



Mestrado em Novos Media e Práticas Web

**Realidade Virtual como Ferramenta de Intervenção no
Tratamento da Doença de Parkinson: Uma Revisão
Sistemática da Literatura**

Maria Ana Rodrigues Barradas Rafael

Orientador:

Professor Paulo Nuno Gouveia Vicente

FCSH

AGRADECIMENTOS

Sem o contributo e o apoio de algumas pessoas, a quem eu quero expressar o meu eterno agradecimento, não seria possível a realização e a conclusão deste percurso.

Ao meu orientador, Professor Paulo Nuno Vicente, pela sua orientação, apoio e disponibilidade ao longo desta investigação.

À minha mãe, Ana Paula, cuja coragem e resiliência perante a doença de Parkinson, tem sido uma inspiração constante. Pela força e determinação, é um lembrete da importância deste trabalho e do impacto positivo que ele pode ter.

Ao meu pai, Fernando, por me motivar sempre a ser a melhor versão de mim mesma. Pelas palavras de orgulho e de apoio que me deu ao longo de todo o meu percurso.

Ao Gonçalo, quero agradecer pelo amor, apoio incondicional, paciência e por me fazer lembrar que sou capaz de tudo.

Às minhas verdadeiras amigas, cuja amizade e apoio têm sido um pilar na minha vida. Um especial agradecimento à minha grande amiga, Rita Fonseca, pelo apoio, presença constante e palavras de incentivo.

Agradeço aos meus colegas da JOINCO, pelo apoio e motivação, que me ajudaram em todos os momentos, a convivência com vocês foi fundamental.

Gostaria de estender o meu agradecimento a um grande amigo, Armindo Azevedo, pela confiança que tem em mim, que tornou possível todo o meu percurso académico. Sinto-me imensamente grata.

Um agradecimento em especial a toda a minha família, aos presentes e aos ausentes, por serem o meu porto de abrigo e por fazerem de mim a pessoa que sou hoje.

Por fim, a todos vocês, o meu mais profundo agradecimento. Sem cada um, este percurso não teria sido o mesmo, levo-vos sempre no meu coração.

RESUMO

O presente estudo investiga a utilização da realidade virtual (RV) como ferramenta de intervenção no tratamento da doença de Parkinson (DP), com o objetivo de entender como esta tecnologia pode melhorar a qualidade de vida e a reabilitação dos pacientes diagnosticados com DP. A questão central da pesquisa é: “De que forma a realidade virtual tem sido utilizada como ferramenta de intervenção no tratamento da doença de Parkinson?”.

Para esse fim, foi elaborada uma revisão sistemática da literatura, conduzida de acordo com a metodologia PRISMA, que resultou na seleção de 19 estudos após uma seleção criteriosa de 188 artigos identificados na base de dados PubMed. Os resultados da revisão sistemática indicam que a utilização da RV apresenta um impacto positivo significativo na reabilitação de pacientes com DP. A maioria dos estudos relata melhorias notáveis na função motora, incluindo aumento da amplitude de movimento, força muscular, coordenação e equilíbrio. Além disso, foram identificados benefícios cognitivos, como melhorias na atenção e na capacidade de processamento de informações. A RV também aumenta a adesão dos pacientes às sessões de reabilitação, demonstrando ser uma ferramenta motivacional. Apesar da realidade virtual revelar ser uma ferramenta alternativa valiosa aos métodos tradicionais de reabilitação, é necessário alargar a pesquisa a amostras demográficas maiores e em diferentes zonas geográficas para melhor suportar ou desafiar as conclusões aqui expressas. Aprofundar o conhecimento sobre a aplicabilidade prática da RV não só é uma oportunidade para ampliar e modernizar os serviços de reabilitação, alinhando-se com as recomendações da agenda de Reabilitação 2030 da Organização Mundial da Saúde (OMS), como contribuirá para melhores tomadas de decisão por parte de todos os envolvidos.

Palavras-chave: realidade virtual, doença de Parkinson, intervenção, terapia.

ABSTRACT

The present study investigates the use of virtual reality (VR) as an intervention tool in the treatment of Parkinson's disease (PD), aiming to understand how this technology can improve the quality of life and rehabilitation of patients diagnosed with PD. The central research question is: “How has virtual reality been used as an intervention tool in the treatment of Parkinson's disease?”.

For this purpose, a systematic literature review was conducted, following the PRISMA methodology, which resulted in the selection of 19 studies after a rigorous analysis of 188 articles identified in the PubMed database. The results of the systematic review indicate that the use of VR has a significant positive impact on the rehabilitation of patients with PD. Most studies report notable improvements in motor function, including increased range of motion, muscle strength, coordination, and balance. Additionally, cognitive benefits were identified, such as improvements in attention and information processing capacity. VR also increases patient adherence to rehabilitation sessions, demonstrating itself to be a motivational tool. Despite virtual reality proving to be a valuable alternative tool to traditional rehabilitation methods, further research is necessary, with larger demographic samples and in different geographical areas, to better support or challenge the conclusions expressed here. Deepening the knowledge about the practical applicability of VR is not only an opportunity to expand and modernize rehabilitation services, aligning with the recommendations of the World Health Organization's (WHO) Rehabilitation 2030 agenda, but it will also contribute to better decision-making by all involved.

Keywords: virtual reality, Parkinson's disease, intervention, therapy.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABELAS	VI
ÍNDICE DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	VII
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1. REALIDADE VIRTUAL	3
2.1.1 Uso da Realidade Virtual em Intervenções Médicas.....	8
2.2.3 Benefícios da Realidade Virtual	9
2.2.4 Limitações e Desafios.....	11
2.2. DOENÇA DE PARKINSON	12
2.2.1 Características e Sintomas da Doença de Parkinson	15
2.2.2 Desafios no Tratamento Convencional.....	17
2.3 TERAPIA DA REALIDADE VIRTUAL NA DOENÇA DE PARKINSON	19
2.4. Vantagens e Desvantagens do Tratamento com Realidade Virtual.....	21
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	24
3.1. QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO E DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS	24
3.2. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE INFORMAÇÃO E ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO ..	24
3.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	25
3.4 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	26
3.5 PROCESSO DE SELEÇÃO DE ESTUDOS E EXTRAÇÃO DE DADOS	27
CAPÍTULO IV – RESULTADOS	30
CAPÍTULO V – DISCUSSÃO DE RESULTADOS	46
5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISA FUTURA	61
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma PRISMA do processo de seleção dos estudos (adaptado pela autora).....	29
---	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese de dados para a questão de investigação: De que forma a realidade virtual tem sido utilizada como ferramenta de intervenção no tratamento da doença de Parkinson?	32
---	----

ÍNDICE DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

DP - Doença de Parkinson

RV - Realidade Virtual

RSL - Revisão Sistemática de Literatura

TICs – Tecnologias da Informação e Comunicação

FOG - Freezing of Gait (congelamento da marcha)

RCT - Randomized Controlled Trials (Ensaio Clínico Randomizado)

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

OMS – Organização Mundial de Saúde

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson (DP) afeta aproximadamente 6,1 milhões de pessoas globalmente todo o mundo, destacando-se como uma condição comum com uma prevalência crescente nas últimas duas décadas. Historicamente é definida principalmente pelos sinais característicos de movimento e pela perda de células produtoras de dopamina numa região do cérebro chamada substância negra. No entanto, ao longo dos anos, a compreensão da DP evoluiu significativamente. A expressão clínica da doença agora é reconhecida como diversificada, abrangendo não apenas os sintomas motores típicos, como também sintomas não motores relevantes, como disfunções cognitivas, distúrbios emocionais e sensoriais, com um impacto considerável na qualidade de vida dos pacientes (Bloem et al., 2021; Kalia et al., 2015).

Além dos tratamentos através de medicação focados no alívio sintomático, a fisioterapia desempenha um papel vital no tratamento da DP de forma a melhorar a marcha, a força, a mobilidade, a resistência, a postura e o equilíbrio. Nos últimos anos, o surgimento de novas tecnologias tem oferecido alternativas promissoras para o tratamento da DP, em particular a realidade virtual (RV). Inicialmente utilizada nos videogames a RV passou a ser aplicada em diversas áreas, incluindo a saúde, revelando-se como uma ferramenta eficaz no tratamento de várias patologias. No campo da DP, a RV tem sido explorada como uma forma de reabilitação motora e cognitiva, permitindo que os pacientes participem em ambientes virtuais complexos e altamente personalizados que simulam situações do mundo real (Keus et al., 2009; Syed et al., 2019).

Através da investigação de vários autores, reconhece-se hoje que a RV é uma tecnologia promissora na reabilitação de funções motoras, como a marcha e o equilíbrio, em indivíduos com DP. A experiência imersiva oferecida por essa tecnologia é identificada como uma ferramenta valiosa na melhoria das dificuldades de locomoção e na investigação de novas abordagens terapêuticas. No entanto, a literatura científica disponível apresenta lacunas, como a heterogeneidade metodológica dos estudos e a diversidade dos resultados obtidos, o que dificulta a generalização dos resultados e a definição de melhores práticas (Canning et al., 2020). Por conseguinte, a presente dissertação pretende contribuir para enriquecer a literatura existente através de uma

revisão sistemática da literatura (RSL), de forma a sistematizar e analisar a investigação conduzida até ao momento sobre o uso da RV no tratamento da doença de Parkinson.

A realização de uma RSL permite compreender a utilização da realidade virtual na doença de Parkinson ao analisar especificamente os impactos da tecnologia da RV no tratamento de pacientes diagnosticados com DP.

O principal objetivo desta dissertação é compreender como a RV tem sido utilizada como ferramenta de intervenção no tratamento da DP, sintetizando as evidências científicas existentes sobre os impactos dessa tecnologia em pacientes diagnosticados com a doença. Pretende-se, ainda, identificar os benefícios e limitações desta prática, assim como identificar as lacunas existentes e propor diretrizes para futuras investigações, uma vez que uma melhor compreensão da relação entre a RV e a DP proporciona uma base mais sólida para o aprimoramento das práticas clínicas.

CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Realidade Virtual

Para uma compreensão aprofundada da realidade virtual é relevante explorar as suas origens e conceitos fundamentais. Nos últimos anos, a realidade virtual (RV) tem ganho destaque nos estudos associados às tecnologias da informação. O filme *Ready Player One*, do ano 2018, dirigido por Steven Spielberg, despertou o tópico da RV para milhões de pessoas, no entanto, poucos sabem que essa tecnologia está disponível desde os anos 1960, conforme exemplificado por Sutherland (1965 citado por Wohlgenannt et al., 2020).

Contudo, os custos elevados e a qualidade do equipamento foram, durante muito tempo, obstáculos significativos para a sua adoção generalizada. Ainda assim, com o surgimento de dispositivos acessíveis de RV para consumidores, especialmente para jogos e entretenimento, a RV atravessa um verdadeiro período de renascimento (Wohlgenannt et al., 2020). Os computadores revolucionaram a forma como interagimos com informações e realizamos tarefas, antes da sua introdução, o conhecimento do mundo real era a base fundamental para a interação humana. No entanto, com o advento dos computadores, surge a necessidade de aprender uma nova linguagem: a linguagem simbólica. Essa linguagem, composta por comandos e ícones, exige um esforço de aprendizagem para dominar a interação com as máquinas (Kirner, et al., 2007).

Embora a tecnologia tenha avançado significativamente e as interfaces se tenham tornado cada vez mais sofisticadas durante muito tempo, a dinâmica da interação homem-máquina foi caracterizada pela necessidade de adaptação do utilizador. Só recentemente é que essa relação começou a ser revertida, através de estudos que procuram ativamente formas de desenvolver interfaces que se adaptem mais aos seres humanos, tal tem sido alcançado através do avanço contínuo das tecnologias de hardware, software e telecomunicações, surgindo, assim, interfaces inovadoras. Essas interfaces proporcionam aos utilizadores a capacidade de interagir com aplicações de forma mais natural, assemelhando-se às suas interações no mundo real, como falar, tocar, movimentar-se, fazer expressões faciais, entre outras formas de manifestação corporal (Kirner, et al., 2007).

As interfaces naturais revolucionaram a interação com os computadores, ao permitirem que os utilizadores realizem tarefas e explorem informações de maneira mais intuitiva e natural, aproximando-se da forma como se interage com o mundo real. Em vez de comandos textuais abstratos ou menus complexos, as interfaces naturais utilizam recursos como a fala (reconhecimento de voz para comandos e interações), o toque (pela interação direta com o ecrã através de toques, gestos e movimentos), o movimento (utilização de sensores para capturar movimentos corporais e traduzi-los em ações no ecrã), expressões faciais (reconhecimento de expressões faciais para controlo de interfaces e interação emocional) e realidade aumentada (através da sobreposição de elementos virtuais no mundo real para ampliar as possibilidades de interação) (Normal et al., 2013; Shneiderman et al., 2018).

Elencam-se alguns benefícios das interfaces naturais para os utilizadores:

Maior facilidade de uso: A interação intuitiva torna os computadores mais acessíveis a pessoas de todas as idades e níveis de conhecimento técnico.

Maior produtividade: As ações podem ser realizadas de forma mais rápida e eficiente, reduzindo o tempo de aprendizagem e o esforço necessário para utilizar os computadores.

Experiência mais envolvente: A interação natural torna a experiência com computadores mais agradável, promovendo um maior interesse e envolvimento por parte dos utilizadores.

Novas possibilidades de interação: As interfaces naturais abrem caminho para novas formas de interagir com computadores, como jogos, controlo de dispositivos domésticos e aplicações de realidade virtual (Rocha et al., 2007).

As interfaces naturais estão presentes em diversos tipos de dispositivos e aplicações, tais como smartphones, os quais permitem o controlo por voz, gestos e toques no ecrã; assistentes virtuais, dos quais são exemplos a Siri, Alexa e Google Assistente, que respondem a comandos de voz e interagem com outros dispositivos inteligentes; os carros, com os seus sistemas de navegação por voz e controlo de temperatura e música por comandos de toque; videojogos que utilizam controlos de movimento e sensores para proporcionar experiências imersivas e, por fim, a realidade virtual, que permite a interação com ambientes virtuais através de movimentos e gestos corporais. As interfaces naturais representam um grande salto na evolução da interação do indivíduo com o

computador, na medida em que tornam os computadores mais acessíveis, intuitivos e agradáveis de utilizar, abrindo caminho para um futuro onde a interação com a tecnologia seja tão natural quanto a interação com o mundo real. (Norman, et al., 2013, Shneiderman, et al., 2018)

No mundo atual assistimos a uma convergência de tecnologias que permeiam o nosso cotidiano, utilizando a maioria delas nas nossas atividades diárias. Exponencialmente essas tecnologias estão a ser combinadas para oferecer novas capacidades e serviços, sendo o computador frequentemente o foco dessa integração. A realidade virtual é um exemplo, representando uma sofisticada combinação de diversas tecnologias (Gandhi et al., 2018).

De uma maneira simplificada, a RV cria uma simulação de um ambiente virtual que envolve os utilizadores ao ponto de proporcionar a sensação de "estar lá". É um ambiente interativo tridimensional que utiliza computadores para simular a realidade, transportando-nos para mundos imaginários que se assemelham ao nosso ambiente real e que utiliza recursos de computação gráfica para simular a presença física num ambiente virtual, criando um mundo realista. (Gandhi et al., 2018; Wohlgenannt et al., 2020).

A RV apresenta-se como um “mundo” que envolve a criação de um ambiente virtual imersivo e realista, através de um dispositivo montado na cabeça do utilizador, com a capacidade de sincronizar as imagens e sons computacionais com os seus movimentos. Uma tecnologia que se baseia em computadores, que permite que o utilizador interaja e “mergulhe” num ambiente artificial, simulando a sensação de estar no mundo real. Dentro desse mundo virtual é possível realizar diversas atividades quotidianas com simples gestos de mão ou acenos de cabeça (Gandhi et al., 2018; Hayes et al., 2017)

Dependendo do nível de imersão proporcionado, a RV pode ser classificada em três tipos: não imersiva, semi-imersiva e totalmente imersiva. Na RV não imersiva, a interação com o ambiente virtual ocorre através de um monitor de computador, podendo envolver jogos de videojogos ou outros dispositivos de interface. Já a RV semi-imersiva utiliza grandes telas ou projeções que permitem a visualização de espaços virtuais em 3D. Por outro lado, a RV totalmente imersiva requer dispositivos avançados, como os

headsets¹ (HMD), que possibilitam ao utilizador mover-se e interagir de forma ativa nos ambientes virtuais, proporcionando uma elevada sensação de presença e realismo (Kwon et al., 2023).

