



UNIVERSIDAD  
DE BURGOS



**DISSERTAÇÃO MESTRADO**

**2023/2024**

**Realidade Virtual na Reabilitação da Fratura do Rádio  
Distal: uma Revisão Sistemática**

Mestrado em Terapia da Mão

Carlota Gomes Vieira

Leiria, setembro de 2024



UNIVERSIDAD  
DE BURGOS



POLITÉCNICO  
DE LEIRIA  
ESCOLA SUPERIOR  
DE SAÚDE

# **Realidade Virtual na Reabilitação da Fratura do Rádio Distal: uma Revisão Sistemática**

Mestrado em Terapia da Mão

Carlota Gomes Vieira

CC: 14919640

Dissertação sob a orientação da Professora Doutora Marcela Alejandra Gracia Leiva e da  
Professora Doutora Valeriana Guijo Blanco da Universidade de Burgos

Leiria, setembro de 2024

# **Originalidade e Direitos de Autor**

A presente dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionada a Autora e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a mesma foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Terapia da Mão, no ano letivo 2023/2024, da Escola Superior de Saúde do Politécnico de Leiria (Portugal) y de la Facultad de Ciencias de la Salud de Burgos (España), e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

# Dedicatória

Dedico este trabalho a mim por toda a dedicação e perseverança. Por nunca desistir.

Aos meus pais, com todo o meu amor e gratidão, por tudo o que têm feito por mim ao longo da minha vida e por me ensinarem a lutar pelo que me faz sentir realizada e feliz.

Ao meu namorado, pelo apoio incondicional.

A todos que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser percorrido.

# Agradecimentos

Desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que esta dissertação se concretizasse.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos Professores Marcela Gracia, Valeriana Guijo e Hilário Ortiz, pela sua participação, colaboração e orientação, porque sem eles não seria possível a realização deste trabalho.

Ao meu tio Luís Miguel Gomes, pela disponibilidade e apoio em solucionar dúvidas que foram surgindo ao longo da tese.

Ao Fisioterapeuta José Luís Coelho que me auxiliou na seleção do tema do presente trabalho e me orientou e socorreu na resolução de problemas e revisão do trabalho.

Finalmente, à minha família e namorado, um agradecimento especial por todo o apoio incondicional, incentivo, amizade e total ajuda na superação dos obstáculos que foram surgindo ao longo desta caminhada. Obrigada por acreditarem em mim!

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

# Resumo

**Introdução:** Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento da utilização de tecnologia para melhorar a reabilitação de pessoas com lesões nos membros superiores. A utilização da realidade virtual (RV) na reabilitação permite a estimulação de múltiplas competências motoras e sensoriais, oferecendo ao terapeuta a possibilidade de criar um programa de reabilitação individualizado. O presente estudo tem como objetivo analisar a eficácia da RV na fratura do rádio distal, quanto às amplitudes de movimento (ADM), força de preensão (FP), dor, destreza manual e funcionalidade.

**Metodologia:** Realizou-se uma revisão sistemática de acordo com a *Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-analysis Statement* (PRISMA), abrangendo a pesquisa em nove bases de dados, pesquisa manual e análise das listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados, entre fevereiro e março de 2024.

**Resultados:** Foram identificados seis artigos que cumprem os critérios de inclusão, em que 191 participantes receberam reabilitação com RV. A RV demonstrou bons resultados na diminuição da dor e aumento da ADM, FP e destreza manual, bem como no aumento da adesão ao tratamento.

**Conclusão:** A RV surgiu como um complemento às terapias convencionais, mostrando-se promissora no envolvimento dos clientes no processo terapêutico e na melhoria da aprendizagem motora e na função da mão e membro superior.

**Palavras-chave:** “Realidade Virtual”, “Fratura do Rádio Distal”, “Terapia Ocupacional”, “Reabilitação”, “Mão”.

# Resumen

**Introducción:** En los últimos años, se ha producido un uso creciente de los avances tecnológicos para mejorar la rehabilitación de las personas que con lesiones en el miembro superior. El uso de la realidad virtual (RV) en la rehabilitación permite estimular múltiples habilidades motoras y sensoriales de los pacientes, ofreciendo al terapeuta la posibilidad de crear un programa de rehabilitación individualizado. El presente estudio tiene como objetivo analizar la eficacia de la RV en las fracturas del radio distal, en términos de rangos de movimiento (ROM), fuerza de agarre (PF), dolor, destreza manual y funcionalidad.

**Metodología:** Se aplicó el método de Elementos Preferidos para la Notificación de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA), abarcando la búsqueda en nueve bases de datos, en base a criterios de inclusión y exclusión. La búsqueda se realizó entre los meses de febrero y marzo de 2024.

**Resultados:** Se identificaron seis artículos, en los que 191 participantes recibieron RV como método de rehabilitación. La RV ha mostrado buenos resultados en la disminución del dolor y el aumento de la ROM, la PF y la destreza manual, así como en el aumento de la adherencia al tratamiento.

**Conclusión:** La RV se ha erigido como un complemento a las terapias convencionales, mostrándose prometedora en la implicación de los clientes en el proceso terapéutico y en la mejora del aprendizaje motor y en la función de la mano y el miembro superior.

**Palabras clave:** "Realidad virtual", "Fractura distal del radio", "Terapia ocupacional", "Rehabilitación", "Mano".

# Abstract

**Introduction:** In recent years, there has been an increase in the use of technology to improve the rehabilitation of people with upper limb injuries. The use of virtual reality (VR) in rehabilitation allows the stimulation of multiple motor and sensory skills, offering the therapist the possibility of creating an individualized rehabilitation program. The present study aims to analyze the efficacy of VR in distal radius fractures in terms of range of motion (ROM), grip strength (PF), pain, manual dexterity and functionality.

**Methodology:** A systematic review was carried out according to the Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-analysis Statement (PRISMA), covering the search in nine databases, manual search and analysis of the bibliographic reference lists of the selected articles, between February and March 2024.

**Results:** Six articles that meet the inclusion criteria were identified. 191 participants received VR rehabilitation. VR has shown good results in decreasing pain and increasing ROM, PF, and manual dexterity, as well as increasing treatment adherence.

**Conclusion:** VR has emerged as a complement to conventional therapies, showing promise in the involvement of clients in the therapeutic process and in the improvement of motor learning and in the function of the hand and upper limb.

**Keywords:** "Virtual Reality", "Distal Radius Fracture", "Occupational Therapy", "Rehabilitation", "Hand".

# Índice

Originalidade e Direitos de Autor .....	3
Dedicatória.....	4
Agradecimentos .....	5
Resumo .....	6
Resumen .....	7
Abstract.....	8
Lista de tabelas .....	10
Lista de siglas e acrónimos.....	11
1. Fundamentação Teórica.....	13
2. Metodologia.....	18
2.1. Critérios de Elegibilidade .....	18
2.2. Estratégias de Pesquisa.....	19
3. Resultados.....	21
3.1. Avaliação do risco de viés (qualidade).....	22
3.2. Análise da literatura.....	23
3.3. Síntese dos estudos .....	34
4. Discussão.....	41
5. Conclusão .....	49
6. Referências Bibliográficas.....	50
Anexos .....	57
Anexo I - Lista de verificação PRISMA 2020 .....	58
Anexo II – Estratégia de Pesquisa .....	61

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Bases de dados e operadores booleanos utilizados na pesquisa .....	19
Tabela 2 - Resultados CASP e nível de evidência.....	22
Tabela 3 - Características e dados demográficos dos estudos selecionados .....	37

## Lista de siglas e acrónimos

ADM	Amplitude de Movimento
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVD	Atividades de Vida Diária
AVDI	Atividades de Vida Diária Instrumentais
CASP	<i>Critical Appraisal Skills Program CASP: Randomised Controlled Trial Checklist</i>
DASH	<i>Disabilities of The Arm Shoulder and Hand</i>
EUC	Extensor Ulnar do Carpo
EVA	Escala Visual Analógica
FP	Força de Preensão
FRD	Fratura do Rádio Distal
GC	Grupo de Controle
GE	Grupo Experimental
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
ICC	Coefficiente de correlação intraclasse
IF	Interfalângica
IMC	Índice de Massa Corporal
LMC	<i>Leap Motion Controller</i>
MCP	Metacarpofalângica
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
MHQ	<i>Michigan Hand Questionnaire</i>
OCEBM	<i>Oxford Centre for Evidence-Based Medicine Levels of Evidence</i>
OSF	<i>The Open Science Framework</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyse</i>
PRWE	<i>Patient Rated Wrist/Hand Evaluation</i>
RCT	Ensaio Clínico Randomizado
RV	Realidade Virtual
TC	Tratamento Convencional
TO	Terapia Ocupacional

# Introdução

No âmbito da Unidade Curricular de Dissertação, do Curso de Mestrado em Terapia da Mão, em associação com a Escola Superior de Saúde do Politécnico de Leiria e a Universidade de Burgos, sob a responsabilidade da docente Liliana Teixeira, foi proposta a realização de um trabalho de investigação científica e pensamento crítico-reflexivo através de conhecimentos científicos adquiridos e desenvolvidos ao longo deste curso.

Este estudo tem como tema: A Realidade Virtual na Reabilitação da Fratura do Rádio Distal: uma Revisão Sistemática. A escolha do tema de investigação resultou da motivação em abordar uma temática atual e futura e perceber/compreender a forma como a tecnologia poderá auxiliar no tratamento dos clientes com quem a discente e outros colegas terapeutas ocupacionais trabalham todos os dias. O facto de se considerar cada vez mais que a motivação dos clientes é influenciada, positivamente, pelas tecnologias e que o facto de estes se envolverem mais no processo terapêutico para além de trazer melhores resultados terapêuticos fez com que a discente mostrasse motivação para compreender se a realidade virtual, em concreto, seria ou não realmente eficaz no tratamento de lesões musculoesqueléticas.

Assim, para a elaboração deste trabalho realizou-se uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de comparar dados clínicos e funcionais do tratamento baseado em realidade virtual com a terapia convencional na fratura distal do rádio, quanto aos resultados obtidos relativamente a amplitude de movimento, força de prensão, dor, destreza manual e ao desempenho da funcionalidade da pessoa, contribuindo, assim, para o reconhecimento da evidência para a implementação das melhores práticas baseadas na mesma.

Para a execução desta revisão da literatura, a pesquisa bibliográfica foi realizada em diversas bases de dados, tais como: *Google Scholar*, *PubMed*, *Science Direct*, *SCOPUS*, *IEEE Xplore*, *Cochrane*, *Dialnet* e *Web of Science*

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, iniciando-se com a fundamentação teórica do estudo realizado; seguindo-se o capítulo da Metodologia, que inclui as etapas realizadas para alcançar os objetivos delineados; no capítulo dos Resultados, são apresentados esquemas e tabelas para permitir a comparação, sob análise crítica, de dados; no capítulo da Discussão dos resultados, é feita uma comparação dos dados obtidos com os apresentados na literatura e, por fim, é apresentada uma Conclusão.

# 1. Fundamentação Teórica

As fraturas do rádio distal (FRD) são as mais frequentes do membro superior (Belloti et al., 2021). Estas possuem incidência aproximada de 1:10.000 pessoas, representando 16% das fraturas do esqueleto e 74% das fraturas do antebraço (Belloti et al., 2013). A ocorrência deste tipo de fratura tem vindo a aumentar ao longo do tempo à medida que a esperança média de vida aumenta, levando a uma maior população de clientes que correm o risco de sofrer estas lesões (Corsino et al., 2024). A FRD apresenta uma distribuição padrão bem estabelecida entre crianças/adolescentes, com maior prevalência em indivíduos de 5 a 14 anos e entre adultos, especialmente entre homens com mais de 40 anos e mulheres com mais de 60 anos. Neste grupo, a literatura descreve uma taxa de duas a três vezes maior incidência de lesões em mulheres, sendo a osteoporose considerada um fator de risco significativo (Neto, et al., 2022).

A FRD pode provocar limitações físicas, funcionais e emocionais nas pessoas. Dor, rigidez articular, edema, diminuição das amplitudes articulares e de força muscular são algumas das complicações resultantes do processo de consolidação óssea, da lesão nos tecidos moles e de complicações associadas que podem surgir durante os tratamentos (Barbosa et al., 2009). Este tipo de fratura pode provocar limitações na realização de atividades de vida diária (AVD), atividades de vida diária instrumentais (AVDI), de trabalho e de lazer caso estas complicações persistam após o tratamento (Kimura et al., 2017).

O tipo de fratura, o tratamento e a possibilidade de complicações terapêuticas diferem entre estas faixas etárias. A escolha entre o tratamento conservador ou cirúrgico depende de vários fatores, entre os quais o tipo de fratura, a idade do cliente, a sua profissão, entre outros (Tomori et al., 2020). Em ambos os casos, após um período de imobilização, estes clientes são frequentemente encaminhados para um terapeuta ocupacional.

A Terapia Ocupacional (TO) na reeducação da mão após FRD visa a recuperação das funções físicas perdidas, como a força muscular, a sensibilidade, a amplitude de movimento (ADM) e a reintegração do cliente no contexto familiar, profissional e social (Beladelli et al., 2016).

Para um tratamento mais convencional utilizam-se analgésicos e anti-inflamatórios e um programa de reabilitação contínua e individualizada que inclui a crioterapia (para controlo

de edema e dor) e técnicas para ganho de ADM articular e força muscular, como é o caso da mobilização articular, do reequilíbrio neuromuscular, exercícios de fortalecimento, eletroterapia, entre outros (Kay et al., 2008).

