtual como recurso terapêutico por otimizar o aprendizado motor e por poder ser uma alternativa valiosa na prática clínica quando empregada de maneira central ou auxiliar às formas convencionais<sup>15</sup>. No contexto apresentado, o objetivo desta revisão foi analisar, dentro da literatura científica, a eficácia do uso da realidade virtual como ferramenta central ou adjuvante na reabilitação de pacientes com problemas traumato-ortopédicos. Adicionalmente, também buscamos identificar as interfaces de RV mais utilizadas nas intervenções disponíveis até o momento, além de verificar a existência de superioridade da RV quando comparada a outras ferramentas terapêuticas em membro inferior, membro superior e coluna.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão de literatura integrativa de artigos científicos oriundos das bases de dados eletrônicas SciELO, MEDLINE,

LILACS e PEDro, sem restrição de datas e idiomas. A coleta dos dados da literatura foi realizada no período entre maio e dezembro de 2020, utilizando a combinação das seguintes palavras-chave de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): Realidade Virtual, Fisioterapia, Reabilitação, Ortopedia, Sistema Musculoesquelético, na língua portuguesa; e *Virtual Reality, Physical Therapy, Rehabilitation, Orthopedics, Musculoskeletal System*, na língua inglesa.

Como critérios de inclusão foram selecionados estudos clínicos que abordaram a RV como recurso terapêutico em lesões ortopédicas e traumatológicas e que tivessem delineamento experimental detalhado. Foram excluídos da pesquisa artigos de revisão de literatura, meta-análises, protocolos, relatos de casos e observações clínicas, além de trabalhos que focassem em outras áreas da fisioterapia que não fosse a ortopedia e traumatologia. Após a seleção dos artigos científicos, eles foram analisados conforme os objetivos da pesquisa.

Todos os autores do presente trabalho participaram do processo de seleção e análise dos artigos científicos.

## RESULTADOS

A pesquisa identificou 796 referências de possível elegibilidade. Após o processo de filtragem, na seleção final, foram incluídos 15 ensaios clínicos randomizados (Figura 1).

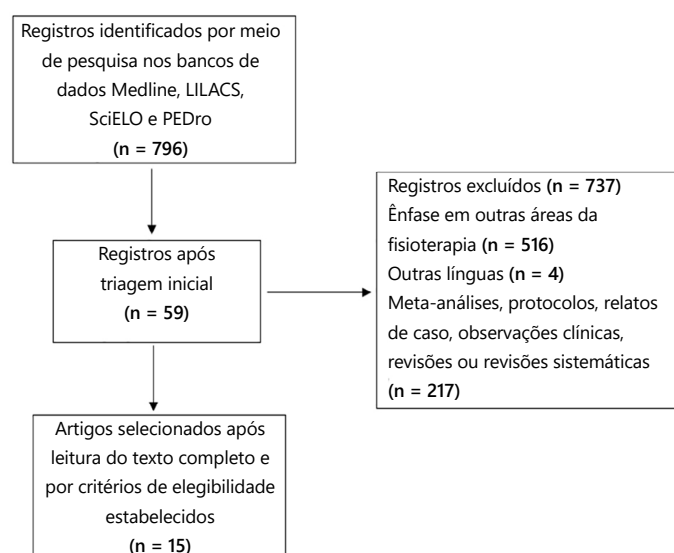


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção de artigos para avaliar o uso de realidade virtual como recurso terapêutico na reabilitação ortopédica e traumatológica. Estudos publicados até dezembro de 2020.

RV foi utilizada para tratamento de disfunções de membros superiores, tronco e membros inferiores em 2, 7 e 6 estudos, respectivamente (Tabela 1).

## DISCUSSÃO

Os artigos coletados nesta revisão, em sua maioria, analisam a eficácia de um programa de exercícios convencional de reabilitação fisioterapêutica *versus* a eficácia da utilização da RV como recurso terapêutico para intervenção e recuperação de lesões-traumáticas ou crônicas, variando nas formas de aplicação, grupo alvo das amostras, período de análise e duração das intervenções.