A realidade virtual pode ser conceituada como a utilização de computadores e simulações para permitir a interação de uma pessoa com um ambiente 3D artificial. Esse ambiente artificial reproduz a realidade através de dispositivos interativos, como óculos, auscultadores, luvas ou fatos, que transmitem e recebem informações. Criar sistemas de realidade virtual exige lidar com conceitos de relações espaciais e computação gráfica, os quais estão interligados com disciplinas como matemática, física, artes e até mesmo psicologia humana e para desenvolver esses ambientes virtuais ou sintéticos, é crucial considerar princípios físicos, como gravidade, resistência do ar, velocidade, entre outros (Gandhi et al., 2018).

A realidade virtual representa uma nova forma de interação que utiliza representações tridimensionais mais próximas da realidade do utilizador, superando as limitações dos ecrãs convencionais e possibilitando interações mais naturais. Esta tecnologia surgiu na década de 1960 com o desenvolvimento do SketchPad, um editor gráfico, por Ivan Sutherland, mas foi na década de 1990 que ganhou destaque, impulsionada pelo avanço tecnológico que viabilizou a execução de computação gráfica interativa em tempo real (Kirner, et al., 2007).

A RV surge como potencial dos meios tradicionais de entretenimento, ou seja, pode vir a substituir televisores, cinemas e praticamente todos os dispositivos com ecrãs convencionais. O entusiasmo em torno desta tecnologia como a grande novidade no campo do desenvolvimento tecnológico remonta a 1989, quando Jaron Lanier, fundador da VPL Co., uma das primeiras empresas a desenvolver e vender produtos de realidade virtual, cunhou o termo "realidade virtual", que se tornou o marco inicial para este campo científico (Berntsen et al., 2016).

A realidade virtual tem desafiado a perceção do mundo, oferecendo uma experiência ao utilizador que visa proporcionar imersão e eficácia. No entanto, apesar da

¹ Dispositivos eletrónicos que combinam fones de ouvido e um microfone, permitindo ao utilizador ouvir áudio e, ao mesmo tempo, falar ou interagir com o dispositivo.

crescente adoção, há uma falta de pesquisa abrangente sobre os impactos e a influência desta tecnologia. Desde então, a importância dos sistemas de ambiente virtual tem crescido de maneira significativa. A pesquisa sobre a tecnologia de realidade virtual está em franca expansão, impulsionada pelo reconhecimento do potencial transformador dessa tecnologia em diversos campos. Cada vez mais, a RV destaca-se como ferramenta capaz de criar experiências imersivas e naturais, transcendendo os limites do mundo físico e abrindo um leque de possibilidades para diferentes áreas do conhecimento e da aplicação prática (Berntsen et al., 2016).

Os ambientes de realidade virtual mais recentes proporcionam experiências visuais envolventes que são exibidas em ecrãs de computador ou projetores. Algumas simulações podem necessitar de informações sensoriais adicionais, como som reproduzido por altifalantes ou auscultadores. Os utilizadores interagem frequentemente com o ambiente virtual por meio de dispositivos como teclado, rato, entre outros (Gandhi et al., 2018).

A forma como os utilizadores interagem com o ambiente virtual representa um papel crucial na interface, conectada à habilidade do computador em identificar e responder às ações do utilizador, promovendo modificações na aplicação. Em ambientes virtuais tridimensionais que simulam a realidade, a interação em tempo real, onde o utilizador observa as cenas a serem modificadas em resposta aos seus comandos, assemelha-se à experiência oferecida pelos videojogos, resultando numa interação mais profunda e eficiente (Kirner, et al., 2007).

A navegação nesses ambientes é uma interação básica, realizada pela movimentação do utilizador no espaço tridimensional através de dispositivos como o dispositivo de controlo 3D, comandos de voz ou gestos capturados por hardware específico. Essa movimentação proporciona novos ângulos de visão do cenário, enquanto interações mais avançadas abrangem a exploração, manipulação e ativação de objetos virtuais, integrando os movimentos tridimensionais naturais do corpo humano, como translação e rotação (Kirner, et al., 2007).

Apesar de a realidade virtual incorporar diversos meios de comunicação, destaca-se pela ênfase na interação do utilizador com um ambiente tridimensional e na geração

em tempo real de imagens. Para viabilizar essa experiência, a plataforma computacional deve ser especialmente adequada para aplicações de realidade virtual, proporcionando uma capacidade de processamento gráfico em tempo real de modelos tridimensionais. Além disso, deve suportar dispositivos de interação não convencionais, atendendo à necessidade de estimulação multissensorial (Kirner, et al., 2007).

Com o avanço da velocidade dos computadores, esperamos que exista a capacidade de criar representações gráficas cada vez mais realistas, elevando a simulação da realidade a um patamar superior. Assim, a perspectiva futura está fortemente associada à realidade virtual, e os seus benefícios continuarão a ser vastos. Todas as áreas de aplicação que colhem os frutos das tecnologias de realidade virtual incluem medicina, design, engenharia, inspeção, montagem, entretenimento, entre outras. Atualmente, é considerada uma abordagem terapêutica viável para a reabilitação motora, pois permite que indivíduos realizem diversos movimentos sem causar dor ou desconforto (Gandhi et al., 2018; Luz et al., 2021).

2.1.1 Uso da Realidade Virtual em Intervenções Médicas

O campo da saúde está em constante transformação, impulsionado pela crescente integração das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no setor. Essa convergência abre um leque de possibilidades para o desenvolvimento de métodos terapêuticos inovadores, pesquisas de ponta e melhoria da qualidade de vida dos pacientes. A realidade virtual destaca-se como uma nova forma de interação entre humanos e máquinas, permitindo movimentação, visualização de movimentos e interação em tempo real com ambientes tridimensionais, personagens e atividades criadas pelo computador, mas que se aproximam cada vez mais da realidade (Santana et al., 2015).

O potencial inovador da RV na pesquisa em saúde mental reside na capacidade de trazer experiências de vida em tempo real para um ambiente controlado de laboratório. Em comparação com outros métodos tradicionais de avaliação, a RV oferece uma abordagem única, permitindo a medição em tempo real de respostas cognitivas, emocionais, fisiológicas e comportamentais diante de situações simuladas que refletem a complexidade da vida real. Essa abordagem proporciona não apenas maior validade ecológica, como também a oportunidade de um controle experimental mais eficaz. É

importante salientar que a RV tem sido amplamente utilizada no tratamento de diversas doenças, apresentando benefícios comprovados por inúmeros estudos, o que reforça a sua pertinência como uma ferramenta eficaz. Estas modalidades de RV oferecem a oportunidade de simular desafios físicos num ambiente seguro, o que se mostra especialmente útil para a reabilitação de doenças neurológicas, como a DP (Hayes et al., 2017; Know et al., 2023).

2.2.3 Benefícios da Realidade Virtual

A realidade virtual apresenta-se como uma alternativa eficaz para contornar diversas limitações. As condições experimentais em RV imersiva são ecologicamente válidas, realistas, controladas e replicáveis num ambiente seguro. Esta tecnologia permite medições precisas e em tempo real da posição do utilizador e dos obstáculos, facilitando a normalização das suas apresentações. Além disso, a RV pode ser enriquecida com muitas tarefas cognitivas e motoras. Representa uma modalidade inovadora e promissora para a reabilitação motora para pessoas que têm AVC, complementando os protocolos de reabilitação existentes. A RV pode aumentar a repetição das tarefas, melhorando a satisfação do paciente e incorporando a gamificação das tarefas, ou seja, essas tarefas mostram um grande potencial para reabilitação em pacientes com DP, AVC e paralisia cerebral (Khan et al., 2021; Palmisano, et al., 2022)

Um sistema de reabilitação com RV de baixo custo pode complementar os métodos tradicionais, reduzindo a necessidade de supervisão direta e possibilitando formatos de reabilitação remota ou domiciliar. A RV mostra-se promissora na reabilitação de pacientes com AVC, melhorando os resultados motores em diferentes fases da doença e beneficiando até os grupos de controlo. Além disso, destaca-se melhorias na mobilidade, redução da incapacidade, alívio da carga sobre cuidadores e famílias e aumento da qualidade de vida (Khan et al., 2021).

Para a dor crónica, a gestão está a mudar para estratégias de autogestão, que são seguras, mas com efeitos limitados a longo prazo. Devido à eficácia reduzida e efeitos secundários dos medicamentos, as novas terapias não farmacológicas, como a realidade virtual, estão a ganhar importância. Assim, esta terapia pode reduzir a perceção da dor ao desviar a atenção para ambientes virtuais imersivos, aumentando a tolerância. A RV é

mais eficaz do que os métodos tradicionais de distração porque envolve mais os sentidos e ações físicas do paciente (Goudman et al., 2022).

A realidade virtual representa uma inovação promissora que emergiu como uma ferramenta de apoio na reabilitação de pacientes com condições neurológicas, por exemplo. Destacando-se como uma alternativa valiosa às práticas tradicionais, a RV procura facilitar a aprendizagem motora por meio de um *feedback* em tempo real, integrando múltiplos estímulos sensoriais. É uma inovadora ferramenta de reabilitação que impulsiona a atividade física através de jogos computacionais num ambiente virtual. A aplicação dessa tecnologia envolve o uso de sistemas comerciais de RV e plataformas personalizadas para abordar sintomas específicos da DP (Dockx et al., 2016; Souza et al., 2020).

No âmbito da fisioterapia, a RV é recomendada para aprimorar a aprendizagem motora num ambiente seguro, constituindo uma alternativa valiosa às abordagens convencionais. Tendo como função fornecer resultados detalhados sobre o desempenho, permitir a prática individualizada e repetitiva de funções motoras e estimular simultaneamente processos motores e cognitivos. A RV cria oportunidades para a aquisição de novas estratégias motoras e a reaprendizagem de habilidades perdidas devido a lesões ou doenças. Não é surpreendente que a tecnologia de RV seja sugerida como uma ferramenta para manter o compromisso a longo prazo dos utilizadores, pois pode oferecer uma forma estruturada e orientada de prática ou exercício num ambiente desafiador e motivador (Dockx et al., 2016).

Nesse contexto, a RV atua como uma ferramenta para treinar e desenvolver habilidades motoras específicas, proporcionando um ambiente interativo e controlado para os utilizadores se envolverem em atividades físicas ou terapêuticas. Além disso, ao simular cenários da vida real, a tecnologia de RV possui um potencial significativo para a aplicação prática nas atividades quotidianas (Dockx et al., 2016).

2.2.4 Limitações e Desafios

Até há relativamente pouco tempo, a ampla adoção da RV na prática clínica era limitada devido ao elevado custo do equipamento e software, além das preocupações com efeitos colaterais como o *cyber-sickness* associado aos antigos ecrãs montados na cabeça. O elevado custo dos equipamentos de RV, como os sistemas de imersão completa, pode limitar a acessibilidade dessa tecnologia a muitos pacientes, especialmente em países com recursos limitados ou para pacientes com planos de saúde que não cobrem essa modalidade de tratamento (Hayes et al., 2017; Thumm, et al., 2021). Gandolfi et al. (2017) discutem a eficácia da realidade virtual comparativamente aos métodos tradicionais de reabilitação, destacando a relação custo-efetividade e a acessibilidade aos tratamentos. Na análise de Cornejo et al. (2021) os autores descrevem um programa de telerreabilitação com realidade virtual, discutem a adesão ao tratamento e os custos associados, e enfatizam a necessidade de mais estudos para avaliar a viabilidade económica.

Um dos desafios da realidade virtual é a implementação dessa ferramenta e e problemas técnicos associados, pois depende de equipamentos específicos e da manutenção desses sistemas, o que pode ser um desafio em ambiente clínico (Li et al., 2015).

Outro desafio é a falta de padronização nos protocolos que utilizam a RV. Os estudos variam nos métodos e na intensidade dos exercícios virtuais propostos, o que dificulta a comparação de resultados entre diferentes investigações. Essa heterogeneidade metodológica limita a capacidade de identificar quais são as práticas mais eficazes e quais são as melhores recomendações para o uso da RV em pacientes com DP. A variabilidade nas metodologias de pesquisa e indicadores de resultado entre os estudos dificulta a comparação e a generalização dos mesmos o que pode levar a incertezas sobre a eficácia da realidade virtual em diferentes contextos e populações (Keus et al., 2009; Rizzo et al., 2018).

A RV pode não estar amplamente disponível em todas as regiões, especialmente em áreas do globo com recursos limitados, o que pode criar desigualdades no acesso ao tratamento, com apenas alguns pacientes a ter a oportunidade de beneficiar desta

abordagem inovadora. A implementação de programas de reabilitação com realidade virtual pode exigir treino especializado para os profissionais de saúde, o que pode ser um obstáculo adicional limitando a eficácia do tratamento e a adesão dos pacientes (Fletcher et al. 2012; Hacker et al. 2016).

Alguns pacientes podem ter dificuldades em adaptar-se RV, uma vez que a familiaridade com a tecnologia e a gravidade da condição influenciam a adaptação dos pacientes ao tratamento. Laver et al. (2017) desenvolveram um estudo para testar a eficácia da realidade virtual como uma intervenção terapêutica para pacientes que sofreram acidentes vasculares cerebrais, no qual defendem a eficácia da realidade virtual na reabilitação de pacientes com condições neurológicas complexas. Os mesmos autores argumentam que a aceitação e a adaptação dos pacientes à RV podem variar, e que fatores como a idade, a gravidade da doença e a familiaridade com a tecnologia podem influenciar a adesão ao tratamento, destacando ainda a importância de considerar a experiência do paciente ao implementar intervenções de realidade virtual.

No entanto, com a crescente acessibilidade a esse tipo de ecrãs, tão popularizados para entretenimento e jogos, a implementação da RV na prática clínica tornou-se mais viável. Este avanço tem gerado entusiasmo entre clínicos e investigadores em todo o mundo, destacando o potencial da RV para melhorar a avaliação e o tratamento de questões de saúde física e mental (Hayes et al., 2017).

2.2. Doença de Parkinson

Aprofundar a compreensão da doença de Parkinson exige explorar as complexidades de sua evolução gradual e os impactos significativos que se refletem na qualidade de vida.

Trata-se de uma doença com uma condição neurológica degenerativa grave de progressão lenta e incurável que afeta cerca de 1 a 2% das pessoas com mais de 50 anos, sendo a segunda mais comum no mundo, depois da doença de Alzheimer. De acordo com estudos epidemiológicos, aproximadamente 10% dos casos de DP têm a sua origem estritamente ligada à genética, enquanto a maioria dos casos ocorre de forma ocasional. Geralmente manifesta-se com dificuldades de destreza ou, em casos menos frequentes,

um leve arrastar de um pé. O início é gradual, e os sintomas iniciais podem passar despercebidos ou serem mal interpretados (Cemim et al., 2022; Thomas et al., 2007).

A doença de Parkinson é uma condição neurológica complexa e progressiva que acarreta implicações significativas para a qualidade de vida dos doentes, caracterizada por sintomas como tremor em repouso, rigidez, bradicinesia, instabilidade postural e dificuldades na marcha. A sua natureza progressiva e a prevalência crescente em escala global, especialmente devido ao envelhecimento populacional, destacam a importância de uma compreensão aprofundada e de estratégias eficazes de gestão para enfrentar os desafios associados a esta condição neurodegenerativa (Keus et al., 2009; Luz et al., 2021).

A incidência da DP continua a ser uma preocupação crescente. Numa população com mais de 65 anos, estima-se que 1% sofra de DP, com uma prevalência que varia entre 128 e 187 casos por 100.000 pessoas. A DP aumenta consideravelmente com a idade, passando de 17.4 casos por 100.000 pessoas-ano entre os 50 e 59 anos para 93.1 casos por 100,000 pessoas-ano entre os 70 e 79 anos, com um risco de desenvolvimento da doença de 1-5% (Goede et al., 2001; Lees et al., 2009).