Para além disso, os terapeutas ocupacionais utilizam a atividade como uma forma de reabilitar. Estas atividades podem ser, por exemplo, jogos (Nascimento & Araújo De Carvalho, 2022). *Gamification* e *Serious Games* são termos recentemente utilizados para descrever este tipo de jogos que têm vindo a tornar-se parte do tratamento nas diversas áreas da saúde.

Os *Serious Games* são um tipo de jogo que não têm o entretenimento como principal propósito. Segundo Damaševičius et al. (2023) destinam-se a atingir um objetivo específico como, por exemplo, a educação e a promoção da saúde. Segundo estes autores, estes jogos assumem diferentes formas, tais como simulações, jogos narrativos e jogos educativos que podem ser usados em vários contextos, como salas de aula, locais de trabalho e ambientes de saúde. O objetivo deste tipo de jogo é envolver os jogadores de uma forma que seja ao mesmo tempo agradável e eficaz para alcançar o objetivo pretendido. Inicialmente, os *serious games* foram adotados no domínio educacional para promover o interesse e apoiar a motivação na aprendizagem. Contudo, o conceito da utilização de *serious games* para melhorar resultados em saúde atraiu diversos profissionais de saúde e académicos (Damaševičius et al., 2023).

A comunidade científica está consciente da necessidade de desenvolver jogos baseados em evidência que sejam especificamente direcionados à resolução de problemas de saúde física e mental (Damaševičius et al., 2023). As terapias baseadas em jogos são cada vez mais utilizadas na área da saúde para promover a motivação, o envolvimento e a sustentabilidade geral dos hábitos de saúde.

*Gamification* é o processo de incorporar elementos de design de jogos (exemplo: pontos, crachás, tabelas de classificação, desafios e feedback) em ambientes não relacionados a jogos, como negócios, educação ou saúde, para envolver e motivar as pessoas a alcançar os seus objetivos (Damaševičius et al., 2023).

Contudo, é de notar que o termo *Gamification* foi fortemente adotado pela comunidade científica, enquanto o termo *Serious Games* apesar de continuar a ser utilizado é-lo feito em menor número (Damaševičius et al., 2023).

A utilização de jogos (seja *Gamification* ou *Serious Games*), pode ser também realizada através da realidade virtual.

O termo Realidade Virtual (RV) não está puramente definido e não existe consenso na comunidade acadêmica e científica na sua definição (Abbas et al., 2023). Kardong-Edgren et al. (2019) refere que existe uma heterogeneidade na linguagem utilizada para a definir, pelo que é urgente encontrar unanimidade na terminologia que será mais adequada. Existindo erros na descrição desta tecnologia, os autores utilizarão nomenclatura incorreta, o que poderá limitar a compreensão e a aplicabilidade dos resultados dos estudos (Abbas et al., 2023).

Desta forma, de acordo com a maioria dos autores, a RV refere-se a uma experiência artificial interativa da realidade que induz uma sensação de presença (Omlor et al., 2022).

A abordagem pela RV tem a capacidade de colocar as pessoas em ambientes digitais gerados por um computador que pode ser experimentado e interagido como se esse ambiente fosse real. Nesse mundo virtual o utilizador pode controlar os movimentos e afetar o espaço virtual manipulando objetos reais (Jerald, 2016).

São geralmente utilizados os *Head Mounted Display* (HMD) para que o indivíduo possa alterar a sua perspetiva num cenário virtual num ângulo de 360°. Estes cenários virtuais podem ser totalmente gerados pelo computador ou podem ser ambientes reais gravados por equipamentos de vídeo específicos (Omlor et al., 2022).

Desta forma, pode classificar-se a RV como imersiva ou não imersiva. A RV imersiva é normalmente conseguida pelos HMD. A pessoa experimenta uma imagem panorâmica onde a sua perspetiva se vai adaptando às posições que vai adotando, criando uma forte ilusão de presença (Omlor et al., 2022).

Alternativamente, uma gravação ou simulação de um cenário de RV também pode ser reproduzida de forma não imersiva. Aqui, a direção de visualização é alterada manualmente através de um computador, *smartphone* ou *tablet*. O indivíduo tem a plena perceção do seu real ambiente, mas não a impressão de estar num cenário virtual.

Através da reabilitação virtual, é possível estimular múltiplas competências motoras e sensoriais, permitindo a interação do cliente e oferecendo ao terapeuta a possibilidade de criar um programa de reabilitação individualizado, de acordo com as suas necessidades (Zago et al., 2020).

Esta técnica mostrou-se uma forma efetiva de promover a diversão e a motivação, sendo um facilitador do processo de reabilitação. A RV integrada em programas de reabilitação pode transformar as sessões terapêuticas mais divertidas e interativas, promovendo a motivação e o envolvimento do cliente no processo terapêutico. Pode facilitar um tratamento personalizado e individualizado, incentivar os clientes e melhorar a sua adesão aos exercícios (Cugelman, 2013).

Para além disso, a RV beneficia o aumento do equilíbrio, da resistência, da destreza, da velocidade e das ADM (Kwon et al., 2023). Através deste tipo de abordagem, a pessoa é capaz de realizar movimentos necessários para a reabilitação do membro afetado através de jogos (Mc Kittrick et al., 2023) que promovem o aumento das amplitudes articulares do cotovelo, antebraço, punho e dedos (De Grande et al., 2011).

A adesão ao tratamento é um fator importante na determinação dos resultados terapêuticos. A utilização de novas aplicações nos telemóveis e *tablets*, jogos e/ou dispositivos com sensores de movimento têm-se tornado ferramentas de suporte pessoal facilmente acessíveis, mostrando vantagens na educação em saúde, motivação e acessibilidade aos tratamentos (Meijer et al., 2023).

Com a evolução exponencial da tecnologia na saúde, a RV tornou-se parte dos programas de reabilitação de condições musculoesqueléticas e neurológicas (Gumaa et al., 2021). Tem-se vindo a verificar um impacto significativo deste tipo de intervenção nestas patologias. No entanto, a sua importância muitas vezes não é observada na prática pela falta de utilização desta tecnologia. Pelo que a sua implicação na recuperação funcional de clientes com FRD ainda não foi explorada.

Naqvi e Qureshi (2022), mostraram a eficácia da RV imersiva no tratamento da FRD através de um estudo de caso que evidenciou melhorias substanciais na dor, ADM, força de preensão (FP) e independência funcional.

Viderman et al. (2023), apresentaram a eficácia da RV no tratamento da dor em diversas patologias tais como: fibromialgia, dor fantasma, dor lombar e cervical crónica e condições de dor relacionadas ao cancro. Estes autores verificaram que a RV também pode ser recomendada para o tratamento da dor e da ansiedade em doentes pediátricos submetidos a diferentes procedimentos dolorosos. Para além disso, (Hajela et al., 2022) também verificaram que a RV pode diminuir a dor durante o tratamento de queimaduras, para além

de melhorar as ADM e, conseqüentemente, aumentar a satisfação geral no tratamento. No entanto, são menos os estudos que analisam a aplicação da RV no tratamento da FRD.

A realização de estudos que avaliam e comparam a eficácia do tratamento convencional com a RV em condições musculoesqueléticas tem vindo a aumentar. Não obstante, não existem revisões sistemáticas que sintetizem ou incluam a eficácia da utilização da RV na reabilitação da FRD especificamente.

## 2. Metodologia

A seguinte revisão sistemática proporciona um resumo das evidências relacionadas com uma estratégia de intervenção específica (uso de RV na reabilitação da FRD) e uma apreciação crítica e síntese da informação selecionada (Sampaio & Mancini, 2007).

Este estudo foi realizado de acordo com as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA). Para além disso, o protocolo desta revisão sistemática foi registado na base de dados *The Open Science Framework* (OSF) com o seguinte link de codificação: <https://osf.io/f34cz>.

O processo metodológico utilizado para a pesquisa dos artigos foi realizado segundo o modelo de fluxograma do PRISMA (Anexo I) que contém três etapas: identificação, triagem e inclusão.

### 2.1. Critérios de Elegibilidade

Os seguintes critérios de inclusão foram utilizados para determinar os estudos de elegibilidade: a) estudos que incluem o tratamento da FRD através da abordagem por RV imersiva e não imersiva, b) artigos que apresentem resultados empíricos do tratamento, c) estudos que incluam toda a população, d) estudos experimentais que comparam a RV com o tratamento convencional, e) artigos publicados disponíveis em inglês, português e espanhol publicados entre janeiro de 2015 a março de 2024.

Foram utilizados apenas artigos científicos primários e teses de doutoramento. Desta forma, foram excluídos a) estudos em que os resultados clínicos não são apresentados, b) teses de mestrado e de fim de curso, c) artigos que não utilizem a RV imersiva e RV não imersiva como forma de intervenção terapêutica.

A questão de investigação foi desenvolvida tendo como base a estratégia baseada no acrónimo PICO (Santos et al., 2007):

- P (População): clientes de todas as idades com FRD;
- I (Intervenção): reabilitação baseada numa abordagem de RV;
- C (Controle): o tratamento de RV será comparado com um tratamento convencional;

- O (Outcome): amplitudes de movimento, força de preensão, dor, destreza manual e funcionalidade.

## 2.2. Estratégias de Pesquisa

Inicialmente foram definidas as diferentes palavras-chave e a sua combinação, criando a seguinte equação de pesquisa, nomeadamente: em português (“Realidade Virtual” OU “Gamification” OU “Serious Games”), (“Fratura do rádio distal” OU “Fratura do punho”), (“Reabilitação” OU “Terapia Ocupacional”); em inglês (“Virtual Reality”), (“Distal Radius Fracture” OR “Wrist Fracture”); e em espanhol (“Realidad Virtual”), (“Fractura de Radio Distal” O “Fractura de muñeca”) (Anexo II). Também foram usados os operadores booleanos AND/Y/E e OR/O/OU para combinar termos de pesquisa, de forma que cada resultado contenha todos os termos ou apenas um dos termos (Lefebvre et al., 2013).

Estas combinações de palavras-chave foram utilizadas para realizar a pesquisa em diversas bases de dados, tais como: *Google Scholar*, *PubMed*, *Science Direct*, *SCOPUS*, *IEEE Xplore*, *Cochrane*, *Dialnet* e *Web Science* (tabela 1). A pesquisa foi limitada a títulos, resumos ou palavras-chave e a artigos em inglês, português e espanhol. Nenhuma outra restrição foi colocada. A pesquisa foi realizada entre fevereiro e março de 2024. Foram também analisadas as listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados de forma a identificar outros estudos relevantes não encontrados através da pesquisa nas bases de dados.

Em todas as pesquisas, os resultados foram inicialmente submetidos a uma leitura de título e resumo. No caso de serem de interesse, foram selecionados e, de seguida, submetidos a uma leitura integral e aplicação dos critérios de elegibilidade. Devido à existência da possibilidade de pesquisa com termos de indexação *Medical Subject Headings* (MeSH) em algumas bases de dados foi feita uma pesquisa adicional utilizando os termos MeSH relacionados com os termos de pesquisa acima mencionados.

**Tabela 1** - Bases de dados e operadores booleanos utilizados na pesquisa

Base de dados	Palavras-chave e operadores booleanos
Google Scholar	(gamification) AND (distal radius fracture) AND (rehabilitation) (realidade virtual) E (fratura de punho ou fratura distal do rádio)

	(terapia ocupacional) E (realidade virtual) E (fratura do rádio distal) E reabilitação)
	(serious games) E (terapia ocupacional) E (fratura do rádio distal)
<b>PUBMED</b>	(distal radius fracture OR wrist fracture) AND (serious games OR gamification OR virtual reality) (fratura de rádio distal) E (realidade virtual) (fractura de radio distal) Y (realidad virtual)
<b>SCOPUS</b>	(distal radius fracture) AND (virtual reality) (fratura de rádio distal) E (realidade virtual) (fractura de radio distal) Y (realidad virtual)
<b>Science Direct</b>	(distal radius fracture) AND (virtual reality) (fratura de rádio distal) E (realidade virtual)
<b>IEEE Xplore</b>	(distal radius fracture) AND (virtual reality) (fratura de rádio distal) E (realidade virtual) (fractura de radio distal) Y (realidad virtual)
<b>Scielo</b>	(fratura de rádio distal) E (realidade virtual) (fractura de radio distal) Y (realidad virtual)
<b>Cochrane</b>	(fistal radius fracture) AND (virtual reality)
<b>Dialnet</b>	(distal radius fracture) AND (virtual reality) (fratura de rádio distal) E (realidade virtual) (fractura de radio distal) Y (realidad virtual)
<b>Web Science</b>	(distal radius fracture) AND (virtual reality) (fratura de rádio distal) E (realidade virtual) (fractura de radio distal) Y (realidad virtual)

A investigadora extraiu independentemente os dados dos estudos incluídos na presente revisão sistemática. Assim, para cada um dos estudos selecionados, foi utilizado um formulário padronizado para extrair informação relativamente ao ano, tipo de desenho de estudo, variáveis, amostra, idade da amostra, origem da amostra, tipo de RV utilizada, instrumento de RV utilizado e dados estatísticos e resultados.

### 3. Resultados

Para apresentação da seleção dos estudos, foi utilizado o fluxograma PRISMA (figura 1), que procura retratar o fluxo de informação através das diferentes fases da revisão sistemática, fornecendo um mapa do número de estudos identificados, incluídos e excluídos e a razão para a sua exclusão (Page et al., 2021).