Os métodos de RV mais utilizados nos estudos foram os tratamentos por meio do Nintendo Wii Fit. Devido à estrutura conter a plataforma Balance Board e permitir variadas formas de exercícios, essa ferramenta possibilita treinos de equilíbrio, descarga de peso

e noção espacial geral. Além disso, o Nintendo Wii Fit é um meio de intervenção de baixo custo quando comparado à equipamentos maiores, mais acessível à população e até mesmo aos centros de reabilitação que decidirem implementar RV aos tratamentos, sendo o mesmo a base de nove dos quinze ensaios clínicos analisados.

Entre os estudos de Pkyavav et al.<sup>17</sup> e Hsu et al.<sup>16</sup>, que possuem ênfase direcionada às patologias de membro superior,

especificamente do ombro, observa-se que tanto os exercícios padrão quanto a RV apresentam resultados positivos na amplitude de movimento e capacidade funcional. Enquanto o primeiro e mais antigo estudo utilizou apenas o jogo de boliche do Nintendo Wii e não apresentou melhorias no manejo da dor, o segundo e mais recente, por meio de mais exercícios também da mesma plataforma, não só provou a eficácia da RV como terapia funcional superior,

**Tabela 1.** Estudos publicados até dezembro de 2020 e que avaliaram o uso de realidade virtual como recurso terapêutico na reabilitação ortopédica e traumatológica.

Autor/Ano	Local da disfunção	Tamanho da amostra	Característica da amostra	Protocolo de reabilitação	Método de RV	Duração	Variáveis analisadas	Principais Resultados
Hsu et al., 2011 <sup>16</sup>	Membros superiores	34	Disfunções gerais do ombro	Programa de exercícios padrão + RV	Nintendo Wii (Boliche)	4 semanas, 2-4x semana, 20 min./dia	Dor, ADM, Capacidade funcional	RV superior no ganho de ADM e inferior no manejo da dor
Pkyavav et al., 2017 <sup>17</sup>	Membros superiores	30	Síndrome do impacto acromial e discinesia escapular	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii fit	6 semanas	Dor, ADM, Funcionalidade	Ambas as formas de tratamento são eficazes no manejo da dor RV superior no ganho de ADM
Sarig Bahat et al., 2015 <sup>18</sup>	Tronco	32	Dor cervical crônica	Programa de exercícios + RV	Ambiente virtual 3D Software Unity-pro	3 meses, 4-6 sessões	Dor, ADM	RV apresentou melhora no tratamento da dor e da ADM dos pacientes
Sarig Bahat et al., 2018 <sup>19</sup>	Tronco	90	Dor cervical crônica	Programa de exercícios padrão + RV vs. RV + laser	Oculus Rift DK1	4 semanas	Cinemática cervical	Todos as intervenções apresentaram eficácia, com superioridade da RV
Tejera et al., 2020 <sup>20</sup>	Tronco	44	Dor cervical crônica	Programa de exercícios padrão vs. RV	Óculos VR Vox Play + App de imersão	4 semanas, 8 sessões	Dor	Bons resultados da RV no cuidado do medo da dor no paciente, no entanto, inferior da RV comparada à exercícios
Kim et al., 2014 <sup>21</sup>	Tronco	30	Mulheres de meia-idade com lombalgia crônica	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii (loga)	4 sessões, 3x semana, 30 min./dia	Dor, Estabilidade postural	Eficácia da RV no manejo da dor Durante o exercício promove estabilização postural melhor
Thomas et al., 2016 <sup>22</sup>	Tronco	52	Lombalgia crônica e flexão lombar limitada	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii (Jogo de queimada)	3 dias consecutivos, 15 minutos	Dor, ADM	Durante a intervenção resultados foram significativos, mas após os benefícios não se mantiveram
France et al., 2018 <sup>23</sup>	Tronco	230	Lombalgia crônica	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii	9 semanas	Dor, ADM,	RV é relevante e superior com o uso contínuo
Hennessy et al., 2020 <sup>24</sup>	Tronco	13	Lombalgia crônica	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii	1 semana, 3 x semana	Dor, Segurança,	RV é uma técnica segura na movimentação e superior na reabilitação
Fung et al., 2012 <sup>25</sup>	Membros inferiores	50	Pacientes após artroplastia total do joelho	Programa de exercícios padrão + RV vs. Programa de exercícios padrão	Nintendo Wii Fit	45 min exercícios + 15 min RV	Descarga de peso, Equilíbrio estático e dinâmico	Sem diferenças significativas entre os dois grupos RV como coadjuvante
Baltaci et al., 2012 <sup>26</sup>	Membros inferiores	30	Reconstrução de Ligamento Cruzado Anterior (LCA)	Programa de exercícios padrão vs. RV	Boliche, boxe e futebol no Nintendo Wii Fit	12 semanas, 3x semana, 60 min./dia	Força muscular, Equilíbrio, Propriocepção	Sem diferenças significativas entre os dois grupos RV como coadjuvante
Punt, Ziltener, Allet, 2016 <sup>27</sup>	Membros inferiores	90	Entorse de tornozelo	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii Fit	6 semanas, 2x semana, 30 min./dia	ADM, Equilíbrio, Força muscular	Sem diferenças significativas entre os dois grupos RV como coadjuvante
Punt et al., 2017 <sup>28</sup>	Membros inferiores	90	Entorse de tornozelo	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii Fit	6 semanas, 2x semana, 30 min./dia	Força muscular, Equilíbrio	Sem diferenças significativas entre os dois grupos RV como coadjuvante
Kim, Heo, 2019 <sup>29</sup>	Membros inferiores	21	Instabilidade funcional de tornozelo	Programa de exercícios padrão vs. RV	Nintendo Wii Fit	4 semanas, 3x semana, 20 min./dia	Equilíbrio	Equilíbrio estático e dinâmico usando RV é menor
Gianola et al., 2020 <sup>30</sup>	Membros inferiores	85	Artroplastia total de joelho	Programa de exercícios padrão vs. RV	Sensor Kinect do Xbox	Até a alta (cerca de 10 dias), 60 min./dia	Dor, Propriocepção	RV não é superior ao tratamento tradicional da dor, mas apresenta superioridade na propriocepção dos pacientes