A origem da condição é frequentemente considerada como idiopática, embora alguns investigadores sugiram possíveis conexões com fatores como predisposição genética, exposição a toxinas ambientais, stress oxidativo, irregularidades mitocondriais e mudanças relacionadas com o envelhecimento. Esses elementos podem conduzir à redução de dopamina, resultando na perda dos neurónios motores na substância negra. Esses neurónios são cruciais para a precisão, uniformidade dos movimentos e coordenação das mudanças posturais. Alguns especialistas defendem que a doença pode estar ligada a problemas noutros sistemas de comunicação no cérebro, como aqueles que envolvem substâncias químicas como a serotonina e a noradrenalina. Isso pode explicar o motivo de surgirem sintomas que não estão diretamente relacionados com os movimentos e que tornam a vida diária ainda mais difícil para quem tem doença de Parkinson (Santana et al., 2015).

O surgimento da DP apresenta um início gradual, manifestando os primeiros sinais clínicos quando aproximadamente 60% a 80% das células produtoras de dopamina na

substância negra já degeneraram. Principalmente, o primeiro grande sinal acontece com um tremor notavelmente lento, geralmente evidente quando a mão está em repouso. Se for numa fase inicial, ajustes posturais ou o uso ativo da mão afetada podem reduzir ou eliminar o tremor. No entanto, o tremor tende a piorar em situações emocionais intensas ou em condições de frio. Em pacientes mais jovens (abaixo de 40 anos), o tremor é frequentemente observado, sendo mais pronunciado nas pernas, especialmente quando estão em repouso. Já em pacientes mais idosos (acima de 70 anos), o tremor pode afetar o maxilar, o queixo, os lábios e a língua (Goede et al., 2001; Lees et al., 2009).

Um dos principais exercícios para a realização do diagnóstico passa por realizar um teste que envolve o toque rápido e repetitivo do dedo indicador sobre o polegar, juntamente com movimentos que simulam tocar piano e o toque sequencial de cada dedo no polegar. A bradicinesia nas pernas, sintoma caracterizado por lentidão nos movimentos e diminuição geral na amplitude dos mesmos, é avaliada através de batidas rápidas com os pés e observação da marcha do paciente. Além disso, pedir ao paciente que escreva algumas linhas à mão pode ser parte do procedimento clínico, embora a relação entre certas anomalias e a micrografia não seja sempre evidente (Lees et al., 2009).

A duração média desde o diagnóstico até à morte é de 15 anos. A taxa de mortalidade entre pacientes com a doença é aproximadamente o dobro da taxa de mortalidade na população geral. O modo exato de morte é muitas vezes difícil de identificar, sendo a pneumonia a causa certificada mais comum. Embora existam evidências de que os homens têm cerca de 1-5 vezes mais probabilidade do que as mulheres de desenvolver a patologia, essa diferença varia entre estudos e é mais evidente em pessoas com mais de 70 anos (Lees et al., 2009).

2.2.1 Características e Sintomas da Doença de Parkinson

O impacto pessoal da doença de Parkinson é significativo. Dada a sua natureza degenerativa, a duração da doença pode estender-se por décadas. Normalmente, observa-se uma progressão gradual, resultando na acumulação de incapacidades para os pacientes afetados. Além disso, os cuidadores também enfrentam consequências significativas, frequentemente lidando com níveis elevados de estresse devido às demandas associadas ao cuidado de pacientes com Parkinson (Bloem et al., 2021).

Mesmo quando uma causa específica é identificada, a doença de Parkinson pode apresentar sintomas e padrões de progressão muito diferentes. Por exemplo, pessoas expostas à substância MPTP², podem ter sinais de Parkinson, mas a forma como esses sinais aparecem pode variar muito de pessoa para pessoa, pois as necessidades e prioridades de cada pessoa com DP são diferentes. Cada pessoa pode experimentar sintomas de forma diferente, de acordo com as suas próprias experiências e atividades diárias (Bloem et al., 2021).

Outros dos sintomas comuns são a fadiga e rigidez crescentes. É possível observar na pessoa com doença de Parkinson uma expressão facial séria, a postura inclinada de um braço com falta de equilíbrio, um discurso mais monótono e extrema lentidão, embora essas mudanças raramente sejam percebidas pelo próprio doente. Os primeiros sinais físicos são frequentemente associados à velhice, tristeza e introspeção, resultando num intervalo de tempo de 2 a 3 anos entre os primeiros sintomas e o diagnóstico, o que não é incomum (Lees et al., 2009).

Uma das principais queixas dos pacientes que sofrem desta doença, são as falhas motoras nos membros superiores, que dificultam a realização de tarefas cotidianas. Esses problemas surgem desde os estágios iniciais da doença, afetando a velocidade e a amplitude dos movimentos, resultando em perdas da função manual. Isso reduz a capacidade de realizar atividades diárias, impactando negativamente a qualidade de vida e aumentando a dependência desses indivíduos. Outro sintoma bastante frequente, é a

² Uma substância química que pode causar danos significativos nos neurónios produtores de dopamina no cérebro (1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridina).

falta de equilíbrio, que resulta dos danos motores causados pela degeneração da via nigroestriatopalidal, uma via neural que faz parte do sistema motor no cérebro, crucialmente envolvida no controle e na modulação dos movimentos (Cemim et al., 2022; Luz et al., 2021).

Além dos problemas de movimento, algumas pessoas com doença de Parkinson também enfrentam dificuldades em aspectos que não estão diretamente relacionados com os músculos e não se limitam apenas aos problemas motores. Por exemplo, problemas emocionais, dificuldades para dormir, sentimentos de tristeza, problemas com os sentidos e dificuldades em pensar e lembrar de coisas, engloba uma gama de sintomas não relacionados com o movimento. Conforme a doença progride, o indivíduo pode sentir mais dificuldade para se manter fisicamente ativo, o que afeta a sua independência, resultando na crescente perda de qualidade de vida (Pazzaglia et al., 2019; Santana et al., 2015).

Por exemplo, alguém acostumado a levantar coisas pesadas pode não perceber um tremor leve enquanto descansa, mas esse mesmo tremor pode ser muito perturbador para alguém que trabalha com escrita à mão. Essa diversidade significa que não há duas pessoas com manifestação da doença de forma igual. Reconhecer essa diversidade é importante para os médicos, pois significa que o tratamento deve ser personalizado para atender às necessidades específicas de cada paciente. Isso pode incluir diferentes tipos de tratamentos, como medicamentos, cirurgia ou terapia física, adaptados para atender às necessidades individuais de cada paciente (Bloem et al., 2021).

Curiosamente, indivíduos não fumadores apresentam o dobro da probabilidade de desenvolver a DP. Além disso, observou-se que homens e mulheres que já passaram pelo período da menopausa e que não fazem terapia hormonal, e pessoas com baixo consumo de cafeína parecem apresentar um maior risco, cerca de 25% superior. Não foi observada nenhuma relação com fatores raciais ou religiosos. A causa da mesma permanece tão desconhecida hoje, como quando foi inicialmente descrita em 1817. Embora seja classificada como uma condição esporádica, há escassas causas ou fatores ambientais ativadores da doença identificados até agora. Assim como em outras doenças neurodegenerativas, o envelhecimento emerge como o principal fator de risco, embora 10% dos casos diagnosticados tenham menos de 45 anos. Esta realidade exige, portanto,

uma compreensão aprofundada para melhorar os cuidados e enfrentar os desafios associados à DP (Goede et al., 2001; Lees et al., 2009).

2.2.2 Desafios no Tratamento Convencional

Perante os desafios de mobilidade agravados pela insuficiência de tratamentos médicos convencionais, como medicamentos ou neurocirurgia, pessoas com doença de Parkinson enfrentam frequentemente dificuldades motoras que os motivam a procurarem suporte adicional através da terapia física (Keus et al., 2009).

Ao lidar com a doença de Parkinson, é crucial focar na manutenção ou melhoria da qualidade de vida dos pacientes. Isso destaca a importância de compreender as diferentes dimensões associadas aos conceitos qualidade de vida, bem como os instrumentos de medição que avaliam o impacto nessas dimensões. Essas informações desempenham um papel vital na escolha entre diversos tratamentos e no acompanhamento dos resultados das intervenções realizadas (Santana et al., 2015).

A alteração da marcha é uma das características predominantes na doença de Parkinson. Geralmente, as pessoas com DP tendem a caminhar lentamente, com passos curtos e arrastados, acompanhados por uma diminuição no movimento dos braços e uma postura inclinada para a frente. Essas manifestações podem levar a uma redução na velocidade da caminhada, encurtamento da passada e aumento na frequência de passos. Nos percursos mais avançados, pode ocorrer o fenômeno conhecido como "marcha congelada", no qual, apesar dos esforços para caminhar, a progressão dos pés fica significativamente comprometida, elevando o risco de quedas (Cruz Souza et al., 2020).

Um dos principais tratamentos, a fisioterapia, surgiu como a forma mais prevalente de cuidados de saúde para pacientes com doença de Parkinson, com o objetivo de melhorar as limitações na capacidade física, incluindo força, mobilidade e resistência, além de abordar questões relacionadas com a postura e o equilíbrio. Apesar do tratamento dopaminérgico, que consiste na utilização de medicamentos que afetam o funcionamento da dopamina no cérebro, os pacientes enfrentam uma progressão constante da perda de mobilidade e dificuldades nas atividades diárias, com o passar do tempo, que pode eventualmente resultar na necessidade de cuidados de longo prazo. Dada a progressão da

doença, é fundamental um tratamento de reabilitação abrangente. A fisioterapia para pessoas com DP foca em seis áreas principais: transferências; postura; equilíbrio (quedas); função dos membros superiores; marcha; e capacidade física e atividade (Goede et al., 2001; Keus et al., 2009; Mansilla et al., 2023).

Os objetivos no tratamento da DP visam controlar essencialmente os sinais e sintomas, além de melhorar a qualidade de vida dos pacientes. As estratégias de tratamento podem abranger o uso de medicamentos e intervenções cirúrgicas, com foco geralmente em tratar manifestações específicas da doença. Atualmente, os medicamentos destinados a reduzir o fenómeno de "marcha congelada" na doença de Parkinson, não conseguem proporcionar uma resposta completamente eficaz aos pacientes. Existem evidências robustas que indicam que a fisioterapia, por meio de diversas estratégias, pode aperfeiçoar tanto as funções motoras quanto as cognitivas em pacientes com DP. Isso traduz-se em benefícios significativos, incluindo melhorias na velocidade da marcha, comprimento dos passos, habilidades de caminhada, capacidade de girar, equilíbrio global e redução das deficiências motoras (Cruz Souza et al., 2020; Pazzaglia et al., 2019).

A abordagem multidisciplinar é cada vez mais reconhecida como essencial na gestão da DP. A utilização da fisioterapia é incentivada como parte integrante do tratamento, complementando as intervenções farmacológicas e cirúrgicas já estabelecidas, mesmo nas fases iniciais da doença. A fisioterapia, individual ou em grupo, é realizada para melhorar os sintomas e concentra-se frequentemente nas deficiências, como sintomas neurológicos, limitações funcionais, subir escadas, alcançar e agarrar, e incapacidades em atividades recreativas, desportivas e sociais. As abordagens incluem exercícios de mobilidade, treinos de marcha, terapia de relaxamento e exercícios respiratórios. Além disso, a educação é um objetivo importante, ou seja, procura informar não apenas o doente, mas também a família sobre o percurso da patologia e os benefícios terapêuticos do exercício (Dockx et al., 2016; Goede et al., 2001).

Em contrapartida, apesar de estudos recentes sobre doença de Parkinson indicarem que o exercício prolongado proporciona benefícios motores e cognitivos, envolver os pacientes em programas regulares de exercícios a longo prazo apresenta desafios significativos. A natureza repetitiva da fisioterapia convencional pode, por sua vez, diminuir a motivação e a adesão do paciente ao tratamento. O tratamento médico

principal para a DP é baseado na terapia de substituição de dopamina, e em alguns casos, na cirurgia. Os tratamentos atuais oferecem alívio para os sintomas, mas não conseguem impedir a degeneração dos neurónios dopaminérgicos. As intervenções fisioterapêuticas para a reabilitação na DP podem ser tradicionais ou alternativas, com foco principal na melhoria do equilíbrio (Goede et al., 2001; Thomas et al., 2007; Souza et al., 2020; Luz et al. 2021).

Atualmente, devido à pesquisa e às inovações tecnológicas e terapêuticas, existem tratamentos adicionais que podem complementar a farmacologia e a terapia convencional. Especificamente, as abordagens terapêuticas que utilizam programas de neuroreabilitação através de sistemas eletrônicos permitem que a reabilitação seja realizada além do ambiente hospitalar. Além disso, a realidade virtual tem se destacado nos últimos anos como uma abordagem inovadora no tratamento de doenças neurológicas, abordando tanto as deficiências motoras quanto as não motoras (Mansilla et al., 2023).

2.3 Terapia da Realidade Virtual na Doença de Parkinson

Esta imersão nos fundamentos da realidade virtual é fundamental, especialmente ao considerar o seu papel inovador na abordagem terapêutica da DP e na promoção da reabilitação.

Entre as condições neurológicas, a doença de Parkinson destaca-se como uma das mais prevalentes globalmente. Esta é uma condição crónica, degenerativa e progressiva do sistema nervoso central, resultando em deficiências tanto motoras quanto cognitivas (Cruz Souza et al., 2020).

Nos últimos anos, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para ajudar no processo de reabilitação de pessoas com DP, incluindo a realidade virtual. A RV aborda as deficiências de equilíbrio, marcha, membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII) em diversas populações, como idosos, pacientes com sequelas de acidente vascular encefálico, esclerose múltipla e DP. As técnicas que utilizam RV promovem uma interação entre o paciente e um sistema computacional. Isso pode estimular a aprendizagem motora através de repetições, feedback e motivação para alcançar os resultados desejados. Além disso, a RV proporciona estimulação cognitiva e das

habilidades motoras, podendo aumentar a independência nas atividades diárias em comparação com um treino baseado apenas em exercícios motores. A intervenção com RV mostra-se promissora na aplicação para movimentos motores dos MMSS (Cemim et al., 2022).

Gerir a DP envolve uma combinação de tratamento medicamentoso e fisioterapia regular. É neste contexto que a tecnologia de RV surge como uma inovadora ferramenta de reabilitação, oferecendo outros benefícios potenciais, que vão muito para além das técnicas convencionais de fisioterapia. Quando a RV cria um ambiente seguro que facilita a aprendizagem motora e ao simular situações da vida quotidiana, revela o potencial de aprimorar as atividades funcionais diárias (Dockx et al., 2016).

Os sentidos da visão e audição são comumente enfatizados em aplicações de RV, mas os outros sentidos, como o tato, vestibular e habilidades intuitivas, podem ser explorados para enriquecer a experiência do paciente ao interagir com o mundo virtual. A realidade virtual não imersiva, envolve uma interação em que o paciente é parcialmente introduzido no mundo virtual por meio de uma janela, como um monitor, mantendo a sensação predominante de estar no mundo real (Santana et al., 2015).

A prática de exercícios em RV oferece benefícios em relação às abordagens tradicionais, permitindo uma prática personalizada de habilidades num ambiente interativo, motivador e envolvente (Dockx et al., 2016).

Na última década, os dispositivos de jogos comerciais tornaram-se ferramentas utilizadas na reabilitação, sendo incorporados ao contexto da realidade virtual. Esta escolha justifica-se pelo seu custo mais acessível em comparação com outras abordagens de tratamento. Além disso, estes dispositivos são capazes de facilitar a execução de exercícios em grande escala, contribuindo para a melhoria do controle postural, mobilidade, desempenho da marcha e equilíbrio em pacientes afetados pela doença de Parkinson (Santana et al., 2015).

O ambiente de realidade virtual, ao envolver práticas que abrangem tarefas complexas em vez de simples repetições de movimentos, demonstra a capacidade de induzir a reorganização da arquitetura neural. Tal promove a plasticidade neural,

estimulando não apenas a recuperação das habilidades motoras, mas também a cognição, função executiva e memória, uma abordagem que sugere a exploração de diversas alternativas terapêuticas para doenças neurológicas (Cruz Souza et al., 2020).

A utilização da realidade virtual no tratamento pode impulsionar uma interação mais aperfeiçoada das habilidades motoras e cognitivas de forma simultânea, atendendo às demandas essenciais das atividades diárias. Essa abordagem tem o potencial de favorecer uma maior autonomia nas atividades da vida diária em comparação com os métodos que se concentram exclusivamente em estímulos motores. Desse modo, a terapia com realidade virtual pode gerar impactos positivos na qualidade de vida, contrabalançando as influências negativas decorrentes da evolução dos sintomas e da diminuição da independência funcional. A realidade virtual desempenha um papel extremamente positivo na motivação e na adesão dos pacientes, pois a sua interface reproduz cenários da vida cotidiana, proporcionando um potencial significativo de transferência para atividades funcionais do dia-a-dia. Assim, torna-se uma abordagem personalizada e estimulante, que adiciona diversão e prazer ao processo de recuperação (Cruz Souza et al., 2020; Santana et al., 2015).