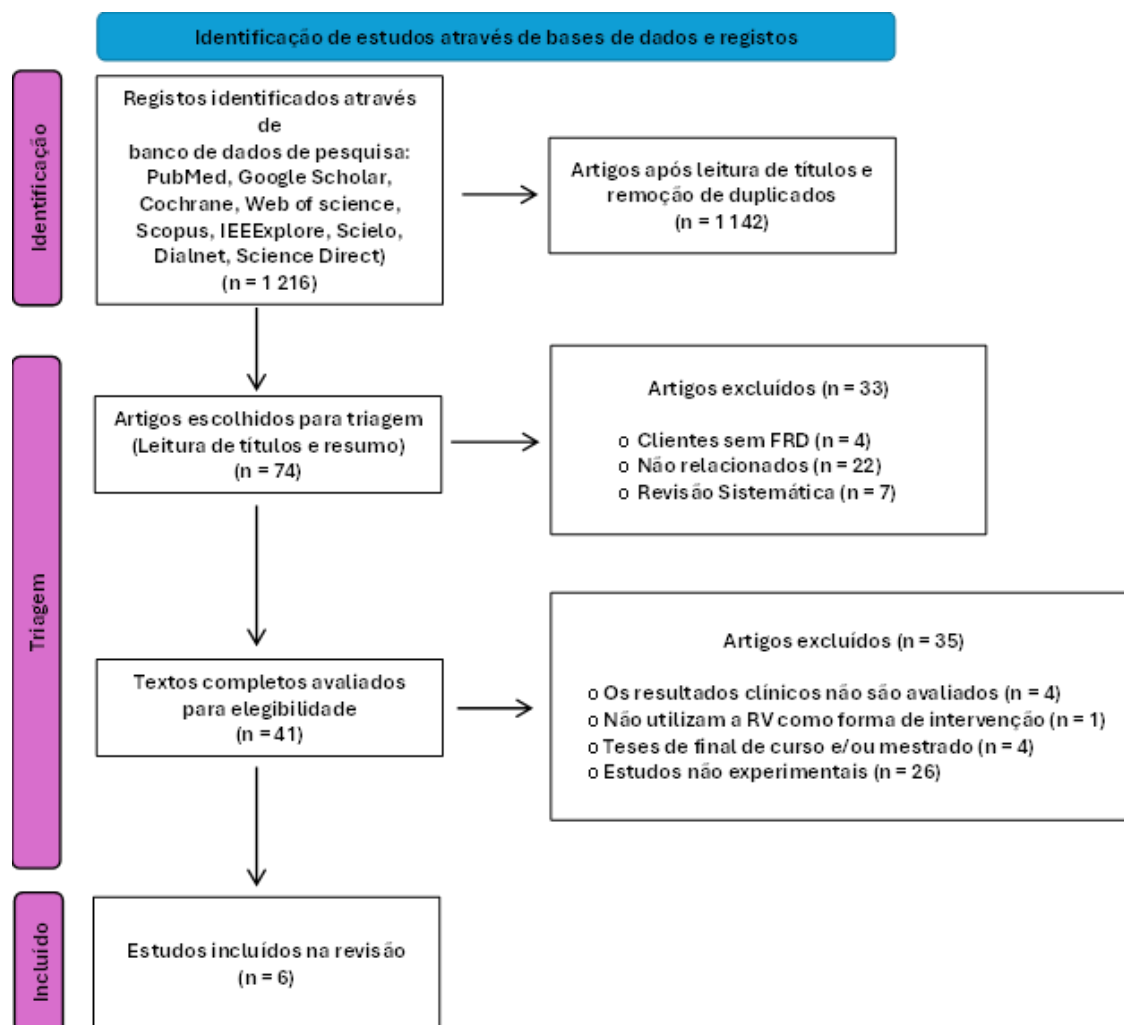


Figura 1 - Fluxograma PRISMA

Utilizando a estratégia de pesquisa anteriormente descrita foram identificados 1216 artigos nas diferentes bases de dados. 74 estudos foram avaliados com base no seu título e resumo, levando à exclusão de 33 artigos. Estes foram excluídos por não estarem relacionados com o tema, serem revisões sistemáticas e porque os clientes não apresentavam como patologia FRD. Assim sendo, 41 artigos foram submetidos à aplicação dos critérios de elegibilidade, dos quais 35 foram excluídos pelas seguintes razões: (a) os resultados não são

apresentados em 4 estudos; (b) um estudo não utiliza a RV como forma de intervenção; (c) 4 estudos são teses de final de curso e/ou mestrado; (d) 26 eram estudos não experimentais.

Na seleção final de estudos, foram incluídos 6 ensaios clínicos randomizados para a revisão sistemática, publicados entre 2017 e 2022 (tabela 2).

### 3.1. Avaliação do risco de viés (qualidade)

Dois autores (a autora do presente trabalho e a sua orientadora) avaliaram de forma independente (R1 e R2) os estudos incluídos com a ferramenta *Critical Appraisal Skills Program CASP: Randomised Controlled Trial Checklist* (Critical Appraisal Skills Programme, 2020) para verificar a precisão dos dados e a qualidade da metodologia. A tabela 2 apresenta os resultados da CASP, na qual se verifica que todos os artigos são ensaios clínicos randomizados (RCT).

Após a aplicação da CASP, os artigos foram classificados segundo o score de *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine Levels of Evidence* (OCEBM). Este elaborou "Os Níveis de Evidência Oxford 2011", em que a qualidade das evidências é classificada numa escala de 1 a 5, sendo o nível 1 representado pelas publicações de maior nível de evidência científica e 5, as de menor nível (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine, 2011).

Para medir a concordância entre os revisores dos artigos analisados, foi calculado o coeficiente de correlação intraclassa (ICC). Valores de ICC entre 0,5 e 0,75 mostram confiabilidade moderada, valores entre 0,75 e 0,9 demonstram uma boa confiabilidade e valores acima de 0,90 mostram uma excelente confiabilidade (Koo e Li, 2016).

A ICC nesta revisão foi de 0,78, o que demonstra uma boa correlação intraclassa.

Tabela 2 - Resultados CASP e nível de evidência

Estudos N=6	Revisores	Desenho do Estudo	CASP - Checklist											Total	Evidência
			Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Questão 11		
Matalama- Gomez et al.	R1	RCT	1	1	1	0	1	1	1	1	CT	1	1	9	2
	R2		1	1	1	CT	1	1	1	1	CT	1	1		
Narita et al.	R1	RCT	1	0	CT	CT	0	CT	1	1	0	1	1	5	3
	R2		1	0	CT	0	0	CT	1	1	0	1	1		

Naqvi et al.	R1	RCT	1	1	1	CT	1	1	1	0	CT	1	1	<b>8</b>	<b>2</b>
	R2		1	1	1	CT	1	1	1	0	0	1	1	<b>8</b>	
Dabholkar & Shah	R1	RCT	1	1	1	CT	1	1	1	1	CT	1	1	<b>9</b>	<b>2</b>
	R2		1	1	1	CT	1	0	1	0	1	1	1	<b>8</b>	
Kumar Jha et al.	R1	RCT	1	1	1	CT	1	1	1	0	CT	0	1	<b>7</b>	<b>2</b>
	R2		1	1	1	CT	1	1	1	1	1	1	1	<b>10</b>	
Albanese et al.	R1	RCT	1	1	1	CT	1	1	1	0	CT	0	1	<b>7</b>	<b>2</b>
	R2		1	1	1	CT	1	1	1	CT	CT	1	1	<b>8</b>	

Legenda: 0=NO; 1=YES; CT=Can't Tell

R1: revisor 1; R2: revisor 2

RCT: *Randomized Controlled Trial*

### 3.2. Análise da literatura

Procedeu-se à análise dos seis artigos. De seguida, é apresentada uma pequena descrição dos mesmos.

#### A. “Impact of virtual embodiment and exercises on functional ability and range of motion in orthopedic rehabilitation” (Matalama-Gomez et al., 2022)

O artigo pretende investigar os efeitos da RV imersiva na reabilitação ortopédica de membros superiores, concentrando-se particularmente em clientes com FRD tratadas conservadoramente.

O estudo foi realizado em Espanha com a participação de 54 clientes, com idade média de 61,80 anos, sendo 8 do sexo masculino e 46 do feminino, com FRD tratada conservadoramente. Os participantes foram divididos em três grupos: 20 clientes foram atribuídos ao grupo experimental (RV imersiva), 20 ao grupo de tratamento convencional (TC) (grupo de controle) e 14 ao grupo de controle em que se aplicou a reabilitação com RV não imersiva.

Cada grupo seguiu um programa de reabilitação diferente durante 4-6 semanas. O grupo de RV imersiva baseou-se num programa de treino cognitivo-motor que combina imagem motora com o planeamento motor/da ação e observação da mesma numa perspetiva em primeira pessoa num ambiente virtual imersivo através de um HMD. Esta consiste numa unidade de exibição de imagens colocado na cabeça do participante onde o campo de visão na tela é ampliado pelo sistema ótico produzindo uma tela imaginária que parece estar

posicionada vários metros à frente do observador. Este proporciona um ambiente virtual imersivo que permite que este se sinta incorporado num corpo virtual visto de uma perspetiva de primeira pessoa. Para além disso, incluem-se vibradores nos dedos e mão para aumentar o sentimento de propriedade do corpo virtual.

O grupo de RV não imersiva assistiu a exercícios semelhantes na tela do computador e o grupo de TC realizou exercícios manuais em casa.

No que respeita aos resultados, uma percentagem maior de clientes no grupo de RV imersiva apresentou melhor recuperação prognóstica da capacidade funcional do membro superior fraturado após a remoção do gesso e seis semanas depois em comparação aos grupos de TC e RV não imersiva. Diferenças significativas foram encontradas entre os grupos ( $F=20,83$ ,  $p<0,0001$ ).

Relativamente à primeira avaliação (T1) do grupo de RV imersiva, 85% dos clientes tiveram boa recuperação prognóstica (pontuação  $\geq 57$ ) e 15% tiveram recuperação prognóstica moderada (pontuação  $< 57$ ) após a remoção do gesso (T1; IC 95% 56,84–59,96). Quanto ao grupo de TC, 25% dos clientes apresentaram uma boa recuperação prognóstica e 75% tiveram uma recuperação prognóstica moderada (IC 95% 46,52–52,48). 100% dos clientes do grupo de RV não imersiva tiveram uma recuperação prognóstica moderada (IC 95% 48,95–52,47).

No geral, os clientes do grupo de RV imersiva tiveram pontuações significativamente mais altas nos testes de *Fugl-Meyer* em comparação aos grupos TC (teste post-hoc de Tukey:  $p<0,0001$ ) e RV não imersiva ( $p<0,0001$ ).

Seis semanas depois (T2), 90% dos clientes do grupo de RV imersiva tiveram uma boa recuperação prognóstica e 10% uma recuperação prognóstica moderada (IC 95% 60,42–63,28). 60% dos clientes do grupo de TC apresentaram uma boa recuperação prognóstica e 35% uma recuperação prognóstica moderada (IC 95% 55,69–60,94). 50% dos clientes do grupo de RV não imersiva apresentaram uma boa recuperação prognóstica e outros 50% uma recuperação prognóstica moderada (IC 95% 54,38–59,47).

Os clientes do grupo de RV imersiva continuaram a apresentar melhor recuperação funcional em comparação aos grupos TC (Tukey:  $p=0,038$ ) e RV não imersiva ( $p=0,007$ ). Para além disso, verificaram que a RV imersiva (que combina imagens motoras através do

planeamento motor e observação de ação) aumenta significativamente a funcionalidade durante o tempo de imobilização e acelera o processo de reabilitação em clientes com FRD.

O estudo concluiu que o uso da RV é eficaz no tratamento da FRD e isto deve-se, possivelmente, a: a) a ativação repetida das redes neuronais envolvidas no circuito sensório-motor por meio do planeamento e observação da ação, ajuda a prevenir possíveis alterações plásticas (neuroplasticidade) que ocorrem no cérebro durante os períodos de imobilização. Este treino em circuito seria mais eficaz em situações de propriedade do corpo e controle virtual do membro superior; b) o sentimento de propriedade em relação a um corpo virtual pode aumentar a ativação sensório-motora quando o corpo virtual realiza movimentos sobre os quais o sujeito tem um senso de agência; c) com o uso da RV, há um impacto posterior no sistema autónomo e nos músculos, como foi relatado para imagens mentais de movimento, melhorando a frequência cardíaca, a frequência respiratória e o fluxo sanguíneo para a pele e os músculos através da vasodilatação colinérgica; d) o envolvimento psicológico provavelmente contribuiu para uma participação mais eficaz e motivada nos exercícios de reabilitação; e) a natureza imersiva do ambiente de RV pode ter proporcionado um feedback visual mais realista e estimulante, auxiliando ainda mais no processo de recuperação.

### **B. “Development and Trial Prototype Device for Sensorimotor Therapy in Patients with Distal Radius Fracture” (Narita et al., 2022)**

Estudo que examinou a viabilidade clínica de um protótipo de um dispositivo (*Ghost*) para facilitar a recuperação da ADM na fase aguda em clientes com FRD. O dispositivo *Ghost* envolve a administração de uma combinação de vibrações e estímulos visuais.