As abreviações indicam: RV = Realidade Virtual; ADM = Amplitude de movimento.

como obteve resultados satisfatórios no controle do quadro álgico dos pacientes.

De acordo com os resultados dos trabalhos de Kim et al.<sup>21</sup>, France et al.<sup>23</sup>, Henessy et al.<sup>24</sup>, a RV, quando empregada no tratamento das lombalgias crônicas, demonstra ser uma técnica segura e potente como adjacente à fisioterapia padrão, principalmente quando a exposição ao método é contínua. Por outro lado, para Thomas et al.<sup>22</sup>, o recurso só provou ter significância durante a realização dos movimentos dos jogos, enquanto fora da exposição à RV os indivíduos submetidos mantiveram os mesmos padrões de movimento e insegurança do mesmo por dor.

Os ensaios clínicos de Sarig Bahat et al.<sup>18-19</sup> e Tejera et al.<sup>20</sup> foram três dos seis estudos que não utilizaram o Nintendo Wii como método do experimento. Devido à análise realizada enfatizar a movimentação dos pacientes com dor cervical crônica, os estudos foram feitos, respectivamente, por meio de: Ambiente virtual 3D com *Software Unity-pro*, *Oculus Rift DK1* e *Óculos VR Vox Play*, sendo todos efetivos no manejo do quadro álgico e na cinemática. No estudo de Sarig Bahat et al. de 2016<sup>18</sup>, a intervenção realizada foi apenas um programa de exercícios baseados em RV, com foco na melhoria da amplitude de movimento, e o mesmo apresentou limitação por não ter um grupo controle para comparação efetiva e fidedignidade dos resultados. Posteriormente, um segundo estudo foi feito comparando com um grupo de intervenção RV associado à laserterapia e neste foi possível reforçar superioridade da RV como tratamento da dor, incapacidade e funcionalidade cervical a curto e médio prazo<sup>19</sup>.

Tejera et al.<sup>20</sup> compararam os efeitos da RV em relação ao tratamento com exercícios na intensidade da dor, modulação condicionada da dor (CPM), soma temporal (TS), resultados funcionais e somatossensoriais. Ao final, a RV não foi superior aos exercícios cervicais na melhora da intensidade da dor, foi superior apenas na diminuição do medo e insegurança da dor no movimento.