2.4. Vantagens e Desvantagens do Tratamento com Realidade Virtual

Inovadora e promissora, a tecnologia de realidade virtual destaca-se como uma ferramenta de reabilitação para pacientes com doenças neurológicas. Em contraste com os métodos tradicionais, as abordagens baseadas em RV têm como objetivo principal estimular a neuroplasticidade, que é a capacidade do sistema nervoso de se adaptar e reorganizar como resposta a experiências e lesões, e a aprendizagem motora (Porras et al., 2018).

Esta reorganização é alcançada através da aplicação de estratégias de aprendizagem motora (EAM), que consistem em práticas terapêuticas personalizadas para cada indivíduo, levando em consideração a natureza específica da tarefa e as características individuais do paciente para maximizar os resultados. Por exemplo, as opções de reabilitação fisioterapêutica na doença de Parkinson podem ser divididas em abordagens convencionais, como exercícios aeróbicos, caminhadas e exercícios de flexibilidade e resistência, e não convencionais, como dança e Tai Chi. Uma

abordagem emergente é a utilização da RV como uma ferramenta de reabilitação não convencional (Pazzaglia et al., 2019; Porras et al., 2018).

A RV é valorizada como uma abordagem de reabilitação por várias razões: (1) A terapia repetitiva baseada em tarefas específicas tem mostrado ser eficaz na reabilitação neurológica; (2) Um ambiente enriquecido com RV permite aos pacientes realizar atividades cognitivas e motoras; (3) Os programas de RV simulam atividades da vida real, oferecendo uma maior validade ecológica, em comparação com terapias mais tradicionais. (4) Atividades de risco, que podem não ser seguras para praticar em sessões convencionais de terapia, podem ser realizadas de forma segura e controlada num ambiente de RV e; (5) Os pacientes costumam envolver-se por períodos mais longos, uma vez que os programas de RV são considerados mais interessantes e agradáveis do que os métodos terapêuticos convencionais (Pazzaglia et al., 2019).

De acordo com estudos recentes, existe indicação de melhorias no Tempo de Levantar e Andar (TUG), um teste usado para medir a mobilidade e a capacidade funcional de uma pessoa, e na Escala de Equilíbrio de Berg (BBS), outro teste clínico amplamente utilizado para avaliar o equilíbrio em pacientes com distúrbios neurológicos, neste caso, focado para a doença de Parkinson. Essas melhorias podem persistir ou até mesmo aumentar por até 6 meses após o tratamento. A realidade virtual é considerada útil como terapia e até mesmo como alternativa ao exercício independente (Porras et al., 2018).

A reabilitação utilizando a RV geralmente envolve que o paciente se mova e realize tarefas num ambiente virtual. Essas tarefas são implementadas através de simulações computadorizadas, permitindo que os pacientes aperfeiçoem as suas habilidades motoras ao identificar alvos, seguir trajetos e executar movimentos quotidianos em espaços 3D. Quando comparada com os métodos tradicionais de reabilitação, a tecnologia de RV oferece diversas vantagens, tais como, possibilitar que os utilizadores experimentem de forma segura e eficaz situações que seriam perigosas ou impraticáveis no mundo real. Além disso, num ambiente virtual, os pacientes podem exercitar-se ao seu próprio ritmo e escolher o nível de dificuldade que lhes convém, sem sofrerem com o stress. Por fim, a RV pode ajudar os pacientes

a desenvolver a confiança necessária para enfrentar situações desafiadoras na vida real (Know et al., 2023).

Estudos recentes sugerem que a realidade virtual pode ajudar a melhorar o equilíbrio e a marcha em pacientes com condições neurológicas. Esses aspetos são essenciais para a autonomia funcional, estando ligados ao risco de quedas, mobilidade e atividade física. No entanto, ainda não existem orientações claras sobre como usar a RV para reabilitar o equilíbrio e a marcha, nem um consenso sobre os melhores métodos de intervenção que elenquem claramente todos os verdadeiros benefícios da RV, o que torna desafiante desenvolver programas de reabilitação padronizados e explorar plenamente o potencial da RV nesse contexto (Porras et al., 2018).

Intervenções domiciliares também mostram resultados positivos na marcha e no equilíbrio. Além disso, uma abordagem que combina a RV com exercícios no tapete rolante pode resultar numa redução mais eficaz do risco de queda em comparação com o exercício apenas no tapete rolante. A reabilitação com RV é mais eficaz na melhoria da marcha, equilíbrio, função dos membros superiores e aspetos mentais da qualidade de vida, em comparação com a reabilitação convencional, desde que num ambiente seguro e estimulante. Portanto, é recomendada a reabilitação com RV como um tratamento complementar para pacientes com DP, com exceção dos pacientes com problemas de equilíbrio ou cognitivos graves (Pazzaglia et al., 2019; Porras et al., 2018).

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

3.1. Questão de Investigação e Definição de Objetivos

A questão de investigação que orienta a presente revisão sistemática da literatura (RSL) é a seguinte: *De que forma a realidade virtual tem sido utilizada como ferramenta de intervenção no tratamento da doença de Parkinson?* Duas motivações principais orientam a presente investigação: em primeiro lugar, a necessidade de avaliar criticamente a eficácia da realidade virtual como uma forma de tratamento complementar para a doença de Parkinson, considerando a sua capacidade de melhorar a qualidade de vida e retardar o declínio funcional provocado pela doença. Em segundo lugar, contribuir com a presente RSL para o desenvolvimento do conhecimento científico neste campo de estudo, procurando compreender áreas específicas em que a realidade virtual pode otimizar o processo de recuperação, fazendo parte do plano de tratamento dos pacientes com doença de Parkinson, contribuindo assim para o avanço contínuo da terapêutica nesse campo.

3.2. Identificação de Fontes de Informação e Estratégia de Investigação

Para a pesquisa dos artigos foi selecionada uma base de dados e fontes de informação relevantes, especificamente, a *PubMed* devido à sua ampla cobertura de literatura biomédica, incluindo artigos científicos de alta qualidade, com os seguintes critérios: artigos publicados de 2019 a 2023, em língua inglesa.

A escolha da *PubMed* como base de dados exclusiva para a elaboração desta RSL justifica-se pela sua natureza abrangente e relevância para a área da biomedicina. A base de dados *PubMed* é conhecida mundialmente como a principal fonte de artigos científicos nas ciências da saúde, oferecendo um amplo número de estudos de alta qualidade, incluindo investigações que relacionam a neurologia e reabilitação.

A escolha dos artigos no período de 2019 a 2023 baseou-se em diversas razões fundamentais, tais como: um intervalo de 5 anos que permitiu abranger um período relativamente recente, garantindo que os estudos selecionados refletissem as tendências e avanços mais atuais no campo da realidade virtual aplicada ao tratamento da doença de Parkinson. É de salientar que uma vez que a tecnologia evolui rapidamente, incluir

estudos publicados até 2023 possibilitou capturar o estado da arte da realidade virtual, considerando as inovações tecnológicas que ocorreram nesse período e assim garantir que os estudos selecionados fossem os relevantes para a questão de investigação.

A língua escolhida foi a língua inglesa com o intuito de garantir uma pesquisa ampla e atualizada. Outra motivação é o facto de a base de dados escolhida, *PubMed*, ser predominantemente composta por artigos de língua inglesa. Dada a frequência de estudos de alta qualidade e pesquisas inovadoras publicadas em inglês, optámos por focar-nos exclusivamente na língua inglesa, o que permitiu aceder a um amplo conjunto de literatura científica internacional, ao concentrar-nos numa língua para simplificar a análise dos avanços da realidade virtual no tratamento da doença de Parkinson.

Para esta pesquisa foi utilizada a seguinte combinação de palavras-chave: Realidade Virtual, Doença de Parkinson, Intervenção, Terapia, Realidade Virtual e Doença de Parkinson. Devido à língua utilizada na pesquisa (inglês), as palavras-chave foram traduzidas para Virtual Reality, Parkinson's Disease, Intervention, Therapy, Virtual Reality & Parkinson's Disease.

3.3. Critérios de Inclusão e Exclusão

Os artigos selecionados para a elaboração da revisão sistemática da literatura estão estritamente relacionados com o tema central da utilização da realidade virtual como ferramenta de intervenção no tratamento da doença de Parkinson. Estes artigos foram escolhidos com base nos critérios de inclusão descritos em seguida.

Primeiramente, foram considerados apenas artigos que passaram por um processo de revisão por pares, garantindo assim a qualidade e a credibilidade das informações apresentadas. A revisão por pares é um mecanismo fundamental, pois submete as produções científicas a uma avaliação rigorosa por especialistas na área, assegurando a validade dos métodos e dos resultados.

Além disso, foram incluídos tanto estudos empíricos quantitativos quanto qualitativos. Os estudos quantitativos fornecem dados numéricos e estatísticos cruciais para a mensuração dos efeitos da intervenção com realidade virtual, enquanto os estudos qualitativos oferecem uma compreensão mais profunda e detalhada das experiências dos

pacientes, aspetos psicológicos e sociais que podem influenciar os resultados do tratamento.

Os artigos também analisam especificamente a associação entre a utilização da realidade virtual e a doença de Parkinson. Este critério é essencial para assegurar que os estudos incluídos são diretamente relevantes para o tema em questão, evitando assim a inclusão de estudos que abordem a realidade virtual em contextos diferentes e que não se aplicam ao tratamento da doença de Parkinson.

Por conseguinte, foram excluídos da RSL os artigos que não foram publicados em periódicos científicos com revisão por pares. Também foram excluídos estudos publicados em idiomas diferentes do inglês, uma vez que o inglês é a única língua escolhida e é a língua predominante na literatura científica.

Adicionalmente, foram excluídos artigos que abordam a aplicação da realidade virtual noutros contextos médicos que não a doença de Parkinson, de maneira a garantir que o foco da revisão permaneça estreitamente alinhado com o objetivo de investigar a eficácia da realidade virtual no tratamento da doença de Parkinson. Da mesma forma, artigos que explorem a realidade virtual para outros fins que não se relacionem com o tratamento da DP foram excluídos.

Finalmente, foi restringida a inclusão a estudos publicados a partir de 2019. Esta delimitação temporal assegura que a revisão incorpore as descobertas mais recentes e relevantes, refletindo os avanços mais atuais na utilização da realidade virtual no tratamento da doença de Parkinson.

3.4 Critérios de Elegibilidade

Para serem considerados elegíveis para inclusão na RSL, os estudos devem atender a critérios específicos. São elegíveis estudos piloto e de viabilidade, independentemente de incluírem ou não um grupo de controle. Além disso, ensaios clínicos randomizados, que são considerados o padrão-ouro na investigação clínica devido ao seu rigor metodológico também foram incluídos.

As investigações devem incluir indivíduos com diagnóstico confirmado de doença de Parkinson, abrangendo qualquer grau da escala Hoehn e Yahr (1967), que é

amplamente utilizada para avaliar a progressão da doença ao longo do tempo e descrever a gravidade da mesma num dado momento. Esta escala é frequentemente utilizada em pesquisas clínicas e na prática médica para ajudar a avaliar os tratamentos (Bhidayasiri & Tarsy, 2012; Modestino et al, 2018). Atualmente, continua a ser uma ferramenta fundamental na avaliação da progressão da DP, como recomendado pela *Movement Disorder Society Task Force*. Os fatores de idade, sexo ou duração da doença dos participantes não são uma restrição, o que permite uma análise abrangente e inclusiva dos efeitos da realidade virtual numa população diversificada (Hoehn et al., 1967; Goetz et al., 2004).

Além disso, não foram aplicadas restrições quanto ao tipo de realidade virtual implementada, seja ela imersiva ou não imersiva, ou à duração do protocolo de tratamento. Esta flexibilidade é importante para captar uma ampla gama de abordagens e metodologias, refletindo a diversidade das intervenções com realidade virtual disponíveis atualmente.

3.5 Processo de Seleção de Estudos e Extração de Dados

A presente RSL adota as diretrizes e princípios estabelecidos pela estratégia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). O processo de seleção dos artigos e extração de dados nesta investigação segue criteriosamente as diretrizes PRISMA de forma a garantir a sistematização e a objetividade na identificação, inclusão e exclusão de estudos relevantes.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa extensiva utilizando os descritores mencionados na secção 3.2, juntamente com os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Este processo resultou na identificação de 188 estudos relevantes. No entanto, foi observado que 4 desses estudos eram duplicados, reduzindo o total de estudos a serem triados para 184.

Destes, durante a triagem inicial, pela leitura do título e respetivo, foram excluídos 147 estudos por diversos motivos de entre os quais se destacam fatores como: população alvo da investigação errada – os participantes não eram pacientes com doença de Parkinson (n = 48) – ou a intervenção realizada não integrava o uso da realidade virtual (n = 37). Foram ainda excluídos estudos cujos resultados não atendiam à pergunta de

investigação (n = 62). Assim, o total de estudos selecionados para elegibilidade após a leitura do título e resumo foi de 37, os quais foram depois lidos na íntegra para garantir a sua relevância e adequação aos critérios estabelecidos.

Durante a leitura aprofundada dos artigos selecionados na fase anterior verificou-se que 18 desses estudos correspondiam a revisões sistemáticas de literatura (RSL), motivo pelo qual tiveram de ser igualmente excluídos, dado que a presente pesquisa não inclui RSL. Uma vez excluídas 18 revisões sistemáticas da literatura do total de estudos apurados para a fase de elegibilidade (n = 37), mantiveram-se 19 artigos que estão incluídos na presente revisão sistemática de literatura.

Todas as etapas do processo de seleção e exclusão são detalhadas no fluxograma PRISMA, apresentado na Figura 1, que ilustra de maneira clara e concisa o fluxo de informações através das diferentes fases da revisão sistemática.

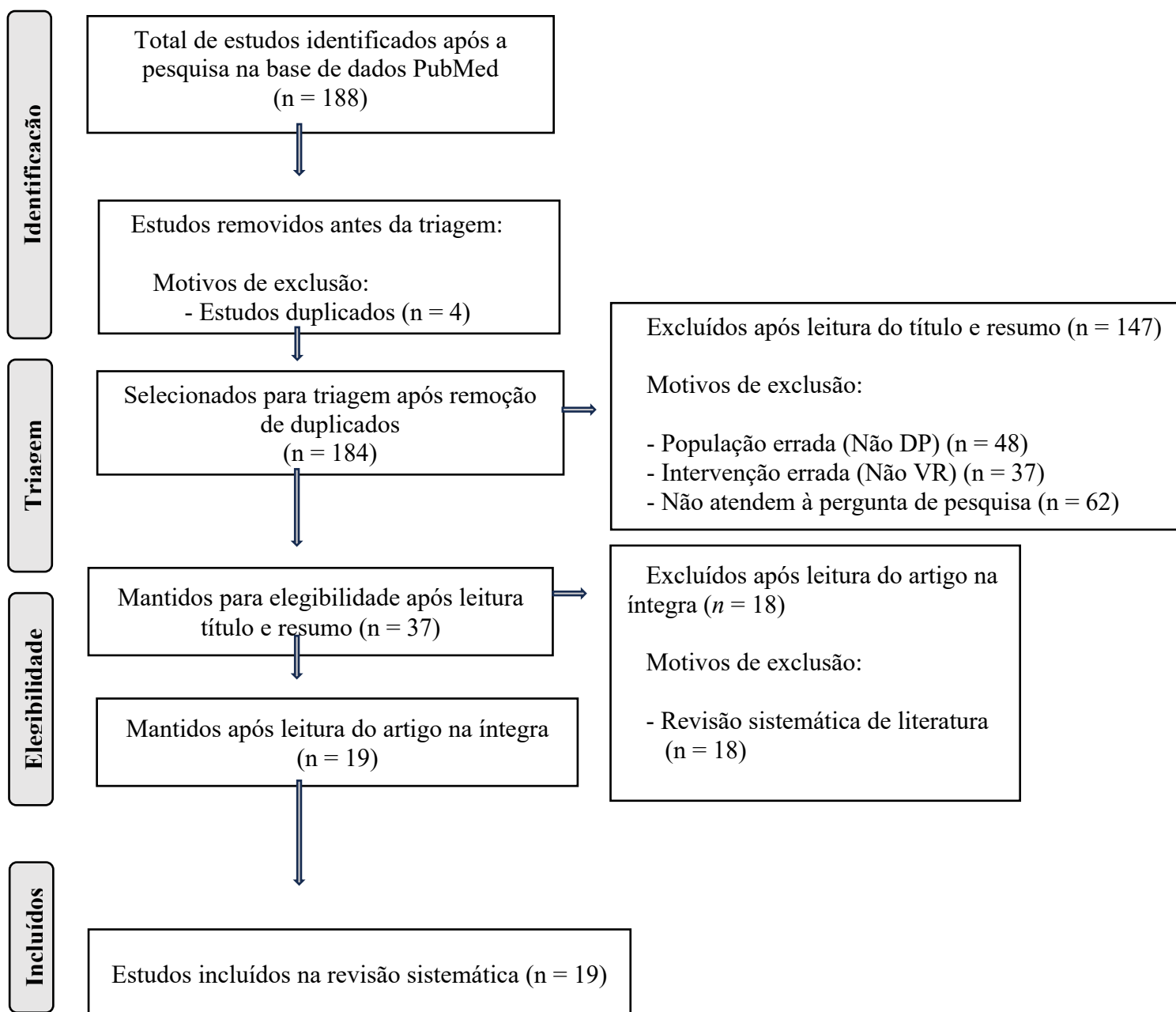


Figura 1 - Fluxograma PRISMA do processo de seleção dos estudos (adaptado pela autora)

CAPÍTULO IV – RESULTADOS

A pesquisa na base de dados *PubMed* foi conduzida no mês de março de 2024. Este processo inicial resultou na identificação de um total de 188 estudos. A partir daí, foi implementado um rigoroso processo de seleção para garantir a relevância e a qualidade dos artigos a serem incluídos na revisão sistemática.