O estudo, realizado no Japão, incluiu 14 clientes do sexo feminino divididos por dois grupos: 10 participantes (idade média de 76 anos) no grupo experimental (*Ghost*) e 4 no grupo de controle (somente vibração do tendão) (idade média de 69 anos), através do método de minimização. Os grupos foram construídos dependendo da gravidade da fratura e com base na sua classificação (classificação AO) e alinhamento ósseo (parâmetros radiográficos). Foram excluídos clientes que apresentaram dor pós-operatória e alta ansiedade relacionada ao movimento do punho afetado devido à dificuldade na avaliação da ADM.

O grupo experimental recebeu um plano de reabilitação que consistia na visualização de vídeos, através do *Ghost*. O dispositivo inclui um visor de RV e um vibrador que estimula os músculos extensores do punho e que mostrava o indivíduo a realizar diversos movimentos com o punho, enquanto o estímulo vibratório seria aplicado no tendão do músculo extensor ulnar do carpo (EUC). Em contrapartida, no grupo de controle seria apenas aplicado o estímulo vibratório no tendão do músculo EUC. Ambos os grupos tiveram terapia manual convencional entre o 7º e o 84º dia de pós-operatório, uma vez por semana.

A terapia levou a melhorias significativas na ADM tanto no grupo *Ghost* quanto no grupo de controle ao longo do tratamento. Quanto à ADM de flexão/extensão do punho, a probabilidade de recuperação do grupo *Ghost* aumentou de  $75,8^\circ \pm 3,9$  no dia 14 para  $136,2^\circ \pm 6,1$  no dia 82, enquanto o grupo de controle melhorou de  $74,1^\circ \pm 6,4$  para  $141,3^\circ \pm 3,7$  no mesmo período. O grupo *Ghost* apresentou melhoria média significativamente maior ( $1,9^\circ$  a  $11,4^\circ$ ), com valor de  $p < 0,001$ .

Uma maior melhoria foi observada em clientes mais jovens em todas as faixas etárias no grupo *Ghost* em comparação ao grupo de controle (interação significativa com  $F = 40,61$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,001$ ). O arco de movimento do punho afetado foi maior nos clientes mais jovens, com diferença significativa ( $F = 722,23$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,002$ ).

Quanto ao Índice de Massa Corporal (IMC) normal e baixo peso, o grupo *Ghost* apresentou um arco de movimento significativamente maior em comparação ao grupo de controle ( $p < 0,001$ ). Em contrapartida, em clientes com maior peso, o grupo de controle teve melhores resultados que o grupo *Ghost* ( $p < 0,001$ ).

Estes resultados sugerem que a reabilitação utilizando o *Ghost* foi particularmente eficaz no aumento da ADM em indivíduos mais jovens e não obesos, tornando-se uma opção mais benéfica em comparação aos métodos convencionais para esses subgrupos.

Possíveis explicações que apoiam os resultados: a) o uso de RV pelo sistema *Ghost* pode ter aumentado o envolvimento e a motivação do cliente. Uma maior motivação pode levar a uma maior adesão ao processo terapêutico, contribuindo assim para melhores resultados; b) indivíduos mais jovens geralmente apresentam maior plasticidade neuromuscular, o que os torna mais responsivos às terapias de reabilitação. Essa maior plasticidade pode explicar o aumento da ADM observada nos clientes mais jovens do grupo *Ghost*; c) clientes com IMC normal ou baixo peso provavelmente apresentavam menos limitações biomecânicas. O

sistema *Ghost* pode ter sido menos eficaz para os participantes obesos, onde o excesso de peso poderia prejudicar a ADM e reduzir a eficácia dos exercícios.

### C. “Gamification for Distal Radius Fracture Rehabilitation: A Randomized Controlled Pilot Study” (Naqvi et al., 2022)

O estudo desenvolvido na Índia teve como objetivo comparar o impacto da *Gamification* na reabilitação pós-FRD.

Este estudo piloto incluiu 20 clientes com FRD unilateral com idades entre os 18 e os 65 anos (80% dos clientes seria do sexo masculino e 20% do sexo feminino), intervencionados cirurgicamente por redução fechada e fixação interna com fio K. Foram excluídos clientes com pontuação inferior a 26 pontos no teste Mini-Mental; com complicações imediatas como a consolidação viciosa ou a pseudoartrose; com a função da mão afetada após qualquer trauma prévio nas mãos ou membro superior; doenças inflamatórias ou distúrbios não inflamatórios ou neurológicos.

Os clientes foram divididos em grupo A (*Gamification*) e grupo B (reabilitação convencional) de forma aleatória. Os clientes do grupo A treinaram alguns jogos de RV imersiva, enquanto os clientes do grupo B receberam um programa de reabilitação convencional.

Os clientes do grupo A jogaram os jogos “*Racket: NX*” (jogo de raquete e bola em RV), “*Until you Fall*” (jogo de combate de espadas) e “*HoloFit*” (jogo de fitness) na tela montada na cabeça *Oculus Quest* (HMD). Todos eles aumentam a imersão e a consciência espacial.

Relativamente ao tratamento ambos os grupos passaram por um programa de reabilitação por 60 minutos por dia, cinco dias por semana, durante quatro semanas. A escala visual analógica (EVA), goniómetro universal, dinamómetro e questionário *Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand* (DASH) foram aplicados no início do estudo (t0), no final da segunda semana (t2) e no final do tratamento (t4).

Como resultados do estudo, verificou-se diminuição significativa da dor ao longo do tempo ( $p < 0,001$ ).

Quanto à ADM de flexão, verificou-se melhoria significativa dentro e entre grupos ( $p < 0,001$ ). O Grupo A apresentou resultados superiores aos do Grupo B. Quanto à ADM de

extensão, houve diferenças significativas dentro dos grupos ( $p < 0,001$ ) e entre grupos em t2 e t4 ( $p < 0,001$ ), mas não no início do estudo ( $p = 0,551$ ). Em termos de desvio radial, houve melhorias significativas dentro dos grupos ( $p < 0,001$ ) e entre grupos em t4 ( $p < 0,001$ ), mas não no início do estudo ( $p = 0,543$ ) e em t2 ( $p = 0,055$ ). Relativamente ao desvio ulnar, verificaram-se melhorias significativas dentro dos grupos ( $p < 0,001$ ) e entre grupos em t4 ( $p < 0,001$ ), mas não no início do estudo ( $p = 0,419$ ) e t2 ( $p = 0,007$ ). Quanto à pronação e supinação, verificaram-se melhorias significativas dentro dos grupos ( $p < 0,001$ ) e entre grupos em t4 ( $p < 0,000$ ), mas não no início do estudo ( $p = 0,288$ ) e ( $p = 0,775$ ), respetivamente.

Relativamente aos resultados da DASH da independência funcional, verificou-se melhoria significativa dentro dos grupos ( $p < 0,001$ ) e entre os grupos em t2 e t4 ( $p < 0,001$ ), mas não no início do estudo ( $p = 0,417$ ).

Quanto à FP, houve melhoria significativa dentro dos grupos ( $p < 0,001$ ) e entre os grupos em t2 e t4 ( $p < 0,001$ ), mas não no início do estudo ( $p = 1,0$ ).

Apesar de se verificarem melhorias significativas em ambos os grupos, a função da mão e a independência funcional foram significativamente maiores no grupo A do que no grupo B, evidenciando-se, assim, a eficácia do RV na reabilitação da FRD. Isto poderia ser explicado pelos exercícios assistidos pela RV, que proporcionam movimentos precisos e repetitivos, melhorando a flexibilidade das articulações e a força muscular de forma mais eficaz do que os métodos tradicionais. Para além disso, o feedback em tempo real durante os exercícios realizados com o HMD provavelmente melhorou o controle motor e a motivação do cliente. Embora ambos os métodos de reabilitação fossem abrangentes, visando vários aspetos da função da mão, provavelmente a RV ofereceu uma vantagem adicional no desempenho e no envolvimento do cliente.

#### **D. “Effect of Virtual Reality Training Using Leap Motion Controller on Impairments and Disability in Patients with Wrist and Hand Stiffness” (Dabholkar & Shah, 2020)**

Este estudo experimental foi realizado na Índia, que teve como objetivo verificar se existe benefícios da RV combinada num tratamento de fisioterapia convencional em clientes com FRD, rigidez no punho e mão e artrite reumatoide.

Neste estudo, 50 clientes (20 do sexo masculino e 30 do feminino) foram divididos em dois grupos: um grupo tratado por fisioterapia convencional (participantes com idade média de 48,8 anos) e um grupo tratado por RV e fisioterapia convencional (participantes com idade média 47,9 anos). Ambos os grupos completaram 8-12 sessões durante um período de 4 semanas.

O grupo de RV recebeu 15-20 minutos de fisioterapia convencional seguidos de 10-15 minutos de treino com RV através do dispositivo *Leap Motion Controller* (LMC) (pequeno dispositivo com um sensor capaz de captar movimentos dos 10 dedos das mãos). O grupo de fisioterapia convencional recebeu apenas fisioterapia convencional por 25 minutos por sessão.

Foram avaliadas a dor, FP, edema, destreza manual e ADM do punho e antebraço antes e após a intervenção.

Como resultado, todas as medidas mostraram melhoria significativa em ambos os grupos. O grupo de RV mostrou melhorias significativamente maiores na FP ( $p>0.000$ ), destreza ( $p>0.014$ ), flexão do punho ( $p>0.012$ ), desvio ulnar ( $p>0.002$ ) e na componente de trabalho do *Michigan Hand Questionnaire* (MHQ) ( $p>0.038$ ) quando comparado ao grupo convencional. Não se verificou diferenças entre os grupos relativamente à dor ( $p=0.217$ ), extensão do punho ( $p=0.178$ ), desvio radial (0.234) e na pontuação total de incapacidade do MHQ ( $p=0.969$ ).

Conclui-se que aplicar a RV à fisioterapia convencional traz benefícios nos resultados de FP, destreza manual, componente de trabalho na MHQ e aumento na ADM do punho e antebraço em comparação com a fisioterapia convencional sozinha. Os autores apontam que isso pode ocorrer porque a natureza imersiva da RV provavelmente levou a um maior envolvimento e motivação, resultando numa melhor adesão aos protocolos de reabilitação e em melhorias mais significativas. Para além disso, o LMC forneceu feedback preciso e em tempo real, ajudando os clientes a corrigir movimentos e melhorar o desempenho de forma mais eficaz. Também o treino baseado em RV incluiu uma ampla gama de exercícios que visavam múltiplos aspetos da função da mão, contribuindo para uma melhoria geral na destreza e no desempenho funcional. Em síntese, o ambiente de RV permitiu uma prática mais consistente e repetitiva, o que é crucial para a aprendizagem motora.

### **E. “A glove-based virtual hand rehabilitation system for patients with post-traumatic hand injuries” (Jha et al., 2017)**

Lesões nas mãos são prevalentes na Índia e provocam um impacto significativo na qualidade de vida e situação socioeconómica dos clientes. A reabilitação eficaz é essencial, mas desafiadora devido à baixa adesão do cliente ao tratamento e à natureza exigente das terapias convencionais. A RV surgiu como uma solução potencial, mostrando resultados positivos na melhoria da adesão do cliente e dos resultados obtidos na reabilitação neurológica e ortopédica.

Assim, o estudo explora a utilização da RV como complemento à reabilitação convencional. Este apresenta o design e a avaliação da eficácia do *RehabRelive Glove*, um sistema portátil que pode ser usado tanto em contexto clínico como domiciliário.

O design da luva *RehabRelive* compreende uma luva sensorizada sem fio leve, exercícios virtuais na forma de jogos e um aplicativo *Android* para rastreamento de desempenho e análise de dados. A luva sensorizada usa sensores de unidade de medição inercial para rastrear com precisão os movimentos das articulações do punho e dos dedos (é ergonómico, ambidestro e adequado para vários tamanhos de mãos). Em termos de exercícios virtuais, oferece dois exercícios, "*Squeezy*" e "*Runman*", que foram desenvolvidos para direcionar atividades de preensão e flexão/extensão do punho, respetivamente. Esses jogos fornecem feedback em tempo real e são projetados para envolver e motivar os clientes.

Trinta clientes (com idade média de 44 anos), sendo 16 do sexo masculino e 14 do sexo feminino, com lesões pós-traumáticas nas mãos (incluindo a FRD), foram aleatoriamente divididos em dois grupos: um recebeu reabilitação virtual (Grupo A) e o outro fisioterapia convencional (Grupo B). Durante três semanas, cada grupo completou quinze sessões de 25 minutos de terapia. O estudo mediu a ADM do punho e dos dedos e a FP a cada sete sessões.

Em termos de resultados de ADM do punho, o Grupo A apresentou melhoria significativamente maior em comparação ao Grupo B ( $F=5.62$ ,  $p=0.02$ ,  $\eta^2=0.167$ ). Foi encontrada uma interação significativa entre tempo e grupo ( $F=10.81$ ,  $p=0.003$ ,  $\eta^2=0.279$ ). Testes post-hoc não indicaram diferença significativa em T1 ( $t=1,08$ ,  $p=0,57$ ), mas diferença significativa em T2 ( $t=3,36$ ,  $p=0,007$ ).