Dentre os seis artigos sobre disfunções de membros inferiores destacam-se entorses de tornozelo e instabilidade funcional de tornozelo. Elas foram escolhidas devido às plataformas de RV permitirem treinos proprioceptivos importantes no tratamento, que se diferenciam das intervenções clínicas comuns, produzindo efeito funcional positivo aos pacientes submetidos ao protocolo. Os demais estudos realizados em pacientes com alterações de membros inferiores tratam de pós-operatórios de cirurgias de reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior e artroplastia total de joelho. A dinâmica com a RV aplicada permite produzir tanto maior interação e engajamento no tratamento pós-operatório quanto proporciona uma diminuição do medo do movimento por parte dos pacientes, sendo um importante meio de distração, incentivo e variação terapêutica em um momento no qual as intervenções diferenciadas e a participação do paciente são imprescindíveis para uma boa recuperação funcional.

Dois trabalhos de Punt e seus colaboradores compararam a eficácia do treinamento com o Nintendo Wii Fit™ entre um grupo que recebeu o tratamento com a tecnologia e um grupo que não recebeu tratamento em indivíduos após entorse de tornozelo. Ambos os estudos analisaram força muscular, equilíbrio e amplitude de movimento e concluíram que a fisioterapia por RV nesses pacientes pode ser aplicada. No entanto, não houve superioridade quando comparada a exercícios fisioterapêuticos convencionais<sup>27,28</sup>.

Fung et al.<sup>25</sup> tiveram por objetivo determinar se o Nintendo Wii Fit™ é um complemento aceitável para a reabilitação do equilíbrio, movimento, força e função dos membros inferiores em pacientes ambulatoriais após artroplastia total do joelho e concluíram que o

método de RV possui potencial apenas adjuvante, devido à ausência de diferenças significativas entre os resultados. Na investigação de Baltaci et al.<sup>26</sup>, os autores compararam força muscular do joelho, equilíbrio, coordenação, propriocepção e tempo de resposta de pacientes submetidos à intervenção do Nintendo Wii Fit com aqueles da reabilitação convencional após reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) e ambos os grupos obtiveram recuperação satisfatória nas variáveis analisadas. Porém, também não houve diferença significativa na comparação entre as modalidades terapêuticas.

Kim et al.<sup>29</sup> investigaram os efeitos de um programa de exercícios de RV, comparando os resultados do mesmo vs. efeitos do exercício convencional no equilíbrio de pacientes com instabilidade funcional do tornozelo. Neste estudo, a realidade virtual apresentou resultado inferior tanto no equilíbrio estático, como no equilíbrio dinâmico. No recente estudo de Gianola et al.<sup>30</sup>, foi avaliada a reabilitação baseada em RV vs. tradicional na fisioterapia após artroplastia total primária do joelho. Nesta modalidade, a reabilitação baseada em RV não é superior à tradicional em termos de alívio da dor e outros resultados funcionais, mas parece auxiliar na melhora da propriocepção global dos pacientes submetidos à ATJ, podendo funcionar como interessante técnica adjacente ao tratamento, principalmente em fases finais.

No geral, dentre os estudos incluídos nesta revisão, sete concluem que a RV é superior e mais eficaz, comparada ao tratamento fisioterapêutico convencional; seis demonstram o potencial do recurso como adjuvante ao tratamento convencional e apenas dois apresentaram como resultado observações inferiores nos grupos intervenção com RV. Sugere-se a realização de mais ensaios clínicos da RV no tratamento de patologias do membro superior, uma vez que apresentam resultados positivos e foram menos estudados, bem como em todos os segmentos, a fim de comprovar a eficácia da tecnologia quando implementada nos protocolos de reabilitação fisioterapêutica.

## CONCLUSÃO

A RV é uma abordagem promissora e com potencial aceitável para otimizar os resultados funcionais na reabilitação traumato-ortopédica. Entretanto, ainda é necessária a realização de mais estudos clínicos que analisem a superioridade do método com relação à reabilitação tradicional.