O primeiro passo desse processo envolve a exclusão de registros duplicados, o que reduziu o número de estudos a serem analisados para 184. Cada um desses 184 artigos passou por uma triagem, onde foram avaliados com base em critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Esta triagem resultou na exclusão de uma grande quantidade de estudos, restando apenas aqueles que realmente se alinhavam com o objetivo da pesquisa. No total, 19 estudos atendem a todos os critérios rigorosos e foram selecionados para inclusão na revisão sistemática.

As diferentes etapas deste processo de seleção, desde a pesquisa inicial até a inclusão final dos artigos, estão detalhadas no fluxograma PRISMA apresentado na figura 1 do capítulo anterior. Esse fluxograma fornece uma visualização clara e estruturada do fluxo de informações durante a revisão sistemática, destacando cada fase do processo de forma compreensível. Além disso, na Tabela 1, apresentada abaixo, encontra-se uma síntese detalhada dos dados obtidos a partir dos estudos incluídos. Esta tabela foi elaborada com o objetivo de fornecer uma visão clara e concisa das informações essenciais que foram utilizadas para responder à questão de investigação formulada.

Dos estudos que foram incluídos nesta revisão sistemática da literatura, dois foram publicados no ano de 2019, seis em 2020, quatro em 2021, quatro em 2022 e três em 2023. Em relação aos países onde esses estudos foram realizados, a distribuição é a seguinte: Espanha, Itália, Estados Unidos da América e Paquistão contribuíram com três estudos cada. Da Bélgica, foram incluídos dois estudos, enquanto a Alemanha, Eslovênia, Austrália, Israel e Coreia do Sul contribuíram com um estudo cada.

É importante realçar que os três estudos oriundos do Paquistão, incluídos nesta revisão, têm um elemento comum significativo: todos foram liderados pelo Professor Muhammad Kashif, do Instituto de Fisioterapia da Universidade de Lahore. Esses estudos foram realizados em colaboração com outros colegas da mesma instituição ou de outras

universidades, o que evidencia o notável interesse e empenho do investigador sobre a utilização da realidade virtual como uma ferramenta no tratamento de pacientes com a doença de Parkinson.

A diversidade geográfica dos estudos incluídos reflete a abrangência global da pesquisa sobre a RV aplicada ao tratamento da DP e destaca a contribuição significativa de diferentes regiões do mundo para o avanço desse campo específico de estudo. O número de participantes nos estudos analisados varia entre 2 pacientes com DP (Thumm et al., 2021; Kashif et al., 2022) e 121 (Bekkers et al., 2020), de ambos os sexos, com e sem congelamento de marcha, e idades compreendidas entre 50 e 90 anos.

Tabela 1 - **Síntese de dados para a questão de investigação:** De que forma a realidade virtual tem sido utilizada como ferramenta de intervenção no tratamento da doença de Parkinson?

Estudo (Autor; Ano)	País	Objetivo do Estudo	Participantes	Intervenção	Principais Resultados e Conclusões
<p>Gait Training in Virtual Reality: Short-Term Effects of Different Virtual Manipulation Techniques in Parkinson's Disease</p> <p>Janeh et al.</p> <p>2019</p>	Alemanha	Encontrar uma estratégia de manipulação da marcha baseada em “realidade virtual (VR)” para melhorar a simetria da marcha, equalizando o comprimento do passo.	15 pacientes com DP do sexo masculino (idade média de 67,6 anos) com FOG foram avaliados numa passareira GAITRite®.	A marcha natural foi comparada com as condições de caminhada durante tarefas de modulação da marcha “baseadas em VR” que visavam equalizar a simetria da marcha usando sinais visuais ou proprioceptivos.	<p>Resultados: Em comparação com a marcha natural, as tarefas de manipulação de VR aumentaram significativamente a largura do passo e a variabilidade do tempo de balanço para ambos os lados do corpo. Dentro das condições de RV, apenas a tarefa com “dissociação visual-proprioceptiva” por deslocamento artificial do pé para trás melhorou significativamente a assimetria espacial com comprimentos de passo comparáveis de ambos os lados.</p> <p>Conclusões: Tarefas específicas de RV baseadas em hipóteses representam uma ferramenta eficiente para manipular características da marcha como a simetria da marcha na DP, potencialmente prevenindo o FOG. Este estudo piloto oferece abordagens promissoras “baseadas em VR” para estratégias de treinamento de reabilitação para alcançar simetria de marcha e evitar o FOG.</p>

<p>Advantages of using 3D virtual reality-based training in persons with Parkinson's disease: a parallel study</p> <p>Cikajlo & Potisk</p> <p>2019</p>	<p>Eslovénia</p>	<p>Investigar as melhorias funcionais, aspetos de motivação e eficácia clínica ao usar realidade virtual 3D imersiva versus exergaming 2D não imersivo.</p>	<p>20 pacientes com DP elegíveis foram randomizados em 2 grupos; um usou 3D Oculus Rift CV1 e o outro usou um computador portátil</p>	<p>Os dois grupos participaram em 10 sessões de treino, durante 3 semanas, cuja tarefa era escolher e colocar no mundo virtual cubos virtuais, exigindo movimentos precisos da mão para manipulá-los. A cinemática da mão foi traçada com o controlador de movimento Leap, o efeito da motivação foi avaliado com o Inventário de Motivação Intrínseca modificado e a eficácia clínica foi avaliada com o Box & Blocks Test (BBT) e a escala unificada de classificação da doença de Parkinson (UPDRS) antes e depois do treino.</p>	<p>Resultados: Os participantes do grupo 3D demonstraram desempenho estatisticamente significativo e substancialmente melhor no tempo médio de manipulação, no número de cubos colocados com sucesso e tremor médio, os grupos LCD e 3D melhoraram substancialmente a sua pontuação BBT com treino tempo, O grupo LCD diminuiu significativamente a pressão/tensão e o 3D não apresentou alterações. O grupo 3D demonstrou aumento importante no esforço e nas competências percebidas.</p> <p>Conclusões: Os resultados do estudo demonstram que a tecnologia 3D imersiva pode trazer maior pontuação de interesse/prazer, resultando em desempenho funcional mais rápido e eficiente. Mas a tecnologia 2D demonstra pontuação de pressão/tensão mais baixa, proporcionando progresso clínico semelhante. Um estudo com amostra muito maior poderá confirmar a eficácia clínica das abordagens.</p>
<p>Immersive virtual reality and antigravity treadmill training for</p>	<p>Espanha</p>	<p>Avaliar a viabilidade e eficácia preliminar da assistência</p>	<p>De uma população de de 60 pacientes com DP foram selecionados</p>	<p>A intervenção consistiu em 12 sessões de 30 minutos, distribuídas regularmente ao longo de quatro semanas</p>	<p>Resultados: Nove dos participantes (75%) completaram a intervenção terapêutica com uma taxa de adesão de 97%. Dois participantes abandonaram o estudo, um deles por doença associada à realidade virtual e outro por falta de</p>

<p>gait rehabilitation in Parkinson's disease: a pilot and feasibility study</p> <p>Brandin-De La Cruz et al.</p> <p>2020</p>		<p>mecânica à marcha combinada com realidade virtual imersiva em pacientes com DP.</p>	<p>12 participantes</p>	<p>consecutivas. Os participantes caminharam numa passareira com sistema de suporte de peso corporal ajustado em aproximadamente 20% do peso corporal e equipado com um capacete de realidade virtual controlado por um joystick de duas mãos. A viabilidade e os resultados da intervenção foram recolhidos no início do estudo e após quatro semanas de intervenção.</p>	<p>motivação. Houve diferenças significativas associadas a tamanhos de efeito pequenos e médios ao comparar os valores pré e pós-caminhada para a distância percorrida, velocidade de caminhada, equilíbrio e qualidade de vida.</p> <p>Conclusão: O estudo fornece evidências preliminares que apoiam a viabilidade da combinação de passareira antigravitacional e sistema de realidade virtual imersiva para a reabilitação de pacientes com DP.</p>
<p>Do Patients with Parkinson's Disease with Freezing of Gait Respond Differently Than Those Without to Treadmill Training Augmented by</p>	<p>Bélgica</p>	<p>Realizar uma análise secundária do estudo V-TIME, uma investigação randomizada e controlada que mostra uma maior redução de quedas após treino em</p>	<p>Participaram 77 pacientes com DP com FOG e 44 pacientes com DP sem FOG.</p>	<p>Os participantes foram distribuídos aleatoriamente para treino de passareira (TT) e de passareira com realidade virtual (TT + VR). Os participantes foram avaliados pré e pós-treino e aos 6 meses de acompanhamento.</p>	<p>Resultados: As pontuações do Mini-BEST e do TMT-B melhoraram em ambos os grupos após o treino, independentemente de os pacientes terem ou não FOG. Tanto os pacientes com FOG, como os que não tinham FOG tiveram maior redução de quedas após TT + VR em comparação com TT</p> <p>Conclusão: A caminhada em passareira (com ou sem RV) melhora a instabilidade postural tanto nos pacientes com FOG, como nos sem</p>

<p>Virtual Reality?</p> <p>Bekkers et al.</p> <p>2020</p>		<p>passadeira com realidade virtual (TT + VR) em comparação com caminhada usual em passadeira (TT) e se essas intervenções em passadeira levaram a ganhos semelhantes em pacientes com FOG e sem FOG.</p>			<p>FOG. O TT + VR reduz mais as quedas do que o TT sozinho, mesmo entre aqueles com FOG. Curiosamente, o FOG em si não foi ajudado pelo treino, sugerindo que embora a instabilidade postural, as quedas e o FOG estejam relacionados, podem ser controlados por diferentes mecanismos.</p>
<p>Immersive Virtual Reality to Restore Natural Long-Range Autocorrelations in Parkinson's Disease Patients' Gait During Treadmill Walking</p> <p>Lheureux et al.</p>	<p>Bélgica</p>	<p>Comparar a marcha de pacientes com DP durante três condições: caminhada no solo (OW), caminhada em passadeira (TW) e caminhada em passadeira com realidade virtual imersiva (iVRTW)</p>	<p>Neste estudo participaram 10 pacientes com DP que completaram o treino nas três condições a uma velocidade confortável.</p>	<p>O iVRTW consistia em caminhar na mesma velocidade do TW usando um headset de realidade virtual reproduzindo um fluxo óptico. Os parâmetros da marcha avaliados foram: velocidade, comprimento do passo, cadência, magnitude (CV) e organização temporal da variabilidade da duração da passada. O</p>	<p>Resultados: O comprimento do passo foi maior e a cadência menor (durante o iVRTW em comparação ao TW, enquanto o CV foi semelhante. O expoente α foi semelhante durante OW e iVRTW. Durante o TW, o expoente α foi maior do que durante o OW e o iVRTW. O SSQ foi semelhante entre TT e iVRTW,</p> <p>Conclusão: O iVRTW é tolerável e pode otimizar os efeitos do TW nos parâmetros espaço-temporais, sem aumentar o CV na DP. Além disso, o iVRTW pode ajudar a capturar o LRA natural da marcha da DP em ambientes laboratoriais e pode ser potencialmente um</p>

2020				enjoo foi avaliado após TT e iVRTW usando o Simulator Sickness Questionnaire (SSQd.)	segundo passo desafiador na reabilitação da marcha da DP.
<p>Improving motor performance in Parkinson's disease: a preliminary study on the promising use of the computer assisted virtual reality environment (CAREN)</p> <p>Calabrò et al.</p> <p>2020</p>	Itália	Testar a eficácia e viabilidade do treino de marcha baseado no ambiente de realidade virtual assistido por computador (CAREN) numa amostra de pacientes com DP.	22 pacientes ambulatoriais com DP que compareceram ao Laboratório do IRCCS Neurolesi entre agosto de 2017 e outubro de 2018	Todos os pacientes com DP foram submetidos a 20 sessões de fisioterapia convencional seguidas de 3 meses de descanso. Em seguida, os pacientes receberam 20 sessões de treino CAREN. Os desempenhos de marcha e equilíbrio foram avaliados antes, após cada protocolo de treino e 3 meses depois. A análise da marcha também foi realizada antes e depois do treinamento CAREN	<p>Resultados: Todos os pacientes completaram ambos os treinos de reabilitação sem qualquer evento adverso. Todas as escalas consideradas melhoraram significativamente ao final de ambos os tratamentos de reabilitação. Porém, os pacientes apresentaram maior melhoria clínica após o treino CAREN, em comparação com a fisioterapia convencional. Em particular, os pacientes caminharam mais rápido e com mais estabilidade, com passos mais largos e longos.</p> <p>Conclusão: Embora sejam necessários mais detalhes neurofisiológicos para identificar os pacientes que podem se beneficiar do treino CAREN, os resultados sugerem que este dispositivo inovador é uma ferramenta eficaz e viável para treinar o equilíbrio e a marcha em pacientes com DP.</p>
<p>Combined effects of virtual reality Open Access techniques and motor imagery on balance,</p> <p>2020</p>	Paquistão	Investigar os efeitos combinados das técnicas de RV e IM no equilíbrio, função motora e atividades da	Um total de 44 pacientes de ambos os sexos com DP idiopática foram alocados aleatoriamente em dois grupos	Ambos os grupos receberam tratamento fisioterapêutico (TP), enquanto o grupo experimental (N: 20) recebeu VR e IM além do TP três dias por semana, em dias	<p>Resultados: O grupo experimental apresentou melhora significativa na função motora do que o grupo controle no UPDRS. Às 12 semanas, as pontuações da BBS do grupo experimental melhoraram. Às 12 semanas, a confiança no equilíbrio do grupo experimental melhorou consideravelmente. A</p>