Relativamente à ADM das metacarpofalângicas (MCP) e interfalângicas (IF) verificou-se melhoria global significativa ao longo do tempo para todos os clientes ( $F=32,65$ ,  $p<0,001$ ,

$\eta^2=0,22$ ). Não houve diferença significativa entre os grupos ( $F=0,78$ ,  $p=0,38$ ,  $\eta^2=0,027$ ). Verificou-se diferença significativa na melhoria da ADM entre flexão e extensão ( $F=13,58$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,37$ ). Testes post-hoc mostraram uma diferença média na melhoria da ADM de  $6,1^\circ$  ( $SE=1,6^\circ$ ,  $t=3,68$ ).

Quanto à FP, não houve diferença significativa entre os grupos ( $F=1,83$ ,  $p=0,188$ ,  $\eta^2=0,04$ ).

O estudo conclui que a luva *RehabRelive* melhora efetivamente a recuperação da ADM do punho mais rapidamente do que a terapia convencional, demonstrando assim o seu potencial como uma ferramenta valiosa para a reabilitação das mãos.

Os autores apontam que é possível que o Grupo A apresentou melhoria significativamente maior na ADM do punho em comparação ao Grupo B devido às técnicas específicas de reabilitação utilizadas no estudo. Estas técnicas provavelmente facilitaram um melhor movimento e flexibilidade do punho, levando a melhorias mais pronunciadas no Grupo A. A melhoria significativa na ADM ao longo do tempo para todos os clientes pode ter-se devido aos exercícios de reabilitação consistentes e eficazes fornecidos durante as sessões terapêuticas. Nenhuma diferença significativa entre os grupos pode ser atribuída às condições de base semelhantes e à uniformidade dos protocolos de reabilitação aplicados a todos os participantes. A diferença significativa na melhoria da ADM entre flexão e extensão pode ser explicada pelas condições iniciais dos clientes, onde eles já apresentavam maior grau de extensão dos dedos, mas enfrentavam restrições na flexão (por exemplo), o que levou a uma melhoria relativamente mais significativa na flexão ao longo do tempo. Nenhuma diferença significativa na força de preensão entre os grupos sugere que ambos os protocolos de reabilitação foram igualmente eficazes no aumento da força de preensão. Isto pode ser devido à natureza dos exercícios, que visavam o fortalecimento muscular uniformemente em ambos os grupos.

#### **F. “Efficacy of wrist robot-aided orthopedic rehabilitation: a randomized controlled trial” (Albanese et al., 2021)**

Estudo realizado em Itália, que tem como objetivo avaliar a eficácia de um dispositivo robótico (*WRISTBOT*) na reabilitação ortopédica de lesões no punho.

Este dispositivo é um manípulo com 3 graus de liberdade projetado para estudos de controle motor e reabilitação. Permite uma ampla gama de movimentos para o punho humano e é totalmente reversível. Este dispositivo robótico tem aplicações na reabilitação ortopédica, especialmente para indivíduos em recuperação de lesões no punho.

Neste artigo, 23 participantes com lesões no punho foram aleatoriamente divididos em dois grupos: um grupo experimental (n=13, com idade média de 50 anos) que utilizou o *WRISTBOT* e um grupo de controle (n=10, com idade média de 48 anos) que seguiu um protocolo tradicional de reabilitação.

Todos os sujeitos passaram por avaliações robóticas e clínicas no início e no final do tratamento de reabilitação de três semanas.

Os resultados do estudo indicaram que ambos os grupos (experimental e controle) mostraram melhorias na funcionalidade do punho após o tratamento de reabilitação. O grupo experimental, que utilizou o dispositivo robótico *WRISTBOT*, apresentou melhores resultados na avaliação robótica em comparação com o grupo de controle que seguiu um protocolo tradicional. Isso sugere que o tratamento com o *WRISTBOT* foi eficaz e comparável ao tratamento convencional, com potencial para reduzir o esforço dos terapeutas e aumentar a precisão das avaliações.

Em termos de resultados de FP (avaliado com o dinamômetro *Jamar*), verificou-se que os valores no final do tratamento (Te) foram maiores que no início do mesmo (Tb). Não houve diferenças significativas entre os grupos experimental e controle tanto pré-reabilitação (U=57,  $p=0,642$ ) quanto pós-reabilitação (U=45,  $p=0,222$ ). No entanto, o aumento da FP de Tb para Te foi significativo no grupo de controle (W=12,  $p=0,021$ ), enquanto o grupo experimental apresentou tendência à significância (W=6,  $p=0,058$ ).

Quanto à destreza manual, avaliada através do Teste *Jebsen-Taylor*, verifica-se melhoria significativa apenas no grupo experimental (W=52,  $p=0,010$ ) e não no grupo de controle (W=43,  $p=0,126$ ).

Quanto à escala de avaliação *Patient Rated Wrist/Hand Evaluation* (PRWE) em que o próprio cliente avalia a função e a dor da sua mão, verificou-se que a reabilitação afetou principalmente a subescala função. A subescala dor não apresentou diferenças significativas entre os grupos em nenhum ponto de avaliação (Tb: U=49,5,  $p=0,774$ ; Te: U=46,  $p=0,594$ ; Tf: U=26,  $p=0,372$ ) e nenhuma melhoria significativa dentro de cada grupo (experimental:

$\chi^2=2,82$ ,  $p=0,244$ ; controle:  $\chi^2=2,17$ ,  $p=0,338$ ). Ambos os tratamentos de reabilitação impactaram significativamente a subescala função (experimental:  $\chi^2=2,84$ ,  $p=0,016$ ; controle:  $\chi^2=16,8$ ,  $p<0,001$ ).

O grupo de controle continuou a melhorar após 3 meses (Tb vs Te: D-C=5,49,  $p<0,001$ ; Tb vs Tf: D-C=7,82,  $p<0,001$ ; Te vs Tf: D-C=2,32,  $p=0,012$ ), enquanto o grupo experimental não apresentou alteração significativa desde o final do tratamento até o acompanhamento (Tb vs Te: D-C=2,65,  $p=0,036$ ; Tb vs Tf: D-C=4,08,  $p=0,088$ ; Te vs Tf: D-C=1,43,  $p=1,000$ ).

Relativamente à avaliação robótica: ambos os grupos experimental e de controle mostraram melhorias significativas após a reabilitação (experimental:  $W=54$ ,  $p=0,004$ ; controle:  $W=87$ ,  $p=0,002$ ). O grupo experimental obteve um Índice de Avaliação Robótica significativamente mais baixo, indicando melhor desempenho do que o grupo de controle ( $U=26$ ,  $p=0,015$ ).

Quanto à ADM, após três semanas, o grupo experimental apresentou ADM significativamente maior que o grupo de controle (ADM passiva:  $U=15$ ,  $p=0,001$ ; ADM ativa:  $U=22$ ,  $p=0,006$ ). O grupo de controle apresentou apenas melhoria significativa na ADM ativa ( $W=78$ ,  $p=0,021$ ).

Em termos de resultados da força isométrica, ambos os grupos melhoraram pós-reabilitação (experimental:  $W=50$ ,  $p=0,020$ ; controle:  $W=88$ ,  $p=0,001$ ).

O grupo experimental não apresentou melhoria significativa na percepção da posição do punho ( $W=22$ ,  $p=0,625$ ), enquanto o grupo de controle apresentou leve melhoria ( $W=77$ ,  $p=0,027$ ).

Os autores concluem que os sistemas robóticos fornecem movimentos precisos, consistentes e repetitivos, cruciais para uma reabilitação eficaz. Para além disso, indicam que feedback em tempo real e os níveis de dificuldade ajustáveis no treino robótico provavelmente contribuíram para um melhor desempenho e motivação. Os exercícios tradicionais e os assistidos por robótica foram estruturados para cobrir todos os aspetos da função da mão, levando à melhoria geral. A novidade e a interatividade dos sistemas robóticos podem aumentar o envolvimento do cliente e a adesão ao protocolo de reabilitação. Os exercícios assistidos por robótica podem isolar grupos musculares e articulações específicos, proporcionando esforços de reabilitação mais focados.

### 3.3. Síntese dos estudos

A presente amostra, composta por 6 estudos, abrange um período de publicação entre 2017 e 2022 (Tabela 3). Estes estudos têm origem em quatro países, predominantemente na Índia. Todos os estudos incluíram clientes com FRD. No entanto, três estudos incluíram também na amostra clientes com outras patologias, mas em número menor, nomeadamente: artrite reumatoide (Dabholkar & Shah, 2020), lesões dos ligamentos (Albanese et al., 2021) e fratura dos metacarpos (Jha et al., 2017).

No geral, a faixa etária dos 6 artigos variaram entre os 18 e os 80 anos. Quanto aos participantes do sexo feminino e masculino, Matalama-Gomez et al. (2022) mencionou um total de 46 mulheres e 8 homens; Narita et al. (2022) indicou apenas que 14 dos participantes eram do sexo feminino; Naqvi et al. (2022) referiu que 80% dos participantes eram do sexo masculino e 20% do feminino; Dabholkar e Shah (2020) mencionou que 20 participantes eram do sexo masculino e 30 do feminino; Kumar Jha et al. (2017) indicou que 16 dos clientes eram homens e 14 eram mulheres; Albanese et al. (2021) mencionou que 14 participantes eram do sexo masculino e 9 do sexo feminino.

Quanto ao tempo de reabilitação, os estudos variaram entre 4 e 12 semanas de tratamento, com sessões predominantemente de 20 minutos.

Quanto ao tipo de RV, foram igualmente utilizadas a RV imersiva e a RV não imersiva. Em termos de dispositivos de RV, Matalama-Gomez et al. (2022) e Naqvi et al. (2022) optaram pelo HMD, Narita et al. (2022) utilizou o *Ghost System*, Dabholkar e Shah (2020) usaram o LMC, Kumar Jha et al. (2017) utilizou jogos virtuais em simultâneo com um sistema de reabilitação através de uma luva e Albanese et al. (2021) faz uso de um *WRISTBOT* em paralelo com um ambiente de RV.

Relativamente aos instrumentos de avaliação utilizados: Matalama-Gomez et al. (2022) aplicaram o *Fugl-MeyerTest*, a DASH e o goniómetro; Narita et al. (2022) avaliaram apenas as amplitudes de movimento com o goniómetro; Naqvi et al. (2022) utilizaram o goniómetro, a DASH, a EVA e o dinamómetro; Dabholkar e Shah (2020) aplicaram no estudo a EVA, o goniómetro, o dinamómetro, o *Perdue Pegboard* e a MHQ; Kumar Jha et al. (2017) utilizaram o dinamómetro e o goniómetro; Albanese et al. (2021) optaram pelo dinamómetro, pelo *Jebsen Taylor Hand Function Test* e pelo PRWE.

No que concerne à intervenção, Matalama-Gomez et al. (2022) propuseram que o grupo experimental (GE) realizasse a intervenção terapêutica através de um programa no HMD e que o grupo de controle (GC) utilizasse RV não imersiva através de um programa num ecrã de computador sem utilização desse dispositivo. Para além disso, criaram outro GC que realizasse um programa terapêutico convencional que consistia em abrir e fechar a mão entre 20 e 30 vezes. Como resultados verificou-se que o GE apresentou menor incapacidade funcional e melhoria na flexão e extensão do punho comparando com ambos os grupos de controle.

Narita et al. (2022) realizaram um estudo em que o GE realiza a sua intervenção terapêutica pela visualização de vídeos (através do *Ghost*) que mostra o indivíduo a realizar diversos movimentos com o punho, enquanto o estímulo vibratório seria aplicado no tendão do músculo EUC. Em contrapartida, no GC seria apenas aplicado o estímulo vibratório no tendão do EUC. Ambos os grupos tiveram resultados significativos nas ADM.

Naqvi et al. (2022) apresentam um GE que realiza jogos no HMD, enquanto o GC realiza tratamento convencional. Em termos de resultados, ambos os grupos apresentaram diminuição da dor e aumento da funcionalidade, ADM e FP.

Dabholkar e Shah (2020) propõem uma intervenção terapêutica à base de jogos previamente selecionados para o GE, enquanto o GC realiza tratamento convencional. Ambos os grupos apresentaram melhoria na ADM, FP, destreza manual e no item trabalho da escala MHQ.

Kumar Jha et al. (2017) realizaram um estudo que preconiza que o GE utilize a *RehabRelive Glove* para realização de atividades de flexão/extensão e preensão através de jogos virtuais e o GC realize as mesmas atividades, mas sem o sistema da luva. Ambos os grupos demonstraram melhoria significativa na ADM e na FP ao longo do tempo.

Quanto à intervenção, Albanese et al. (2021) propõe que o GE realize a reabilitação através de um robô associado a um programa que promove um ambiente de RV e o GC realize tratamento convencional. Como resultado, após três semanas de tratamento, verificou-se que os grupos não diferem em termos de resultados para a funcionalidade, dor, FP e destreza manual. O GE apresentou melhorias significativas na rigidez e FM isométrica comparando com o GC.

Na tabela 3, estão apresentados os dados dos artigos segundo país de origem, amostra, faixa etária, sexo, tempo de intervenção, tipo de RV utilizada, instrumento de RV, intervenção, instrumentos de avaliação e resultados.