## REFERÊNCIAS

1. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices* [periódico na Internet]. 2018 [acesso em 10 out 2020];15(2):107-17. DOI:10.1080/17434440.2018.1425613
2. Negrillo-Cárdenas J, Jiménez-Pérez J-R, Feito FR. The role of virtual and augmented reality in orthopedic trauma surgery: from diagnosis to rehabilitation. *Comput Methods Programs Biomed* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020]; 191:105407. DOI:10.1016/j.cmpb.2020.105407
3. Glegg SMN, Levac DE. Barriers, Facilitators and interventions to support virtual reality implementation in rehabilitation: a scoping review. *PMR* [periódico na Internet]. 2018 [acesso em 10 out 2020];10(11):1237-51. DOI:10.1016/j.pmrj.2018.07.004
4. Figueiredo AL, Meneghetti TC, Gregório E, Bini ACD. Utilização da realidade virtual na doença de Alzheimer: uma revisão bibliográfica. *FisioSenectus* [periódico na Internet]. 2019 [acesso em 10 out 2020];7(1):61-8. DOI:10.22298/rfs.2019.v7.n1.4845
5. Karamians R, Proffitt R, Kline D, Gauthier LV. Effectiveness of virtual reality- and gaming-based interventions for upper extremity rehabilitation poststroke: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020];101(5):885-96. DOI:10.1016/j.apmr.2019.10.195
6. Kako J, Kajiwara K, Noto H, Oosono Y, Kobayashi M. Virtual reality: endless potential in pediatric palliative care: a case report. *J Palliat Med* [periódico na Internet]. 2019 [acesso em 10 out 2020]; 22;(12):1489. DOI:10.1089/jpm.2019.0327
7. Leeb R, Pérez-Marcos D. Brain-computer interfaces and virtual reality for neurorehabilitation. *Handb Clin Neurol* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020];168:183-97. DOI:10.1016/B978-0-444-63934-9.00014-7