<p>motor function and activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial</p> <p>Kashif et al.</p> <p>2020</p>		<p>vida diária (AVDs) de pacientes com DP.</p>	<p>por meio de sorteio.</p>	<p>alternados, durante 12 semanas.</p>	<p>pontuação de AVD do grupo experimental também melhorou.</p> <p>Conclusão: A RV com técnicas de IM, além do TP de rotina, melhora significativamente a função motora, o equilíbrio e as AVDs em pacientes com DP em comparação com o TP sozinho.</p>
<p>Validity of a Fully Immersive VR-Based Version of the Box and Blocks Test for Upper Limb Function Assessment in Parkinson's Disease</p> <p>Oña et al.</p> <p>2020</p>	<p>Espanha</p>	<p>Avaliar a validade do VR-BBT desenvolvido pelos autores para medir de forma confiável a destreza manual em uma amostra de pacientes com Doença de Parkinson (DP).</p>	<p>Para este estudo, foi recrutado um grupo de 20 indivíduos em estágio leve a moderado de DP.</p>	<p>Os participantes foram solicitados a realizar o BBT físico (uma vez) e o sistema VR-BBT proposto (duas vezes), separadamente. Foi realizada análise de correlação dos dados recolhidos.</p>	<p>Resultados: A análise estatística comprovou que os dados de desempenho recolhidos pelo VR-BBT se correlacionaram significativamente com a avaliação convencional do BBT. As pontuações do VR-BBT mostraram associação significativa com a gravidade da DP medida pela escala de Hoehn e Yahr.</p> <p>Conclusão: Os autores concluíram que o VR-BBT pode ser utilizado como um indicador confiável para melhorias na saúde de pacientes com DP. Além disso, o sistema VR-BBT apresenta alta usabilidade e aceitabilidade avaliadas por médicos e pacientes.</p>
<p>Design and Development of</p>	<p>E.U.A.</p>	<p>Descrever o desenvolvimento</p>	<p>9 pacientes com DP</p>	<p>Os participantes completaram três</p>	<p>Resultados: Tanto os participantes no estudo, como os fisioterapeutas avaliaram</p>

<p>a Virtual Reality-Based Mobility Training Game for People with Parkinson's Disease</p> <p>Finley et al.</p> <p>2021</p>		<p>o e a avaliação de usabilidade de um aplicativo de treino em realidade virtual, Wordplay VR, que permite que pessoas com DP pratiquem habilidades como virar, evitar obstáculos e resolver problemas durante caminhadas no solo num ambiente baseado em jogos.</p>		<p>sessões com Wordplay VR, e cada sessão foi orientada pelo seu fisioterapeuta pessoa. Foi avaliada a sensação percebida de presença, os níveis de motivação, a usabilidade geral do sistema e o tempo de preparação pelos fisioterapeutas.</p>	<p>positivamente a sua sensação de presença no sistema de treino. O sistema recebeu classificações altas nas subescalas de interesse e valor do IMI, e em usabilidade, tanto da perspectiva do paciente durante o jogo quanto do terapeuta enquanto controlador a experiência. Por último, com a prática repetida ao longo de várias sessões, os terapeutas conseguiram reduzir o tempo necessário para ajudar os seus pacientes a colocar os auscultadores e os sensores e iniciar a experiência de treino.</p> <p>Conclusão: Estes resultados preliminares sugerem que a aplicação e o design da tarefa produzem uma experiência motivadora e fácil de usar para ambos os grupos.</p>
<p>A Video Self-Modelling Intervention Using Virtual Reality Plus Physical Practice for Freezing of Gait in Parkinson's Disease: A</p>	<p>Austrália</p>	<p>Determinar a viabilidade e aceitabilidade de uma intervenção de auto-modelação de vídeo personalizada e baseada em casa, fornecida por meio de um</p>	<p>10 pacientes com DP e congelamento de marcha</p>	<p>Um fisioterapeuta avaliou os participantes nas suas casas para identificar os gatilhos de congelamento específicos da pessoa e desenvolveu estratégias de movimento individualizadas para superar o congelamento da marcha. Foram</p>	<p>Resultados: A adesão à intervenção foi elevada, com os participantes a completarem uma média de 84% para a visualização de vídeo prescrita e uma média de 100% para a prática física prescrita. Um participante usou capacete de realidade virtual durante uma semana e completou o resto da intervenção usando um dispositivo de tela plana devido o enjoo que piorou gradualmente. Nenhum outro evento adverso ocorreu durante a intervenção ou avaliações. A maioria dos participantes achou</p>

<p>Feasibility and Acceptability Study</p> <p>Goh et al.</p> <p>2021</p>		<p>head-mounted display de realidade virtual para reduzir o congelamento da marcha em pessoas com doença de Parkinson e investigar o efeito potencial desta intervenção no congelamento da marcha, mobilidade e ansiedade.</p>		<p>criados vídeos de 180 graus de participantes executando com sucesso as suas estratégias de movimento. Os participantes assistiram aos seus vídeos usando um capacete de realidade virtual, seguido pela prática física das suas estratégias nas suas casas durante um período de intervenção de seis semanas. Foi avaliada a viabilidade e aceitabilidade da intervenção.</p>	<p>interessante e agradável usar o capacete para ver os seus vídeos e optaria por usar essa intervenção para gerir o congelamento da marcha no futuro. No geral, houve alterações mínimas no congelamento das medidas de marcha, mobilidade ou ansiedade desde o início até a pós-intervenção, embora tenha havido uma variabilidade substancial entre os participantes. A intervenção mostrou potencial na redução da ansiedade em participantes com altos níveis de ansiedade.</p> <p>Conclusão: Os autores concluíram que a auto-modelação em vídeo usando um capacete de realidade virtual imersiva, conjuntamente com a prática física de estratégias de movimento personalizadas é um método viável e aceitável para lidar com o congelamento da marcha em pessoas com doença de Parkinson.</p>
<p>Can Immersive Virtual Reality Videogames Help Parkinson's Disease Patients? A Case Study</p> <p>Campo-Prieto et al.</p>	<p>Espanha</p>	<p>Explorar o potencial dos jogos de vídeo totalmente imersivos como ferramenta de reabilitação em pacientes com DP</p>	<p>Quatro pacientes com DP leve a moderada (3 homens e 1 mulher, com idades compreendidas entre 53 e 71 anos).</p>	<p>O treino consistiu em duas sessões imersivas de videogame em realidade virtual. Os resultados foram avaliados por meio da Escala de Usabilidade do Sistema (SUS), Questionário de Doença do Simulador (SSQ), Questionário de Experiência de Jogo-</p>	<p>Resultados: Todos os participantes completaram as sessões sem efeitos adversos (100%), sem relato de sintomas de SSQ. O SUS pós-jogo foi > 75% em ambas as sessões. As pontuações do GEQ pós-jogo foram de 3,3 a 4,0/4 em ambas as sessões</p> <p>Conclusão: Os jogos de vídeo imersivos de realidade virtual são viáveis em pacientes com DP leve a moderada, com usabilidade e satisfação do paciente positivas, e sem efeitos adversos.</p>

2021				pós-jogo (GEQ), um questionário ad hoc de satisfação e esforço percebido.	
Tele-Rehabilitation with Virtual Reality A Case Report on the Simultaneous, Remote Training of Two Patients with Parkinson Disease Thumm et al. 2021	Israel	Descrever um novo programa de treino de telerreabilitação usando um sistema de realidade virtual em passadeira para treinamento simultâneo de dois pacientes com doença de Parkinson nas suas casas	2 pacientes com DP	Os participantes receberam sessões de treino semanais nas suas casas, durante 1 ano. O software de monitorização remoto permitiu a comunicação visual e auditiva com os dois pacientes, permitindo ao treinador adaptar as configurações remotamente e fornecer feedback.	Resultados: Os resultados mostram alta adesão ao treino, aumento da duração da caminhada ao longo das sessões e aumento da confiança do paciente, velocidade da marcha e mobilidade. Conclusão: Os autores concluíram que é viável treinar vários participantes simultaneamente, permitindo uma abordagem de tratamento individualizada e ao mesmo tempo preservando o tempo do terapeuta.
The combined effects of virtual reality with motor imagery techniques in patients with Parkinson's disease	Paquistão	Relato de caso sobre os efeitos combinados da realidade virtual com técnicas de imagem motora no tratamento da DP	Um homem de 60 anos e uma mulher de 63 anos, com diagnóstico de doença de Parkinson	Realidade virtual (RV) e imagens motoras (IM) com tratamento fisioterapêutico (TP) de rotina para melhorar o equilíbrio, a função motora e as atividades diárias. vivendo por um total de 60 minutos cada sessão, três visitas	Resultados: Este relato de caso revelou melhora de 15 e 18 pontos na função motora na Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson parte III (UPDRS) em homens e pacientes do sexo feminino e em atividades de vida diária na UPDRS-parte II por 9 e 8 pontos, em pacientes do sexo masculino e feminino, respetivamente. A pontuação do Berg Balance Score (BBS) também melhorou com uma alteração clinicamente significativa de 9 e 11

<p>Kashif et al.</p> <p>2022</p>				<p>por semana durante 12 semanas e acompanhamento na semana 16.</p>	<p>pontos em pacientes do sexo masculino e feminino, respectivamente. Os pacientes do sexo masculino e feminino relataram uma melhora significativa no equilíbrio e na confiança na escala de confiança do equilíbrio específico de atividades (ABC), com 14% e 16%, respectivamente.</p> <p>Conclusão: A RV em combinação com IM, além da fisioterapia de rotina, mostra melhoria nos resultados para os dois pacientes apresentados neste relato de caso.</p>
<p>EEG Evaluation in a Neuropsychological Intervention Program Based on Virtual Reality in Adults with Parkinson's Disease</p> <p>Besharat et al.</p> <p>2022</p>	<p>E.U.A.</p>	<p>Estudar a viabilidade de um programa baseado em realidade virtual orientado para a reabilitação das funções cognitivas de pacientes com DP</p>	<p>Este estudo envolveu nove pacientes com diagnóstico de DP, entre 50 e 90 anos de idade, de ambos os sexos</p>	<p>O estudo foi dividido em: intervenção com o programa, aquisição de sinais, processamento de dados e análise de resultados. O comportamento de potência das bandas alfa e beta foi determinado pela avaliação dos sinais de eletroencefalografia (EEG) obtidos durante a execução de testes de controle e jogos do Software “Hand Physics Lab”, dos quais cinco jogos relacionados com a</p>	<p>Resultados: Os resultados mostraram o desempenho característico das bandas cerebrais durante os estados de repouso e de atividade. Além disso, foi determinado que a banda beta aumentou a sua atividade em todos os lobos cerebrais em todos os jogos testados. Pelo contrário, apenas um jogo exibiu desempenho adequado da atividade da banda alfa dos lobos temporal e frontal. Além disso, a atenção visual e a capacidade de processar e interpretar as informações fornecidas pelo entorno foram favorecidas durante a execução das tentativas.</p> <p>Conclusão: Os autores comprovam a eficácia do programa de realidade virtual na recuperação de funções cognitivas. O estudo destaca a implementação de novas tecnologias para reabilitar pessoas com doenças neurodegenerativas.</p>

				atenção, planeamento e sequenciamento, concentração e coordenação.	
<p>The Effect of Non-Immersive Virtual Reality Exergames versus Traditional Physiotherapy in Parkinson's Disease Older Patients: Preliminary Results from a Randomized-Controlled Trial</p> <p>Maranesi et al.</p> <p>2022</p>	Itália	Avaliar um tratamento inovador para pacientes idosos com DP, baseado em exergames de realidade virtual não imersivos, melhorando a marcha e o equilíbrio e reduzindo o risco de queda.	30 pacientes com PD	Os participantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos, para receber uma reabilitação tradicional (GC) ou uma reabilitação tecnológica (GT)	<p>Resultados: Os resultados entre os grupos mostram que todas as pontuações do POMA diferem de forma estatisticamente significativa no GT, enfatizando a melhora não apenas no equilíbrio, mas também nas características da marcha. Além disso, o GT também melhora a esfera psicológica. Embora se possa observar uma melhoria na FES-I e na Velocidade da Marcha, este aumento não se revela significativo.</p> <p>Conclusão: Os resultados sugerem que a tecnologia de exergames de realidade virtual não imersiva oferece a oportunidade de treinar eficazmente os domínios cognitivo e físico ao mesmo tempo.</p>
<p>A Randomized Controlled Trial of Motor Imagery Combined with Virtual Reality Techniques in</p>	Paquistão	Determinar os efeitos combinados da realidade virtual e técnicas de imagética motora com	44 pacientes com doença de Parkinson idiopática foram distribuídos aleatoriamente	A realidade virtual e a imagética motora foram administradas juntamente com a fisioterapia no grupo experimental, enquanto o tratamento	<p>Resultados: Os resultados do estudo indicam que o grupo experimental apresentou melhorias significativas nos componentes da função motora: tremor em repouso na 6ª semana, 12ª semana e 16ª semana rigidez na 6ª semana, 12ª semana e 16ª semana (postura na 12ª semana e 16ª semana e marcha na 6ª semana).</p>

<p>Patients with Parkinson's Disease</p> <p>Kashif et al.</p> <p>2022</p>		<p>fisioterapia de rotina sobre os componentes da função motora de indivíduos com doença de Parkinson.</p>	<p>em um de dois grupos.</p>	<p>fisioterapêutico isolado foi administrado no grupo controle. Ambos os grupos receberam tratamento alocado durante 12 semanas, 3 dias por semana, em dias alternados. A função motora foi avaliada no início do estudo, seis semanas, doze semanas e dezasseis semanas após a interrupção do tratamento.</p>	<p>Conclusão: Este estudo demonstra que a realidade virtual e o treino de imagens motoras em combinação com a fisioterapia de rotina podem melhorar significativamente os tremores de repouso, a rigidez, a postura, a marcha e a bradicinesia corporal em indivíduos com DP em comparação com pacientes que recebem apenas fisioterapia de rotina.</p>
<p>Effects of virtual reality environments on overground walking in people with Parkinson disease and freezing of gait</p> <p>Yamagami et al.</p> <p>2020</p>	<p>E.U.A.</p>	<p>Investigar se ambientes de RV que replicam situações provocadoras de FoG exacerbariam os comprometimentos da marcha associados ao FoG em comparação com VR desobstruídos e ambientes</p>	<p>10 participantes (idade média de 74,1 anos, 3 mulheres, estágio 2–3 de Hoehn e Yahr) com DP que relataram FoG.</p>	<p>As características da marcha (ritmo, ritmo, variabilidade, assimetria e domínios de controle postural) e festinação foram medidas usando captura de movimento enquanto pessoas com DP caminhavam em ambientes de RV com base em situações provocadoras de nevoeiro (ambientes de porta, corredor e multidão) em</p>	<p>Resultados: A velocidade da marcha e o comprimento do passo foram reduzidos em todos os ambientes de RV em comparação ao laboratório físico. A largura do passo era maior, o comprimento do passo era mais variável e a festinação era mais comum para alguns ambientes de RV em comparação com o ambiente físico do laboratório. Em comparação com o ambiente de laboratório virtual desobstruído, o comprimento do passo foi mais variável em ambientes de multidão e portas de VR.</p> <p>Conclusão: A exacerbação de deficiências de marcha que são precursores característicos de FoG em ambientes de VR que provocam FoG o</p>

		físicos de laboratório.		comparação com RV desobstruída e ambientes físicos de laboratório. O efeito dos ambientes de VR foi avaliado usando ANOVAs de medidas repetidas unidirecionais com contrastes planejados.	que apoia a utilidade potencial da tecnologia VR na avaliação e tratamento de deficiências de marcha na DP.
<p>Efficacy of non-immersive virtual reality-based telerehabilitation on postural stability in Parkinson's disease: a multicenter randomized controlled trial</p> <p>Goffredo et al.</p> <p>2023</p>	Itália	Investigar a eficácia da telereabilitação baseada em realidade virtual não imersiva na estabilidade postural em pessoas com doença de Parkinson, em comparação com atividades motoras convencionais estruturadas e autoadministradas em casa.	97 indivíduos diagnosticados com doença de Parkinson.	Os participantes foram randomizados em dois grupos: 49 no grupo de telereabilitação (telereabilitação baseada em realidade virtual não imersiva) e 48 no grupo de controle (atividades motoras convencionais estruturadas autoadministradas em casa). Ambos os tratamentos duraram 30 sessões (3-5 dias/semana durante 6-10 semanas). O equilíbrio estático e dinâmico, marcha e resultados motores funcionais foram	<p>Resultados: Todos os participantes melhoraram os resultados ao final dos tratamentos. O resultado primário (teste de sistemas de avaliação de mine equilíbrio) registou uma melhoria significativa maior no grupo de telereabilitação do que no grupo de controle. A marcha e a resistência melhoraram significativamente apenas no grupo de telereabilitação, com diferenças significativas dentro e entre grupos.</p> <p>Conclusão: Os autores concluíram que a telereabilitação baseada em realidade virtual não imersiva é viável, melhora o equilíbrio estático e dinâmico e é uma alternativa razoavelmente valiosa para reduzir a instabilidade postural em pessoas com doença de Parkinson. A telereabilitação não imersiva baseada em realidade virtual é uma modalidade de reabilitação eficaz e bem tolerada que pode ajudar a melhorar o acesso e a ampliar os serviços de reabilitação, conforme sugerido pela</p>

				registados antes e depois dos tratamentos.	agenda de Reabilitação 2030 da Organização Mundial da Saúde.
<p>Fully immersive virtual reality exergames with dual-task components for patients with Parkinson's disease: a feasibility study</p> <p>Yun et al.</p> <p>2023</p>	Coreia do Sul	Investigar a viabilidade de exergames de RV totalmente imersivos com componentes de dupla tarefa em pacientes com DP.	12 pacientes com uma média de idade de 73,83 anos; a duração média da doença foi de 128,83 ± 76,96 meses. Os estágios Hoehn e Yahr foram 2,5 em 7 pacientes e 3 em 5 pacientes	Os autores desenvolveram exergames de VR para melhorar o controle do comportamento habitual usando desempenho de dupla tarefa motora-cognitiva em pacientes com DP. Os participantes foram submetidos a 10 sessões 2 a 3 vezes por semana, consistindo de 30 minutos por sessão.	<p>Resultados: Foi observada uma melhoria significativa na EEB e no teste de palavras coloridas de Stroop. O tempo do TUG e as interferências de dupla tarefa apresentaram alterações positivas, mas essas alterações não foram estatisticamente significativas</p> <p>Conclusão: Exergames de RV totalmente imersivos combinados com tarefas físicas e cognitivas podem ser usados para reabilitação de pacientes com DP sem causar efeitos adversos graves. Além disso, os exergames que utilizam componentes de dupla tarefa melhoraram a função executiva e o equilíbrio. Pode ser necessário um maior desenvolvimento do conteúdo de treino em RV para melhorar o desempenho motor e de dupla tarefa.</p>

CAPÍTULO V – DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os benefícios da realidade virtual no tratamento de doenças podem ser categorizados em dois tipos principais: tangíveis e intangíveis. No que se refere aos benefícios tangíveis, a RV pode ter um impacto direto em aspetos mensuráveis da saúde, como, por exemplo, a função motora e, nomeadamente no que respeita ao aumento da amplitude de movimento, força muscular, coordenação e equilíbrio de pacientes com doenças neurológicas ou musculoesqueléticas, como é o caso da doença de Parkinson (DP).