**Tabela 3** - Características e dados demográficos dos estudos selecionados

Estudo	Patologia	N Total	Idade	Sexo	Tempo Tratamento	Tipo de RV	Instrumento de RV	Intervenção	Instrumentos de Avaliação	Resultados
Matalama-Gomez et al., 2022	FRD	N = 54 (GE n = 20; GC-TC n = 20; GC-RVNI n=14)	18 – 80	M = 8 F = 46	4 - 6 semanas de treino; 3 dias por semana; 20 min. de sessão	RVI + RVNI	HMD	<b>GE:</b> visualização de programa no HMD  <b>GC de RVNI:</b> visualização de programa num ecrã de computador sem utilização do HMD  <b>GC de TC:</b> abrir e fechar a mão por 20-30x	Fugl-MeyerTest; DASH; Goniómetro	O GE apresentou menor incapacidade funcional e melhoria na flexão/extensão do punho comparando com o GC de TC e RVNI
Narita et al., 2022	FRD	N = 14 (GE n = 10; GC n = 4)	>20	F = 14	12 semanas (84 dias); 20 min. de sessão	RVI	Ghost System	<b>GE:</b> vídeos a mostrar o indivíduo a realizar movimentos com o punho enquanto o estímulo vibratório é aplicado no tendão EUC  <b>GC:</b> apenas é aplicado um estímulo vibratório no tendão do EUC	Goniómetro	Ambos os grupos tiveram resultados significativos nas AM

**Tabela 3** - Características e dados demográficos dos estudos selecionados (continuação)

Estudo	Patologia	N Total	Idade	Sexo	Tempo Tratamento	Tipo de RV	Instrumento de RV	Intervenção	Instrumentos de Avaliação	Resultados
Naqvi et al., 2022	FRD	N = 20 (GE*e GC*)	18 - 65	M = 80% F = 20%	4 semanas; 5 dias por semana; 60 min. de sessão	RVI	HMD	<b>GE:</b> jogos no HMD (Racket: NX / Until you fall / Holofit)  <b>GC:</b> tratamento convencional	Goniómetro; DASH; EVA; Dinamómetro	Ambos os grupos apresentaram diminuição da dor e aumento da funcionalidade, AM e FP
Dabholkar & Shah, 2020	Fraturas do punho (FRD e FU), Rigidez punho e mão, artrite reumatoide	N = 50 (GE*e GC*)	18 - 70	M = 20 F = 30	<b>GE:</b> 4 semanas; 2x por semana; 15-20 min. de TC + 10-15 min. RV  <b>GC:</b> 4 semanas; 3x por semana; 25 min.	RVNI	LMC	<b>GE:</b> 5 jogos foram selecionados  <b>GC:</b> tratamento convencional	EVA; Goniómetro; Dinamómetro; Purdue Pegboard Test; MHQ	GE e GC apresentaram melhoria na AM, FP, DM e no item trabalho da MHQ
Kumar Jha et al., 2017	FRD e Fratura dos metacarpos	N = 30 (GE*e GC*)	> 18	M = 16 F = 14	3 semanas; 5x por semana; 20 min.	RVNI	Jogos Virtuais ( <i>RehabRelive Glove</i> )  Sistema de Reabilitação - Mão Virtual Luva "Sensorizada"	<b>GE:</b> RehabRelive Glove para realização de atividades de flexão/extensão e preensão através de jogos virtuais	Dinamómetro; Goniómetro	Ambos os grupos demonstraram melhoria significativa na AM e na FP ao longo do tempo

**Tabela 3** - Características e dados demográficos dos estudos selecionados (continuação)

Estudo	Patologia	N Total	Idade	Sexo	Tempo Tratamento	Tipo de RV	Instrumento de RV	Intervenção	Instrumentos de Avaliação	Resultados
								<p><b>GC:</b> realização das mesmas atividades que o GE, mas sem o sistema da luva</p> <p>(Ambos os grupos recebem também TC durante 10 min.)</p>		
Albanese et al., 2021	FRD, FU, Lesões de Ligamento, Fraturas e/ou luxação dos ossos do carpo	N = 23 (GE n = 10; GC n = 13)	18 - 65	M = 14 F = 9	3 semanas; 4-5x por semana; 90 min. por sessão	RVNI	<i>Wristbot</i> + Ambiente de RV	<p><b>GE:</b> reabilitação através do robô associado a um programa que promove um ambiente de RV</p> <p><b>GC:</b> tratamento convencional</p>	Dinamômetro; <i>Jebsen Taylor Hand Function Test</i> ; PRWE	Após 3 semanas de tratamento, verifica-se que os grupos não diferem em termos de resultados para a funcionalidade, dor, FP e DM; O GE apresentou melhorias significativas na rigidez e FM (isométrica) comparando com o GC

Legenda: **FRD:** Fratura Distal do Rádio; **FU:** Fratura da Ulna; **GE:** Grupo Experimental; **GC:** Grupo de Controle; **RV:** Realidade Virtual; **RVI:** Realidade Virtual Imersiva; **RVNI:** Realidade Virtual Não Imersiva; **TC:** Tratamento Convencional; **M:** Masculino; **F:** Feminino; **HMD:** *Head Mounted Display*; **AM:** Amplitude de Movimento; **FP:**

Força de Preensão; **DM:** Destreza Manual; **EUC:** Músculo Extensor Ulnar do Carpo; **DASH:** *Disabilities of The Arm Shoulder and Hand*, **EVA:** Escala Visual Analógica; **GE\*GC:** Grupo Experimental e Grupo de Controle não foram especificados em termos de N; **PRWE:** *Patient Rated Wrist/Hand Evaluation*.

## 4. Discussão

Esta revisão sistemática da literatura teve como objetivo analisar a eficácia do uso da realidade virtual (RV) na reabilitação de fraturas do rádio distal (FRD) em termos de amplitude de movimento (ADM), força de preensão (FP), dor, destreza manual e funcionalidade. Os tratamentos mais convencionais geralmente utilizam analgésicos, anti-inflamatórios e um programa de reabilitação contínua e individualizada que inclui técnicas para ganho de ADM articular e força muscular (Kay et al., 2008), enquanto os tratamentos com RV utilizam como recursos dispositivos que permitem e imersão num mundo virtual. Também pode, para além disso, ser realizado um tratamento em que se faça a junção destes dois tipos de tratamento (TC com recurso à RV).

A revisão bibliográfica indicou seis estudos que relataram resultados relacionados à eficácia de diferentes intervenções de RV para reabilitação, com foco particular na funcionalidade do punho e da mão. Um total de (n=3) usaram RV imersiva e não imersiva. Os dispositivos utilizados dentro da RV imersiva foram os HMDs e o *Ghost System*, enquanto os de RV não imersiva incluíam o LMC e as luvas especializadas como a *RehabRelive Glove*, destacando a diversidade de instrumentos de RV na reabilitação.

Em primeiro lugar, os resultados da revisão sistemática mostram que melhorias significativas na ADM foram observadas nos grupos experimentais e de controle em todos os estudos. O instrumento de medida utilizado foi o goniómetro e os critérios de avaliação foram os mesmos em todos os artigos. Apenas o estudo de Albanese et al. (2021) não incluiu a avaliação desta variável. Relativamente à ADM, no estudo de Matalama-Gomez et al. (2022), verificou-se melhoria significativa na flexão e extensão do punho para o grupo de RV imersiva, comparando com o grupo que utilizou RV não imersiva ou TC. No artigo de Narita et al. (2022), verificaram-se melhorias significativas na ADM em ambos os grupos, com o grupo *Ghost* a apresentar melhores resultados que o grupo de controle (que recebeu apenas estimulação vibratória). Isto foi consistente com o encontrado por Naqvi et al. (2022), em que o tratamento com RV se verificou que foi mais eficaz que o tratamento convencional. Estes resultados coincidem com os estudos prévios (Grande et al., 2011; Hajela et al., 2022) sobre outras lesões da mão, na qual a ADM também melhorou com a aplicação da RV. Estes resultados, segundo os autores, devem-se à motivação e confiança que os exercícios de RV

propõem. Estes exercícios promovem um ambiente envolvente muito específico consoante a tarefa proposta promovendo maior repetição dos movimentos e ajuste da dificuldade dos exercícios que conseqüentemente permitem o aumento da ADM. Para além disso, a mobilização articular quer seja passiva ou ativa permite aumentar a ADM do punho.

Em relação aos resultados da FP nos estudos de Naqvi et al. (2022), Dabholkar & Shah (2020) e Kumar Jha et al. (2017), verificou-se um aumento da FP com a aplicação da RV. A FP foi medida, principalmente, com a utilização de um dinamómetro *Jamar*. É possível que os bons resultados se devam a um processo de facilitação neuronal que ocorre na fase inicial de reabilitação com o uso de movimentos repetitivos de pinça e preensão (Dabholkar & Shah, 2020). Consistentemente com o encontrado em estudos prévios (Solcà et al., 2018; Saposnik et al., 2010) com clientes com pós mastectomia e pós-acidente vascular cerebral (AVC), respetivamente, onde verificaram também diferenças significativas na FP após a reabilitação com RV imersiva. No entanto, num estudo (Albanese et al., 2021), os grupos não apresentaram diferenças significativas em termos de resultados para a FP. Isto pode dever-se ao facto de a reabilitação precisar de uma intensidade e duração significativas para produzir mudanças substanciais na força muscular (Lang et al., 2009). Estudos de curta duração ou com intervenções de menor intensidade podem não mostrar diferenças marcantes entre grupos. Nesta linha, Dobkin (2004) discute como a variabilidade entre os participantes, especialmente em termos de gravidade da lesão ou condição médica, pode influenciar os resultados do tratamento, tornando difícil observar diferenças significativas nos estudos.

Verificou-se que apenas dois artigos avaliaram a dor. Esta avaliação foi realizada pela escala EVA por ambos os estudos. Tanto o grupo de RV quanto o grupo de controle apresentaram diminuição da dor nos estudos de Naqvi et al. (2022) e Dabholkar e Shah (2020). A redução da dor observada nos estudos pode ser atribuída a diversos fatores relacionados aos efeitos terapêuticos da RV, tais como o uso de sistemas de RV imersivos, como os HMDs que proporcionam um alto nível de envolvimento sensorial e geralmente envolve exercícios/jogos interativos, o que pode efetivamente “distrair” os clientes da dor e reduzir a percepção desta ao envolver o cérebro em tarefas virtuais que requerem foco e atenção. Desta forma, limita-se a capacidade do cérebro de processar sinais de dor (Malloy & Milling, 2010). Para além disos, tanto a RV como o TC envolvem movimentos físicos que melhoram o fluxo sanguíneo e conseqüentemente auxiliam na diminuição da rigidez e melhoram a função articular, o que pode diminuir a dor ao longo do tempo. Por outro lado, a reabilitação da RV muitas vezes incorpora a exposição gradual a movimentos que podem

ser dolorosos, permitindo que os clientes recuperem gradualmente a confiança e reduzam os comportamentos compensatórios, que podem exacerbar a dor (Hoffman et al., 2008). Também se encontrou que a RV pode criar uma sensação de realização, permitindo que os clientes vejam feedback imediato sobre o seu desempenho num ambiente virtual. Este reforço positivo pode melhorar o humor e reduzir a percepção da dor (Li et al., 2011). Acrescentar ao que foi anterior descrito, os sistemas de RV geralmente fornecem feedback multissensorial (visual, auditivo e, às vezes, tátil), que pode ajudar os clientes a compreender e controlar melhor os seus movimentos. Este feedback pode levar a um melhor controlo motor, redução da tensão muscular e, conseqüentemente, diminuição da dor (Melzack & Wall, 1965). Estes resultados coincidem com estudos prévios que confirmam a eficácia da RV no tratamento da dor em patologias distintas (Viderman et al., 2023; Hajela et al., 2022).

Por outro lado, a funcionalidade foi avaliada por Albanese et al. (2021), no qual foram observadas melhorias significativas no grupo de RV; por Matalama-Gomez et al. (2022), no qual o grupo de RV imersiva obteve pontuações significativamente mais altas em comparação aos grupos TC e RV não imersiva; e por Dabholkar & Shah (2020) que obteve melhorias significativas apenas na componente de trabalho no MHQ quando comparado ao grupo convencional. A melhoria na função observada nos estudos pode ser atribuída ao facto da RV permitir a realização de tarefas direcionadas à função da mão, o que garante que os exercícios sejam relevantes para os objetivos funcionais do cliente (Aderinto et al., 2023) e ao ambiente de RV, que é projetado de forma a promover a aprendizagem motora através de exercícios repetitivos e direcionados (Johansson, 2000). Nesta linha, Amin et al. (2024), também evidenciou melhorias significativas na funcionalidade da mão e membro superior em clientes com AVC após reabilitação com RV. A avaliação da funcionalidade foi obtida, principalmente, através da aplicação de três instrumentos: o *Fugl-Meyer Test*, o MHQ e o PRWE.

Quanto à destreza manual, apenas dois estudos avaliaram esta variável. Para isso foram utilizados dois instrumentos da avaliação, nomeadamente o *Purdue Pegboard Test* e o *Jebsen-Taylor Hand Function Test*. Melhorias significativas na destreza manual foram observadas nos grupos de RV nos estudos de Dabholkar & Shah (2020) e Albanese et al. (2021). As melhorias explicam-se pela capacidade do sistema de RV de fornecer feedback instantâneo sobre a FP, ângulo e velocidade de movimento, permitindo ao cliente ajustar-se para obter um melhor desempenho na tarefa e pela realização de movimentos repetitivos e específicos da tarefa exigidos pela RV, que pode levar à reorganização neuronal do córtex

(neuroplasticidade). Para além disso, estes exercícios requererem altos níveis de atenção, coordenação olho-mão, manutenção da posição da mão no espaço e execução de movimentos finos que contribuem para a melhoria do cliente (Dabholkar & Shah, 2020).