8. Ma M, Proffitt R, Skubic M. Validation of a kinect v2 based rehabilitation game. *PLoS One* [periódico na Internet]. 2018 [acesso em 10 out 2020];13(8):e0202338. DOI:10.1371/journal.pone.0202338
9. Lei C, Sunzi K, Dai F, Liu X, Wang Y, Zhang B, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: a systematic review. *PLoS One* [periódico na Internet]. 2019 [acesso em 10 out 2020];14(11):e0224819. DOI:10.1371/journal.pone.0224819
10. Silva RR, Iwabe-Marchese C. Uso da realidade virtual na reabilitação motora de uma criança com paralisia cerebral atáxica: estudo de caso. *Rev Fisioter e Pesqui* [periódico na Internet]. 2015 [acesso em 10 out 2020]; 22(1):97–102. DOI: 10.590/1809-2950/13375322012015
11. Faure C, Limballe A, Bideau B, Kulpa R. Virtual reality to assess and train team ball sports performance: a scoping review. *J Sports Sci* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020];38(2):192–205. DOI:10.1080/02640414.2019.1689807
12. Khor WS, Baker B, Amin K, Chan A, Patel K, Wong J. Augmented and virtual reality in surgery—the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls. *Ann Transl Med* [periódico na Internet]. 2016 [acesso em 10 out 2020];4(23):454. DOI:10.21037/atm.2016.12.23.
13. Ayed I, Ghazel A, Jaume-i-Capó A, Moyà-Alcover G, Varona J, Martínez-Bueso P. Vision-based serious games and virtual reality systems for motor rehabilitation: a review geared toward a research methodology. *Int J Med Inform* [periódico na Internet]. 2019 [acesso em 10 out 2020];131:103909. DOI:10.1016/j.ijmedinf.2019.06.016
14. Chuan A, Zhou JJ, Hou RM, Stevens CJ, Bogdanovych A. Virtual reality for acute and chronic pain management in adult patients: a narrative review. *Anaesthesia* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020]; 76(5):695-704. DOI:10.1111/anae.15202
15. Dockx K, Bekkers EM, Bergh V, Ginis P, Rochester L, Hausdorff JM, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev* [periódico na Internet]. 2016 [acesso em 10 out 2020]; 12(12):CD010760. DOI:10.1002/14651858.CD010760.pub2
16. Hsu JK, Thibodeau R, Wong SJ, Zukiwsky D, Cecile S, Walton DM. A "Wii" bit of fun: the effects of adding nintendo wii® bowling to a standard exercise regimen for residents of long-term care with upper extremity dysfunction. *Physiother Theory Pract* [periódico na Internet]. 2011 [acesso em 10 out 2020]; 27(3):185–93. DOI:10.3109/09593985.2010.483267.
17. Pekyavas NO, Ergun N. Comparison of virtual reality exergaming and home exercise programs in patients with subacromial impingement syndrome and scapular dyskinesis: short term effect. *Acta Orthop Traumatol Turc* [periódico na Internet]. 2017 [acesso em 10 out 2020]; 51(3):238–42. DOI:10.1016/j.aott.2017.03.008
18. Sarig Bahat H, Takasaki H, Chen X, Bet-Or Y, Treleaven J. Cervical kinematic training with and without interactive VR training for chronic neck pain – a randomized clinical trial. *Man Ther* [periódico na Internet]. 2015 [acesso em 10 out 2020]; 20(1):68–78. DOI:10.1016/j.math.2014.06.008
19. Sarig Bahat H, Croft K, Carter C, Hoddinott A, Sprecher E, Treleaven J. Remote kinematic training for patients with chronic neck pain: a randomised controlled trial. *Eur Spine J* [periódico na Internet]. 2018 [acesso em 10 out 2020]; 27(6):1309–23. DOI:10.1007/s00586-017-5323-0.
20. Tejera D, Beltran-Alacreu H, Cano-de-la-Cuerda R, Leon Hernández JV, Martín-Pintado-Zugasti A, Calvo-Lobo C, et al. Effects of virtual reality versus exercise on pain, functional, somatosensory and psychosocial outcomes in patients with non-specific chronic neck pain: a randomized clinical trial. *Int J Environ Res Public Health* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020];17(16):5950. DOI:10.3390/ijerph17165950
21. Kim S-S, Min W-K, Kim J-H, Lee B-H. The effects of vr-based wii fit yoga on physical function in middle-aged female lbp patients. *J Phys Ther Sci* [periódico na Internet]. 2014 [acesso em 10 out 2020];26(4):549–52. DOI:10.1589/jpts.26.549
22. Thomas JS, France CR, Applegate ME, Leitkam ST, Walkowski S. Feasibility and safety of a virtual reality dodgeball intervention for chronic low back pain: a randomized clinical trial. *J Pain* [periódico na Internet]. 2016 [acesso em 10 out 2020];17(12):1302–17. DOI: 10.1016/j.jpain.2016.08.011
23. France CR, Thomas JS. Virtual immersive gaming to optimize recovery (VIGOR) in low back pain: a phase II randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials* [periódico na Internet]. 2018 [acesso em 10 out 2020];69:83–91. doi:10.1016/j.cct.2018.05.001
24. Hennessy RW, Rumble D, Christian M, Brown DA, Trost Z. A graded exposure, locomotion-enabled virtual reality app during walking and reaching for individuals with chronic low back pain: cohort gaming design. *JMIR Serious Games* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020];8(3):e17799. DOI:10.2196/17799
25. Fung V, Ho A, Shaffer J, Chung E, Gomez M. Use of nintendo wii fitm in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. *Physiotherapy* [periódico na Internet]. 2012 [acesso em 10 out 2020]; 98(3):183–8. DOI:10.1016/j.physio.2012.04.001
26. Baltaci G, Harput G, Haksever B, Ulusoy B, Ozer H. Comparison between nintendo wii fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [periódico na Internet]. 2013 [acesso em 10 out 2020];21(4):880–7. DOI:10.1007/s00167-012-2034-2
27. Punt IM, Ziltener J-L, Monnin D, Allet L. Wii FitTM exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scand J Med Sci Sports* [periódico na Internet]. 2016 [acesso em 10 out 2020]; 26(7):816–23. DOI:10.1111/sms.12509
28. Punt IM, Armand S, Ziltener J-L, Allet L. Effect of wii fitm exercise therapy on gait parameters in ankle sprain patients: a randomized controlled trial. *Gait Posture* [periódico na Internet]. 2017 [acesso em 10 out 2020]; 58:52–8. DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.06.284
29. Kim K-J, Heo M. Comparison of virtual reality exercise versus conventional exercise on balance in patients with functional ankle instability: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* [periódico na Internet]. 2019 [acesso em 10 out 2020]; 32(6):905–11. DOI:10.3233/BMR-181376
30. Gianola S, Stucovitz E, Castellini G, Mascali M, Vanni F, Tramacere I, et al. Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty. *Medicine* [periódico na Internet]. 2020 [acesso em 10 out 2020]; 99(7):e19136. DOI:10.1097/MD.00000000000019136.