Goffredo et al. (2023) realizaram um estudo com o objetivo de investigar a eficácia da telerreabilitação baseada em realidade virtual não imersiva na estabilidade postural em pessoas com DP, em comparação com atividades motoras convencionais estruturadas e autoadministradas em casa. A amostra foi constituída por 97 indivíduos diagnosticados com DP, os quais foram divididos, de forma aleatória, por grupos. 49 integraram o grupo de telerreabilitação baseada em realidade virtual não imersiva e os restantes 48 foram incluídos no grupo de controle, onde realizaram atividades motoras convencionais estruturadas autoadministradas em casa. Ambos os tratamentos duraram 30 sessões (3-5 dias/semana durante 6-10 semanas). O equilíbrio estático e dinâmico, marcha e resultados motores funcionais foram registados antes e depois dos tratamentos.

Os resultados obtidos demonstram que todos os participantes apresentaram melhorias no final dos tratamentos. O resultado primário (teste de sistemas de avaliação de mini-equilíbrio) regista uma melhoria significativa maior no grupo de telerreabilitação do que no grupo de controle. Por outro lado, a marcha e a resistência, melhoraram significativamente apenas no grupo de telerreabilitação, com diferenças significativas dentro e entre grupos.

Com base nestes resultados os autores concluíram que a telerreabilitação baseada em realidade virtual não imersiva é viável, dado que melhora o equilíbrio estático e dinâmico e é uma alternativa valiosa para reduzir a instabilidade postural em pessoas com DP. A telerreabilitação não imersiva baseada em realidade virtual é uma modalidade de reabilitação eficaz e bem tolerada que pode ajudar a melhorar o acesso e a ampliar os

serviços de reabilitação, conforme sugerido pela agenda de Reabilitação 2030 da Organização Mundial da Saúde.

Estes resultados são consistentes com o que se identificam na literatura, nomeadamente no estudo de Lí et al. (2021), através do qual os autores realizaram uma revisão sistemática com análise de meta-regressão, incluindo 22 ensaios clínicos randomizados, no quais um total de 836 pacientes com DP realizaram um treino de reabilitação, baseado em realidade virtual. A meta-análise revelou que esse treino melhorou significativamente o equilíbrio ($g = 0,66$, $P < 0,001$), a qualidade de vida ($g = 0,28$, $P = 0,015$), as atividades da vida diária ($g = 0,62$, $P < 0,001$) e os sintomas depressivos ($g = 0,67$, $P = 0,021$) em comparação ao grupo de controle. Os autores avaliaram a qualidade dos ensaios individuais, tendo verificado que a mesma era alta e concluíram que este tipo de intervenções de reabilitação baseadas em RV tem potencial para ser adotado em instituições de saúde como treinamento suplementar para pacientes com DP.

Na revisão sistemática de literatura realizada para esta dissertação, diversos artigos incluídos destacam os benefícios da RV na função motora, especialmente nos estudos conduzidos por Cikajlo e Potisk (2019); Janeh et al. (2019); Bekkers et al (2020); Brandin-De La Cruz et al. (2020); Calabrò et al. (2020); Oña et al (2020); Lheureux et al. (2020); Yamagami et al. (2020); Kashif et al. (2022a); Kashif et al. (2022b); Kashif et al. (2022c); Maranesi et al. (2022); Thumm et al. (2021) e Yun et al. (2023).

Por conseguinte, o estudo realizado por Janeh et al. (2019) foi conduzido com vista a encontrar uma estratégia de manipulação da marcha baseada em RV que permitisse melhorar a simetria da marcha, equalizando o comprimento do passo, foram avaliados 15 pacientes com DP do sexo masculino. Realizaram tarefas de modulação da marcha baseadas em RV numa passadeira GAITRite³, as quais visam equalizar a simetria da marcha usando sinais visuais ou proprioceptivos, sendo as mesmas comparadas com a marcha natural. Os resultados demonstram que, em comparação com a marcha natural, essas tarefas aumentaram significativamente a largura do passo e a variabilidade do tempo de balanço para ambos os lados do corpo. Dentro das condições de RV, apenas a tarefa com “dissociação visual-proprioceptiva” por deslocamento artificial do pé para trás

³ Sistema de avaliação da marcha que utiliza sensores embutidos num tapete para capturar dados sobre a forma de caminhar (marcha) de uma pessoa.

melhorou significativamente a assimetria espacial com comprimentos de passo comparáveis de ambos os lados. Face a estes resultados, os autores chegaram à conclusão de que estes tipos de intervenções oferecem abordagens promissoras e constituem uma ferramenta eficiente para manipular características da marcha como a simetria da marcha na DP, com potencial para prevenir o FOG (congelamento da marcha).

De igual modo, o estudo realizado na Eslovénia por Cikajlo e Potisk (2019) investigou as melhorias funcionais, aspetos de motivação e eficácia clínica ao usar realidade virtual 3D imersiva. O estudo contou com a participação de 20 pacientes com DP, divididos em 2 grupos: um grupo utilizou 3D Oculus Rift CV1⁴ e o outro utilizou um computador portátil. As tarefas consistiam em escolher e colocar no mundo virtual cubos virtuais, exigindo movimentos precisos da mão para manipulá-los. Os resultados mostram que o grupo com recurso ao 3D teve um desempenho estatisticamente significativo e substancialmente melhor no tempo médio de manipulação, no número de cubos colocados com sucesso e tremor médio e um aumento importante no esforço e nas competências percebidas. Esses resultados demonstram que a tecnologia 3D imersiva pode trazer maior pontuação de interesse/prazer, o que pode resultar em desempenho funcional mais rápido e eficiente.

Em Espanha, Brandin-De La Cruz et al. (2020) conduziram um estudo para avaliar a viabilidade e eficácia preliminar da assistência mecânica à marcha combinada com realidade virtual imersiva em pacientes com DP. A amostra do estudo incluiu 12 participantes que foram selecionados de uma população de 60 pacientes com DP. A intervenção consistiu em 12 sessões de 30 minutos, distribuídas regularmente ao longo de quatro semanas consecutivas. Os participantes caminharam numa passadeira com sistema de suporte de peso corporal ajustado em aproximadamente 20% do peso corporal e equipado com um capacete de realidade virtual controlado por um joystick de duas mãos. A viabilidade e os resultados da intervenção foram recolhidos no início do estudo e após quatro semanas de intervenção. Nove dos participantes (75%) completaram a intervenção terapêutica com uma taxa de adesão de 97%. Dois participantes abandonaram o estudo, um deles por doença associada à realidade virtual e outro por falta de motivação. Houve diferenças significativas associadas a tamanhos de efeito pequenos e médios ao comparar os valores pré e pós-caminhada para a distância percorrida, velocidade de

⁴ Dispositivo de realidade virtual (RV) lançado em 2016 pela Oculus que permite aos utilizadores interagirem em ambientes 3D imersivos através de óculos especiais e sensores de movimento.

caminhada, equilíbrio e qualidade de vida. Estes resultados provam que a combinação de passareira antigравitacional com o sistema de realidade virtual imersiva podem ser uma terapia viável para reabilitar pacientes com DP.

Bekkers et al (2020), por sua vez, realizaram uma análise secundária do estudo V-TIME, uma investigação randomizada e controlada, com o objetivo de verificar se o treino em passareira com realidade virtual (TT + RV) em comparação com caminhada usual em passareira (TT) contribuía para reduzir o número de quedas e se com essas intervenções em passareira era possível obter resultados semelhantes em pacientes com e sem FOG. No estudo participaram 77 pacientes com DP com FOG e 44 pacientes com DP sem FOG. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente para treino de passareira (TT) e de passareira com realidade virtual (TT + VR), tendo sido avaliados pré e pós-treinamento e aos 6 meses de acompanhamento. Os resultados mostraram que tanto os pacientes com FOG, como os que não tinham FOG tiveram maior redução de quedas após TT + RV em comparação com TT. Os autores concluíram que a caminhada em passareira (com ou sem RV) melhora a instabilidade postural tanto nos pacientes com FOG, como nos pacientes sem FOG. O TT + RV reduziu mais as quedas do que o TT sozinho, mesmo entre aqueles com FOG. Curiosamente, o FOG em si não foi ajudado pelo treino, sugerindo que embora a instabilidade postural, as quedas e o FOG estejam relacionados, podem ser controlados por diferentes mecanismos.

O estudo de Maranesi et al. (2022), destinado a avaliar um tratamento inovador para pacientes idosos com DP, baseado em exergames de realidade virtual não imersivos, para melhorar a marcha e o equilíbrio e reduzir o risco de queda, reuniu 30 pacientes com DP. Os participantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos, um dos quais recebeu uma reabilitação tradicional (GC) e o outro uma reabilitação tecnológica (GT). Os resultados entre os grupos mostram que todas as pontuações do POMA (Performance-Oriented Mobility Assessment), ferramenta utilizada para avaliar o equilíbrio e a marcha de indivíduos) diferem de forma estatisticamente significativa no GT, enfatizando a melhoria não apenas no equilíbrio, mas também nas características da marcha. Além disso, o GT também melhorou a esfera psicológica. Embora se possa observar uma melhoria na FES-I e na velocidade da marcha, este aumento não se revelou significativo. Os resultados sugerem que a tecnologia de exergames de realidade virtual não imersiva pode oferecer a oportunidade de treinar eficazmente os domínios cognitivo e físico ao mesmo tempo.

Estes resultados vão ao encontro aos da revisão sistemática de literatura realizada por García-López et al. (2021) com o objetivo de avaliar a eficácia da realidade virtual não imersiva na redução de quedas e na melhoria do equilíbrio em pacientes com diagnóstico de DP. Os autores examinaram 10 estudos com um total de 537 participantes, 58,7% dos quais (n = 315) eram homens, e com idades entre 55 e 80 anos. Cada sessão durou entre 30 e 75 minutos, e as intervenções duraram entre 5 e 12 semanas. Esses estudos demonstram que a realidade virtual não imersiva é eficaz na redução do número de quedas e na melhoria do equilíbrio estático e dinâmico em pacientes com DP, o que comprova que RV pode melhorar o equilíbrio e reduzir o risco e o número de quedas, aportando, por isso, benefícios para a função motora de pessoas com DP.

No mesmo ano e também no mesmo país – Bélgica - onde o estudo de Bekkers et al (2020) foi realizado, Lheureux et al. (2020) desenvolveu uma investigação semelhante, mas desta vez a marcha dos pacientes com DP foi analisada sob três diferentes condições, ou seja, caminhada no solo (OW), caminhada em passarela (TW) e caminhada em passarela com realidade virtual imersiva (iVRTW). Os 10 participantes neste estudo, todos eles pacientes com DP, completaram o treino nas três condições a uma velocidade confortável. Por sua vez, o iVRTW consistia em caminhar na mesma velocidade do TW usando um headset de realidade virtual reproduzindo um fluxo ótico. Os parâmetros da marcha avaliados foram a velocidade, comprimento do passo, cadência, magnitude (CV) e organização temporal da variabilidade da duração da passada. O enjoo foi avaliado após TW e iVRTW usando o Simulator Sickness Questionnaire (SSQd.). Os autores verificaram que o comprimento do passo foi maior e a cadência menor durante o iVRTW em comparação com o TW, enquanto o CV foi semelhante. Estes resultados permitem concluir que o iVRTW é tolerável e pode otimizar os efeitos do TW nos parâmetros espaço temporais, sem aumentar o CV na DP. Além disso, o iVRTW pode ajudar a capturar o LRA natural da marcha da DP em ambientes laboratoriais e pode ser potencialmente um segundo passo desafiador na reabilitação da marcha da DP.

À semelhança dos estudos analisados anteriormente, também o ensaio efetuado em Itália por Calabrò et al. (2020) teve como objetivo testar os potenciais efeitos benéficos da RV na função motora dos pacientes com DP, sendo, neste caso, a eficácia e viabilidade do treino de marcha baseado no ambiente de realidade virtual assistido por computador (CAREN). Para tal foi selecionada uma amostra de 22 pacientes ambulatoriais com DP, os quais foram submetidos a 20 sessões de fisioterapia

convencional seguidas de 3 meses de descanso. Em seguida, os pacientes receberam 20 sessões de treino CAREN. Os desempenhos de marcha e equilíbrio foram avaliados antes, após cada protocolo de treino e 3 meses depois. A análise da marcha também foi realizada antes e depois do treinamento CAREN. Todos os pacientes completaram os dois treinos de reabilitação sem qualquer evento adverso, tendo todas as escalas consideradas melhoradas significativamente ao final de ambos os tratamentos de reabilitação. Porém, os pacientes apresentaram maior melhoria clínica após o treino CAREN, em comparação com a fisioterapia convencional, tendo caminhado mais rápido e com mais estabilidade e com passos mais largos e longos. Perante estes resultados, os autores não chegaram a uma conclusão definitiva, preferindo manterem-se cautelosos e afirmar que seriam necessários mais detalhes neurofisiológicos para identificar os pacientes que podem obter benefícios do treino CAREN. Pese embora estas limitações, os resultados obtidos permitem sugerir que este dispositivo inovador é uma ferramenta eficaz e viável para treinar o equilíbrio e a marcha em pacientes com DP.

No Pasquistão, Kashif et al. (2022a) também optaram por investigar os efeitos combinados das técnicas de RV e imagens motoras (IM) no equilíbrio, função motora e atividades da vida diária (AVDs) de pacientes com DP. Este estudo contou com a participação de 44 pacientes de ambos os sexos com DP idiopática, os quais foram divididos em dois grupos. Ambos os grupos receberam tratamento fisioterapêutico (TP), enquanto o grupo experimental (N = 20) recebeu RV e IM além do TP três dias por semana, em dias alternados, durante 12 semanas. O grupo experimental apresentou melhoria significativa na função motora comparado com o grupo controle, tendo melhorado também, consideravelmente, a confiança no equilíbrio. A pontuação de AVD do grupo experimental também melhorou mais do que a do grupo de controle. Estes resultados permitiram concluir que a RV com técnicas de IM, além do TP de rotina, permite melhorar significativamente a função motora, o equilíbrio e as AVDs em pacientes com DP em comparação com o TP sozinho.