No que diz respeito aos resultados relacionados com a incapacidade, avaliada pela escala DASH, é importante referir que houve uma baixa incidência da avaliação desta variável nos estudos analisados. Apenas Matalama-Gomez et al. (2022) e Naqvi et al. (2022) avaliaram a incapacidade. Ambos verificaram melhorias significativas na capacidade funcional, sendo que os clientes que tiveram reabilitação baseada em RV imersiva apresentaram menos incapacidade que os de TC ou de RV não imersiva.

No geral, os resultados sugerem que a RV pode efetivamente reduzir a dor, melhorar a incapacidade, aumentar a ADM, FP e destreza manual e aumentar a satisfação com o tratamento. Outros estudos relatam que a RV também apresenta benefícios no aumento do equilíbrio, da resistência, da destreza e da velocidade (Kwon et al., 2023).

No que concerne à duração dos tratamentos aplicados na reabilitação com RV, a revisão verificou que houve uma duração de intervenção entre 4 e 12 semanas, com a maioria das sessões com duração de cerca de 20 minutos (a variar entre os 20 e os 90 minutos). Isto indica uma abordagem ampla, mas consistente na duração das sessões em todos os estudos. A duração das sessões de reabilitação com RV pode variar bastante entre os estudos, dependendo da natureza da lesão, do protocolo de tratamento e dos objetivos do estudo. Em geral, a duração da intervenção com RV noutros artigos também se encontra dentro do intervalo de 20 a 30 minutos por sessão (Gumaa & Youssef, 2019). O mesmo se pode verificar no estudo de Laver et al. (2015) em que as sessões de RV para a reabilitação de clientes com AVC tiveram uma duração de cerca de 30 minutos, com sessões até 6/8 semanas de tratamento. Outro estudo que utilizou sessões de RV na reabilitação de lesões ortopédicas tiveram uma duração média de 20 a 30 minutos, com um protocolo de 5 vezes por semana durante 6 semanas (Gumaa & Youssef, 2019). Desta forma, um intervalo de 20 a 30 minutos por sessão, parece ser suficiente para obter benefícios terapêuticos significativos.

A literatura sugere que a eficácia da RV pode ser alcançada tanto com protocolos de curta quanto de longa duração, dependendo da intensidade das sessões. No entanto, a eficácia não está necessariamente ligada a um maior número de sessões, mas sim à qualidade das mesmas e ao envolvimento e motivação do cliente no processo terapêutico (Cameirão, et al., 2011).

Relativamente à origem dos estudos, três foram realizados na Índia e os restantes foram realizados um na Itália, um no Japão e um em Espanha, o que pode refletir várias questões contextuais e específicas dessas regiões. São países com investimentos significativos em infraestrutura de saúde e pesquisa clínica e que possuem universidades de prestígio que apoiam novas tecnologias e promovem estudos inovadores em RV.

Em relação à população à qual as intervenções de RV foram aplicadas, os estudos incluíram participantes com idades entre os 18 e 80 anos, o que mostra que a utilização destes tratamentos não se limita apenas a um tipo de população (por exemplo, idosos), mas foi testada em jovens, adultos jovens e idosos ou idosos. Em relação ao género, a maioria dos estudos teve uma amostra equilibrada ou predominantemente feminina, exceto Naqvi et al. (2022), onde 80% dos participantes eram do sexo masculino. A distribuição de género nos estudos, pode ser influenciada por vários fatores. Alguns estudos epidemiológicos mostram que a incidência de FRD é significativamente maior em mulheres mais velhas do que em homens da mesma faixa etária (Neto et al., 2022). A maior participação de mulheres em estudos como os de Albanese et al. (2021) e Matalama-Gomez et al. (2022) poderá refletir essa maior prevalência. A exceção no estudo de Naqvi et al. (2022) poderá dever-se possivelmente ao contexto cultural e demográfico dos participantes. Não há evidências claras de que as mulheres estejam mais predispostas a experimentar a RV do que os homens em geral (Dirin et al., 2019). No entanto, a alta participação feminina pode estar mais relacionada com a prevalência da lesão do que com uma preferência por RV no tratamento.

Em resumo, a evidência científica sugere que a RV pode ser particularmente eficaz em certos contextos, mas a sua superioridade em relação a outras terapias/tratamentos depende de vários fatores, incluindo a natureza da patologia tratada, a intensidade da dor, o contexto, entre outros. A RV oferece um nível de distração e imersão que muitas terapias tradicionais não conseguem proporcionar. Este efeito imersivo pode ser mais eficaz na redução da perceção da dor em comparação com terapias que não envolvem estímulos visuais e interativos intensivos. Embora a RV mostre ser eficaz, esta é frequentemente utilizada em conjunto com outras formas de terapia, como a fisioterapia e a TO, para potencializar os resultados.

A RV poderá ser uma contribuição e um complemento às terapias convencionais, mostrando-se promissora no envolvimento dos clientes no processo terapêutico e na melhoria da aprendizagem motora e na função da mão e membro superior. No entanto,

permanecem limitados os estudos disponíveis e existe uma heterogeneidade nos protocolos de aplicação e a qualidade metodológica variável dos estudos que sugerem considerar os resultados com cautela.

Os estudos incluídos nesta revisão utilizaram diversos dispositivos de RV quer imersiva como não imersiva, para além de várias tecnologias de *hardware*, *software* e robótica, o que provoca uma instabilidade nos resultados. Quantificar o tipo, quantidade e número de repetições dos exercícios que devem ser realizados para que se obtenham resultados significativos, torna-se um desafio quando diferentes estudos empregam diferentes tipos de dispositivos/jogos/intervenções. Esta variabilidade no processo terapêutico e os escassos protocolos de intervenção que incluem RV no tratamento da FRD torna difícil a comparação dos resultados entre os estudos.

Atualmente, não existem protocolos específicos e padronizados estabelecidos para a utilização da RV na reabilitação de clientes com FRD, o que destaca a necessidade de maior pesquisa e criação de evidência científica para determinar as melhores abordagens e técnicas terapêuticas que nos permitam incluir a RV neste processo terapêutico. Portanto, o desenho e o número de estudos realizados sobre a eficácia da RV em lesões musculoesqueléticas representam um desafio significativo. Muitos estudos foram estatisticamente insuficientes, apesar de mostrarem resultados positivos. Estabelecer efetivamente a eficácia clínica da utilização da RV na FRD requer ensaios clínicos randomizados de alta qualidade e em grande escala. Os estudos comparativos devem incluir um ambiente de controle adequado para diferenciar os efeitos da RV de outras terapias utilizadas.

A nível global, os resultados desta revisão indicam que existem poucos estudos que utilizam a RV na reabilitação de clientes com FRD. A maioria das investigações científicas sobre a eficácia da reabilitação através de RV centram-se em condições neurológicas, onde a recuperação da função motora é o objetivo principal (Saposnik & Levin, 2011). O número de estudos realizados em condições musculoesqueléticas, nomeadamente a FRD, são reduzidos pela sua especificidade e por ocorrerem na população em menor escala.

A reabilitação da FRD geralmente baseia-se em tratamentos de fisioterapia e/ ou terapia ocupacional. Estes métodos são eficazes e acessíveis, reduzindo a procura imediata de abordagens alternativas como a RV, que podem ser vistas como complementares e não primárias. O custo e a acessibilidade da tecnologia da RV têm sido barreiras à sua adoção

generalizada em ambientes clínicos (Cano-de-la-Cuerda et al., 2024), particularmente em condições ortopédicas específicas.

A RV na reabilitação quer de condições neurológicas, quer de condições musculoesqueléticas, ainda é um campo na qual a investigação se está a expandir gradualmente (Brady et al., 2021). Embora os estudos iniciais se tenham concentrado em condições mais comuns ou impactantes, é provável que, com o tempo, patologias mais específicas, como a FRD, sejam exploradas.

A presente revisão sistemática apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. Primeiro, o número de estudos de qualidade incluídos nesta revisão foi reduzido e representam apenas quatro países, o que limita significativamente a generalização dos resultados a outros países e contextos. Em segundo lugar, existem reservas quanto à adequação da estratégia de pesquisa, criando potencial espaço para estudos que podem ter sido omitidos da revisão. Terceiro, os estudos desta revisão tiveram amostras relativamente pequenas, o que leva à necessidade de estudos em maior escala para fornecer evidências científicas mais robustas e confiáveis. A heterogeneidade no momento das avaliações, nos resultados obtidos e na forma como estes foram divulgados nos artigos, tornou difícil a comparação dos mesmos. Por último, a inclusão de estudos apenas em inglês, português e espanhol pode ter introduzido um viés linguístico, onde a consideração de estudos em línguas diferentes destas poderiam ter fornecido informações adicionais à presente revisão.

A questão da nomenclatura relacionada à RV apresenta-se também como uma limitação relevante, conforme descrito em estudos anteriores (Abbas et al., 2023). A falta de uniformidade nos termos utilizados pode ter levado à omissão de literatura relevante ou à confusão na definição de alguns conceitos ao longo do presente trabalho.

No entanto, este trabalho teve os seus pontos fortes que influenciaram positivamente a sua realização, nomeadamente: a estratégia de pesquisa adotada, que foi exaustiva; a avaliação da qualidade metodológica e a extração de dados foram realizadas por duas examinadores independentes, aumentando a confiabilidade dos resultados; cada etapa desta revisão sistemática obedeceu a um protocolo, dando um maior grau de confiança a este estudo.

Destaca-se a importância de pesquisas futuras e a necessidade de estudos clínicos em grande escala e de alta qualidade para estabelecer a eficácia clínica das intervenções da RV.

No geral, a RV mostra-se promissora como uma ferramenta valiosa na reabilitação de clientes com lesões musculoesqueléticas e a investigação contínua contribuirá para uma melhor compreensão da sua eficácia, protocolos ideais e benefícios potenciais para estes clientes.

## 5. Conclusão

Esta revisão sistemática explorou a utilização e eficácia da RV na reabilitação da FRD. Os resultados sugerem que a RV poderá efetivamente trazer benefícios para o cliente, promovendo melhorias na dor, destreza manual, incapacidade e funcionalidade, bem como aumentar a ADM e FP. A RV permite também estimular a motivação e a adesão do cliente ao processo terapêutico, mostrando-se uma ferramenta promissora.

Contudo, devido ao número limitado de estudos incluídos no presente trabalho, à heterogeneidade nos protocolos de aplicação e à qualidade metodológica variável, nenhuma conclusão definitiva pode ser tirada sobre a superioridade de um tratamento baseado em RV em comparação com outros tratamentos, como é o caso do TC. Desta forma, enfatiza-se a necessidade de mais estudos científicos que explorem os efeitos terapêuticos da RV em condições musculoesqueléticas, bem como se os diferentes tipos de RV afetam ou não os resultados da reabilitação.

Apesar da evidência científica ser escassa, é possível verificar-se que a aplicação da RV oferece vários benefícios significativos que contribuem para uma recuperação eficaz, não só em condições musculoesqueléticas, como neurológicas, pelo que deve ser incentivada a aplicação da mesma no processo terapêutico.

## 6. Referências Bibliográficas

- Abbas, J., O'Connor, A., Ganapathy, E., Isba, R., Payton, A., McGrath, B., Tolley, N., & Bruce, I. (2023). What is virtual reality? A healthcare-focused systematic review of definitions. *Health Policy and Technology, 12*(2), <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2023.100741>.
- Aderinto, N., Olatunji, G., Abdulbasit, M., Edun, M., Aboderin, G., & Egbunu, E. (2023). Exploring the efficacy of virtual reality-based rehabilitation in stroke: a narrative review of current evidence, *Annals of Medicine, 55*(2), 2285907, doi:10.1080/07853890.2023.228590
- Albanese, G. A., Taglione, E., Gasparini, C., Grandi, S., Pettinelli, F., Sardelli, C., Catitti, P., Sandini, G., Masia, L., & Zenzeri, J. (2021). Efficacy of wrist robot-aided orthopedic rehabilitation: A randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 18*(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00925-0>.
- Alencar Neto, J., Jales, C., Coelho, J., Souza, C., & Cavalcante M. (2022). Epidemiology, classification, and treatment of bilateral fractures of the distal radius. *Acta Ortopédica Brasileira, 30*(3), 1-4. <https://doi.org/10.1590/1413-785220223003e245185>.
- Amin, F., Waris, A., Syed, S., Amjad, I., Umar, M., Iqbal, J. & Gilani, S. (2024). Effectiveness of immersive virtual reality hand rehabilitation games for improving hand motor functions in subacute stroke patients. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 32*, 2060-2069. doi: 10.1109/TNSRE.2024.3405852.
- Barbosa, P. S. H., Teixeira-Salmela, L. F., & Cruz, R. B. D. (2009). Reabilitação das fraturas do rádio distal. *Acta Ortopédica Brasileira, 17*(3), 182–186. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522009000300011>.
- Beladelli, L. M., Mente, P. X., & Gasparini, G. C. (2016). A construção da terapia ocupacional na reabilitação de mão após lesão traumática. *Multitemas, (25)*. <https://doi.org/10.20435/multi.v0i25.848>.
- Belloti, J. C., Alves, B. V. P., Archetti, N., Nakachima, L. R., Faloppa, F., & Tamaoki, M. J. S. (2021). Tratamento da consolidação viciosa do rádio distal: Osteotomia corretiva mediante

- planejamento com prototipagem em impressão 3D. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 56(03), 384–389. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718510>.
- Belloti, J. C., Santos, J. B. G. D., Erazo, J. P., Iani, L. J., Tamaoki, M. J. S., Moraes, V. Y. D., & Faloppa, F. (2013). Um novo método de classificação para as fraturas da extremidade distal do rádio – a classificação IDEAL. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 48(1), 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2012.06.003>.
- Brady, N., McVeigh, J., McCreesh, K., Rio, E., Dekkers, T. & Lewis, J. (2021). Exploring the effectiveness of immersive virtual reality interventions in the management of musculoskeletal pain: a state-of-the-art review, *Physical Therapy Reviews*, 26(4), 262-275. doi: 10.1080/10833196.2021.1903209.
- Cameirão, M., Bermúdez i Badia, S., Duarte, E., & Verschure, P. (2011). The combined impact of virtual reality neurorehabilitation and its interfaces on upper extremity functional recovery in patients with chronic stroke. *Stroke*, 42(1), 201-206. doi: 10.1161/STROKEAHA.112.653196.
- Cano-de-la-Cuerda, R., Blázquez-Fernández, A., Marcos-Antón, S., Sánchez-Herrera-Baeza, P., Fernández-González, P., Collado-Vázquez, S., Jiménez-Antona, C. & Laguarda-Val, S. (2024). Economic cost of rehabilitation with robotic and virtual reality systems in people with neurological disorders: a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 13, 1531. <https://doi.org/10.3390/jcm13061531>.
- Corsino, C. B., Reeves, R. A., & Sieg, R. N. (2024). Distal radius fractures. *StatPearls*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30241976>.
- Critical Appraisal Skills Programme (2020). *CASP Randomised Controlled Trial Checklist*. <https://casp-uk.net/referencing/>.
- Cugelman, B. (2013). Gamification: what it is and why it matters to digital health behavior change developers. *JMIR Serious Games*, 1(1), e3. <https://doi.org/10.2196/games.3139>.
- Dabholkar, T. & Shah, S. (2020). Effect of virtual reality training using leap motion controller on impairments and disability in patients with wrist and hand stiffness. *Indian Journal of*

- Public Health Research & Development*, 11(11), 210-219.  
<https://doi.org/10.37506/ijphrd.v11i11.11375>.
- Damaševičius, R., Maskeliūnas, R., & Blažauskas, T. (2023). Serious games and gamification in healthcare: a meta-review. *Information*, 14(2), 105. <https://doi.org/10.3390/info14020105>.
- De Grande, A. A. B., Galvão, F. R. D. O., & Gondim, L. C. A. (2011). Reabilitação virtual através do videogame: relato de caso no tratamento de um paciente com lesão alta dos nervos mediano e ulnar. *Acta Fisiátrica*, 18(3), 157–162. <https://doi.org/10.11606/issn.2317-0190.v18i3a103644>.
- Dirin, A., Alamäki, A., & Suomala, J. (2019). Gender differences in perceptions of conventional video, virtual reality and augmented reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 13(06), 93–103. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i06.10487>.
- Dobkin, B. H. (2004). Strategies for stroke rehabilitation. *The Lancet Neurology*, 3(9), 528-536. doi:10.1016/S1474-4422(04)00851-8.
- Explanation of the 2011 OCEBM Levels of Evidence — Centre for EvidenceBased Medicine (CEBM), University of Oxford. Accessed June 20, 2024.  
<https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/explanation-of-the-2011-ocebmlevels-of-evidence>.
- Gumaa, M., & Youssef, A. (2019). Is virtual reality effective in orthopedic rehabilitation? A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*. 99 (10), 1304–1325. doi: 10.1093/ptj/pzz093.
- Gumaa, M., Khaireldin, A., & Rehan Youssef, A. (2021). Validity and reliability of interactive virtual reality in assessing the musculoskeletal system: a systematic review. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 14(2), 130–144. <https://doi.org/10.1007/s12178-021-09696-6>.
- Hajela, N., Dobson-Brazier, M., & Sawdon Bea, J. (2022). Effectiveness of virtual reality vs standard physical therapy on range of motion, pain and enjoyment in patients with acute burns: a meta-analysis and evidence based review. *Archives of Clinical and Biomedical Research*, 06(01). <https://doi.org/10.26502/acbr.50170229>.

- Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Seibel, E. J., Soltani, M., Jewett-Leahy, L., & Sharar, S. R. (2008). Virtual reality pain control during burn wound debridement in the hydrotank. *The Clinical Journal of Pain, 24*(4), 299-304.
- Jerald, J. (2016). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Association for computing machinery Morgan & Claypool publishers.
- Jha, C. K., Shukla, Y., Mukherjee, R., Rathva, P., Joshi, M., & Jain, D. (2024). A glove-based virtual hand rehabilitation system for patients with post-traumatic hand injuries. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1–9*.<https://doi.org/10.1109/TBME.2024.336088>
- Johansson, B. (2000). Brain plasticity and stroke rehabilitation: the willis lecture. *Stroke, 31*(1), 223-230. doi:10.1161/01.str.31.1.223.
- Kardong-Edgren, S., Farra, S. L., Alinier, G., & Young, H. M. (2019). A call to unify definitions of virtual reality. *Clinical Simulation in Nursing, 31*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.02.006>.
- Kay, S., McMahon, M., & Stiller, K. (2008). An advice and exercise program has some benefits over natural recovery after distal radius fracture: A randomised trial. *Australian Journal of Physiotherapy, 54*(4), 253–259. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(08\)70004-7](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(08)70004-7).
- Kimura, B. G., Zago, N. N., Grecco, M. A. S., & Fernandes, L. F. R. M. (2017). Avaliação da força de preensão e funcionalidade após fratura distal de rádio. *Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional, 1*(4), 490–498. <https://doi.org/10.47222/2526-3544.rbto12565>.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine, 15*(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>.
- Kwon, S.-H., Park, J. K., & Koh, Y. H. (2023). A systematic review and meta-analysis on the effect of virtual reality-based rehabilitation for people with Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 20*(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01219-3>.

- Lang, C. E., MacDonald, J. R., Gnip, C. (2009). Counting repetitions: an observational study of outpatient therapy for people with hemiparesis post-stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 33(1), 14-21. doi:10.1097/NPT.0b013e31819800ef.
- Laver, K., George, S., Thomas, S., Deutsch, J., & Crotty, M. (2015). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2). doi: 10.1002/14651858.CD008349.
- Lefebvre, C., Glanville, J., Wieland, L. S., Coles, B., & Weightman, A. L. (2013). Methodological developments in searching for studies for systematic reviews: past, present and future? *Systematic Reviews*, 2(1), 78. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-2-78>.
- Li, A., Montano, Z., Chen, V. J., & Gold, J. I. (2011). Virtual reality and pain management: current trends and future directions. *Pain Management*, 1(2), 147-157. doi:10.2217/pmt.10.15.
- Malloy, K. M., & Milling, L. S. (2010). The effectiveness of virtual reality distraction for pain reduction: a meta-analysis. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 25(1), 29-38. doi: 10.1016/j.cpr.2010.07.001.
- Matamala-Gomez, M., Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2022). Impact of virtual embodiment and exercises on functional ability and range of motion in orthopedic rehabilitation. *Scientific Reports*, 12(1), 5046. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08917-3>.
- Mc Kittrick, A., Desselle, M. R., Padilha Lanari Bo, A., Zhang, B., Laracy, S., & Tornatore, G. (2023). Patient experience in adjunct controller-free hand tracking virtual reality tasks for upper-limb occupational therapy rehabilitation. *Journal of Patient Experience*, 10, 23743735231211983. <https://doi.org/10.1177/23743735231211983>.
- Meijer, H. A. W., Obdeijn, M. C., Van Loon, J., Van Den Heuvel, S. B. M., Van Den Brink, L. C., Schijven, M. P., Goslings, J. C., & Schepers, T. (2023). Rehabilitation after distal radius fractures: opportunities for improvement. *Journal of Wrist Surgery*, 12(05), 460–473. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1769925>.
- Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms: a new theory. *Science*, 150(3699), 971-979.

- Naqvi, W. M., & Qureshi, M. I. (2022). Gamification in therapeutic rehabilitation of distal radial and ulnar fracture: a case report. *Cureus, 14*(8), e28586. <https://doi.org/10.7759/cureus.28586>.
- Naqvi, W. M., Qureshi, M.I., Nimbalkar, G., & Umate, L. (2022). Gamification for distal radius fracture rehabilitation: a randomized controlled pilot study. *Cureus, 14*(9), e29333. doi: 10.7759/cureus.29333.
- Narita, D., Hamaguchi, T. & Nakamura-Thomas, H. (2022). Development and trial of a prototype device for sensorimotor therapy in patients with distal radius fractures. *Applied Sciences, 12*(4), 1967. <https://doi.org/10.3390/app12041967>.
- Nascimento, C. O. D., & Araújo De Carvalho, C. R. (2022). Terapia ocupacional e o uso dos jogos de realidade virtual no tratamento com pessoas idosas. *Revista Chilena de Terapia Ocupacional, 23*(2). <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2022.66857>.
- Omlor, A. J., Schwärzel, L. S., Bewarder, M., Casper, M., Damm, E., Danziger, G., Mahfoud, F., Rentz, K., Sester, U., Bals, R., & Lepper, P. M. (2022). Comparison of immersive and non-immersive virtual reality videos as substitute for in-hospital teaching during coronavirus lockdown: A survey with graduate medical students in Germany. *Medical Education Online, 27*(1), 2101417. <https://doi.org/10.1080/10872981.2022.2101417>.
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., & Mulrow, C. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. 372*(71). <https://doi.org/doi: 10.1136/bmj.n71>.
- Sampaio, R., & Mancini, M. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia, 11*(1), 83–89. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000100013>.
- Santos, C. M. D. C., Pimenta, C. A. D. M., & Nobre, M. R. C. (2007). The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-Americana de Enfermagem, 15*(3), 508–511. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>.
- Saposnik, G., & Levin, M. (2011). Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. *Stroke, 42*(5), 1380-6. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.605451.

- Saposnik, G., Teasell, R., Mamdani, M., Hall, J., McIlroy, W., Cheung, D., Thorpe, KE., Cohen, LG., & Bayley, M. (2010). Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*, *41*(7), 1477-84. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.584979.
- Solcà, M., Ronchi, R., Bello-Ruiz, J., Schmidlin, T., Herbelin, B., Luthi, F., Konzelmann, M., Beaulieu, JY., Delaquaize, F., Schnider, A., Guggisberg, AG., Serino, A., & Blanke, O. (2018). Heartbeat-enhanced immersive virtual reality to treat complex regional pain syndrome. *Neurology*, *91*(5), 479-489. doi: 10.1212/WNL.0000000000005905.
- Tomori, Y., Nanno, M., & Takai, S. (2020). Habitual volar dislocation of the ulnar head with a locked distal radioulnar joint after distal radius fracture: A case report. *Medicine*, *99*(29), e21343. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000021343>.
- Viderman, D., Tapinova, K., Dossov, M., Seitenov, S., & Abdildin, Y. G. (2023). Virtual reality for pain management: An umbrella review. *Frontiers in Medicine*, *10*, 1203670. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1203670>.
- Zago, N. N., Sande De Souza, L. A. P., Kimura, B. G., Bertocello, D., Grecco, M. A. S., & Fernandes, L. F. R. M. (2020). Serious games therapy associated with conventional physical therapy intervention accelerated hand muscles strengthening and hand functioning after complex fracture of the wrist: A case report. *Journal of Hand Therapy*, *33*(4), 580–586. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2018.11.003>.

# **Anexos**

## Anexo I - Lista de verificação PRISMA 2020

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
<b>ABSTRACT</b>			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
<b>METHODS</b>			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
		the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
<b>RESULTS</b>			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
<b>DISCUSSION</b>			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
<b>OTHER INFORMATION</b>			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

## Anexo II – Estratégia de Pesquisa

<b>Pesquisa de Artigos (EN, PT, ES)</b>	<b>Codificação</b>
Google Scholar	Gamification AND distal radius fracture AND rehabilitation
Google Scholar	(Realidade Virtual) E (fratura de punho ou fratura distal do rádio)
Google Scholar	terapia ocupacional E realidade virtual E fratura do rádio distal E reabilitação
Google Scholar	serious games E terapia ocupacional E fratura do rádio distal
PUBMED	Distal radius fracture AND serious games
PUBMED	Distal radius fracture AND Gamification
PUBMED	Distal radius fracture AND Virtual Reality
PUBMED	Wrist Fracture AND Virtual Reality
PUBMED	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
PUBMED	Fractura de radio distal Y Realidad Virtual
SCOPUS	Distal radius fracture AND Virtual Reality
SCOPUS	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
SCOPUS	Fractura de radio distal Y Realidad Virtual
Science Direct	Distal radius fracture AND Virtual Reality
Science Direct	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
IEEE Xplore	Distal radius fracture AND Virtual Reality
IEEE Xplore	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
IEEE Xplore	Fractura de radio distal Y Realidad Virtual
Scielo	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
Scielo	Fractura de radio distal Y Realidad Virtual
Cochrane	Distal radius fracture AND Virtual Reality
Dialnet	Distal radius fracture AND Virtual Reality
Dialnet	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
Dialnet	Fractura de radio distal Y Realidad Virtual

Web Science	Distal radius fracture AND Virtual Reality
Web Science	Fratura de rádio distal E Realidade Virtual
Web Science	Fractura de radio distal Y Realidad Virtual