O professor Muhammad Kashif liderou outras duas equipas de investigadores que se debruçaram sobre a mesma temática, Kashif et al., 2022b e Kashif et al., 2022c. No estudo de Kashif et al. (2022c), que consistiu num ensaio clínico randomizado e controlado de imagens motoras combinadas com técnicas de realidade virtual em pacientes com DP, os investigadores optaram por analisar os efeitos combinados da realidade virtual e técnicas de imagética motora com a fisioterapia de rotina sobre os

componentes da função motora de indivíduos com DP. À semelhança do estudo desenvolvido pela equipa anterior, este estudo contou com a participação de 44 pacientes de ambos os sexos com DP idiopática, distribuídos aleatoriamente por dois grupos. A realidade virtual e a imagética motora foram administradas juntamente com a fisioterapia no grupo experimental, enquanto o tratamento fisioterapêutico isolado foi administrado no grupo controle. Ambos os grupos receberam tratamento alocado durante 12 semanas, 3 dias por semana, em dias alternados. A função motora foi avaliada no início do estudo, seis semanas, doze semanas e dezasseis semanas após a interrupção do tratamento. Os resultados do estudo indicam que o grupo experimental apresentou melhorias significativas nos componentes da função motora: tremor em repouso na 6ª semana, 12ª semana e 16ª semana rigidez na 6ª semana, 12ª semana e 16ª semana (postura na 12ª semana e 16ª semana e marcha na 6ª semana. Este estudo demonstra que a realidade virtual e o treino de imagens motoras em combinação com a fisioterapia de rotina podem melhorar significativamente os tremores de repouso, a rigidez, a postura, a marcha e a bradicinesia corporal em indivíduos com DP em comparação com pacientes que recebem apenas fisioterapia de rotina.

A terceira equipa liderada pelo professor Muhammad Kashif, Kashif et al. (2022b), debruçou-se sobre um relato de caso acerca dos efeitos combinados da realidade virtual com técnicas de imagética motora no tratamento da DP aplicados no tratamento de dois pacientes: um homem de 60 anos e uma mulher de 63 anos. A intervenção consistiu na utilização de realidade virtual e imagens motoras (IM) com tratamento fisioterapêutico (TP) de rotina para melhorar o equilíbrio, a função motora e as atividades diárias, com um total de 60 minutos cada sessão, três visitas por semana durante 12 semanas e acompanhamento na semana 16. Os resultados deste relato revelaram uma melhoria de 15 e 18 pontos na função motora na Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson parte III (UPDRS) em homens e pacientes do sexo feminino e em atividades de vida diária na UPDRS-parte II por 9 e 8 pontos, em pacientes do sexo masculino e feminino, respetivamente. A pontuação do Berg Balance Score (BBS) também melhorou com uma alteração clinicamente significativa de 9 e 11 pontos em pacientes do sexo masculino e feminino, respetivamente. Os pacientes do sexo masculino e feminino relataram uma melhora significativa no equilíbrio e na confiança na escala de confiança do equilíbrio específico de atividades (ABC), com 14% e 16%, respetivamente. Estes resultados demonstram que a RV em combinação com IM, além da fisioterapia de rotina,

foi eficaz para melhorar os resultados dos dois pacientes apresentados neste relato de caso.

Segundo Oña et al (2020), apesar da aceitação que a tecnologia baseada em jogos tem recebido como um método viável para complementar a prática clínica tradicional, especialmente na reabilitação pacientes com doenças neurológicas, a viabilidade da utilização da realidade virtual 3D (RV) para a avaliação da função motora dos membros superiores não foi totalmente explorada. Face a esta constatação os autores desenvolveram uma versão baseada em RV do Teste de Caixas e Blocos (BBT), um teste clínico para avaliação da destreza manual, como uma alternativa automatizada ao procedimento clássico. No estudo que incluímos nesta RSL, Oña et al (2020) propõem avaliar a validade do RV-BBT desenvolvido por eles para medir de forma confiável a destreza manual numa amostra de 20 pacientes em estágio leve a moderado de DP. Para o efeito recrutaram 20 indivíduos em estágio leve a moderado de DP, aos quais foi solicitada a realização do BBT físico (uma vez) e o sistema VR-BBT proposto (duas vezes), separadamente. Foi realizada uma análise de correlação dos dados recolhidos, a qual comprovou que os dados de desempenho recolhidos pelo VR-BBT se correlacionaram significativamente com a avaliação convencional do BBT. As pontuações do VR-BBT mostram associação significativa com a gravidade da DP medida pela escala de Hoehn e Yahr (1967). Os autores concluíram que o VR-BBT pode ser utilizado como um indicador confiável para melhorias na saúde de pacientes com DP. Além disso, o sistema VR-BBT apresenta alta usabilidade e aceitabilidade avaliadas por médicos e pacientes.

O estudo realizado em Israel por Thumm et al. (2021) também teve como foco avaliar os eventuais benefícios que podem ser obtidos através da RV, a nível de função motora. Neste estudo, os autores descrevem um novo programa de treino de telerreabilitação usando um sistema de realidade virtual em passadeira para treinamento simultâneo de dois pacientes com DP. Os participantes receberam sessões de treino semanais nas suas casas, durante 1 ano. O software de monitorização remoto permitiu a comunicação visual e auditiva com os dois pacientes, permitindo ao treinador adaptar as configurações remotamente e fornecer feedback. Os resultados mostram alta adesão ao treino, aumento da duração da caminhada ao longo das sessões e aumento da confiança do paciente, velocidade da marcha e mobilidade. Os autores concluíram que é viável

treinar vários participantes simultaneamente, permitindo uma abordagem de tratamento individualizada e ao mesmo tempo preservando o tempo do terapeuta.

Yamagami et al. (2020) propuseram investigar se ambientes de RV que replicam situações provocadoras de FOG exacerbariam os comprometimentos da marcha associados ao FOG em comparação com RV desobstruídos e ambientes físicos de laboratório. O estudo contou com 10 participantes (idade média de 74,1 anos, 3 mulheres, estágio 2 – 3 de Hoehn e Yahr) com DP que relataram FOG. Neste estudo, as características da marcha (ritmo, variabilidade, assimetria e domínios de controle postural) e festinação foram medidas usando captura de movimento enquanto pessoas com DP caminhavam em ambientes de RV com base em situações provocadoras de FOG (ambientes de porta, corredor e multidão) em comparação com RV desobstruída e ambientes físicos de laboratório. O efeito dos ambientes de RV foi avaliado usando ANOVA (Analysis of Variance), um conjunto de técnicas estatísticas usadas para analisar as diferenças entre as médias de três ou mais grupos) de medidas repetidas unidirecionais com contrastes planejados. Os resultados obtidos, mostraram que a velocidade da marcha e o comprimento do passo foram reduzidos em todos os ambientes de RV em comparação com o laboratório físico. A largura do passo era maior, o comprimento do passo era mais variável e a festinação era mais comum para alguns ambientes de RV em comparação com o ambiente físico do laboratório. Em comparação com o ambiente de laboratório virtual desobstruído, o comprimento do passo foi mais variável em ambientes de multidão e portas de RV. Os autores concluíram que a exacerbação de deficiências de marcha que são precursores característicos de FOG em ambientes de RV que provocam FOG apoia a utilidade potencial da tecnologia RV na avaliação e tratamento de deficiências de marcha em pacientes com DP.

As conclusões que os autores destes estudos retiraram sobre a viabilidade e utilidade do uso da RV para melhorar a função motora dos pacientes com DP são sustentadas pela literatura que documenta amplamente resultados semelhantes obtidos em ensaios realizados um pouco por todo o mundo. Lina et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise com o objetivo avaliar o efeito da realidade virtual no equilíbrio, função motora, marcha e capacidade de realizar atividades da vida diária em pacientes com DP. Da pesquisa realizada, foram selecionados 12 ensaios clínicos randomizados que envolviam 360 pacientes. Os resultados obtidos permitiram aos autores comprovar que a RV pode melhorar o equilíbrio, medido pela Berg Balance Scale

(diferença média ponderada do modelo fixo = 2,28, IC de 95% = 1,39 a 3,16, $P < 0,00001$); fortalecer a função motora, avaliada pelo teste Timed Up and Go (diferença média ponderada do modelo fixo = 1,66, IC de 95% = -2,74 a 0,58, $P = 0,003$); melhorar a capacidade de marcha, avaliada pelo teste de tempo de caminhada de 10 metros (diferença média ponderada do modelo fixo = 0,13, IC de 95% = 0,02 a 0,24, $P = 0,02$) em pacientes com DP. Também verificaram que a RV permite melhorar a capacidade dos indivíduos de realizar atividades da vida diária, avaliada pelo Índice de Barthel modificado (diferença média ponderada do modelo fixo = 2,93, IC de 95% = 0,8 a 5,06, $P = 0,007$). Face a estes resultados, os autores sugerem que a utilização da RV na reabilitação pode constituir uma ferramenta valiosa para melhorar o equilíbrio, a função motora, a marcha e a capacidade de realizar atividades da vida diária de pacientes com DP.

À semelhança de Maranesi et al. (2022), em Itália, Yun et al. (2023), uma equipa de pesquisadores da Coreia do Sul, decidiram investigar a viabilidade da utilização exergames de RV totalmente imersivos com componentes de dupla tarefa para treinar de forma eficaz e ao mesmo tempo, os domínios cognitivo e físico em pacientes com DP. Assim, os autores desenvolveram exergames de RV para melhorar o controle do comportamento habitual usando desempenho de dupla tarefa motora-cognitiva em pacientes com DP. O estudo contou com a participação de 12 pacientes com uma média de idade de 73,83 anos e uma duração média da doença de $128,83 \pm 76,96$ meses. Os estágios Hoehn e Yahr foram de 2,5 em 7 pacientes e 3 em 5 pacientes. Os participantes foram submetidos a 10 sessões de 30 minutos, 2 a 3 vezes por semana. Foi observada uma melhoria significativa na EEB e no teste de palavras coloridas de Stroop. O tempo do TUG e as interferências de dupla tarefa apresentaram alterações positivas, mas essas alterações não foram estatisticamente significativas. Os autores concluíram que os exergames de RV totalmente imersivos combinados com tarefas físicas e cognitivas podem ser usados para reabilitação de pacientes com DP sem causar efeitos adversos graves. Além disso, os exergames que utilizam componentes de dupla tarefa melhoraram a função executiva e o equilíbrio. No entanto, pode ser necessário um maior desenvolvimento do conteúdo de treino em RV para melhorar o desempenho motor e de dupla tarefa.

A consistência destas conclusões relativamente ao uso da RV em treinos de dupla tarefa, ou seja, para treinar simultaneamente aspetos físicos e cognitivos, é sustentada

pelos resultados obtidos por Freitag et al. (2019), os quais realizaram uma revisão sistemática de literatura destinada a examinar os efeitos da realidade virtual (RV) no treinamento de marcha com tarefa-dupla de pacientes com PD. Com efeito, segundo os autores, apesar da dificuldade que representou comparar os efeitos de cada protocolo, devido à diversidade das inúmeras escalas clínicas utilizadas em todos os 19 estudos incluídos nesta RSL, os resultados são unânimes em relatar uma melhoria de marcha após o treinamento com RV. Esta constatação justifica a sugestão feita por estes investigadores de que a RV deve fazer parte dos protocolos de reabilitação em pacientes com DP.

No entanto, no que se refere a benefícios tangíveis, a utilidade das intervenções com recurso à RV não se esgota na melhoria obtida ao nível da função motora dos pacientes com DP, tal como referido anteriormente quando foi discutido o estudo de Maranesi et al. (2022), que relatou, para além das melhorias físicas obtidas com a tecnologia de exergames de realidade virtual não imersiva, a obtenção de ganhos adicionais na função cognitiva, sobretudo progressos a nível psicológico.

Com efeito, a literatura sustenta que o uso de RV no tratamento de doenças permite melhorar também a sua função cognitiva, nomeadamente ao nível da memória, atenção, linguagem e processamento espacial em pacientes com demência, autismo ou outras condições que afetam a cognição (Rodríguez-Mansilla et al., 2023; Triegaardt et al., 2019).

Besharat et al. (2022) realizaram um estudo com o objetivo de estudar a viabilidade de um programa baseado em realidade virtual orientado para a reabilitação das funções cognitivas de pacientes com DP, o qual teve a participação de 9 pacientes, de ambos os sexos, com diagnóstico de DP e idades compreendidas entre 50 e 90 anos. O estudo compreendeu uma intervenção com o programa, aquisição de sinais, processamento de dados e análise de resultados. O comportamento de potência das bandas alfa e beta foi determinado pela avaliação dos sinais de eletroencefalografia (EEG) obtidos durante a execução de testes de controle e jogos do Software “Hand Physics Lab”, dos quais cinco jogos relacionados com a atenção, planeamento e sequenciamento, concentração e coordenação. Os resultados mostram o desempenho característico das bandas cerebrais durante os estados de repouso e de atividade. Além disso, foi determinado que a banda beta aumentou a sua atividade em todos os lobos cerebrais, em todos os jogos testados. Por outro lado, apenas um jogo exibiu desempenho adequado da

atividade da banda alfa dos lobos temporal e frontal. Além disso, a atenção visual e a capacidade de processar e interpretar as informações fornecidas pelo ambiente foram favorecidas durante a execução das tentativas. Os autores comprovaram a eficácia do programa de realidade virtual na recuperação de funções cognitivas. Este estudo destaca a importância da implementação de novas tecnologias para reabilitar pessoas com doenças neurodegenerativas.

Os resultados obtidos por Besharat et al. (2022) vão ao encontro aos que podem ser encontrados na literatura, nomeadamente no estudo realizado por Marotta et al. (2022). Com efeito, face à atenção crescente que a comunidade académica tem demonstrado pela utilização de ferramentas de RV e exergames na gestão da reabilitação de pacientes com DP, estes investigadores italianos decidiram realizar uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados com o objetivo de avaliar a eficácia dessas tecnologias de ponta na reabilitação da função cognitiva de pacientes com DP. Após a seleção e a triagem dos artigos identificados, restaram 10 estudos, cinco dos quais avaliaram os dispositivos de *exergaming*, tendo relatado resultados positivos significativos em escalas de avaliação cognitiva. Os estudos avaliaram abordagens de RV que demonstraram a obtenção de melhorias significativas nas funções executivas. Os autores sugerem que tanto a RV como os exergames podem ser utilizados em intervenções de reabilitação promissoras na estrutura de reabilitação cognitiva de pacientes com DP. No entanto, salientam ainda a necessidade da realização de mais estudos de alta qualidade para definir esta tecnologia numa abordagem abrangente de reabilitação capaz de melhorar o comprometimento cognitivo multinível que este tipo de pacientes.

No que se refere aos benefícios intangíveis, a RV contribui para melhorar a qualidade de vida, dado que pode ter um impacto positivo em aspetos subjetivos do bem-estar, nomeadamente no que se refere ao bem-estar emocional, pois contribui para a redução do stress, ansiedade e depressão, promovendo o relaxamento e uma sensação de calma (Goh et al., 2021).

Com efeito, Goh et al. (2021) realizaram um estudo para analisar uma intervenção realizada de forma remota, que recorria a um dispositivo de RV para reduzir o FOG em pacientes com DP e investigar o efeito potencial desta intervenção, não só no FOG, como na mobilidade e na ansiedade desses pacientes. O estudo contou com a participação de 10 pacientes com DP e FOG, que realizaram os exercícios nas suas residências. Um

fisioterapeuta avaliou os participantes nas suas casas para identificar os gatilhos de congelamento específicos desses pacientes e desenvolveu estratégias de movimento individualizadas para superar o FOG. Foram criados vídeos de 180 graus de participantes executando com sucesso as suas estratégias de movimento. Os participantes assistiram aos seus vídeos usando um capacete de realidade virtual, seguido pela prática física das suas estratégias nas suas casas durante um período de intervenção de seis semanas. Foi avaliada a viabilidade e aceitabilidade da intervenção. A adesão à intervenção foi elevada, com os participantes a completarem uma média de 84% para a visualização de vídeo prescrita e uma média de 100% para a prática física prescrita. Um participante usou capacete de realidade virtual durante uma semana e completou o resto da intervenção usando um dispositivo de tela plana devido ao enjoo que sentia, sintomas esses que pioraram gradualmente. Nenhum outro evento adverso ocorreu durante a intervenção ou avaliações. A maioria dos participantes achou interessante e agradável usar o capacete para ver os seus vídeos e optaria por usar essa intervenção para gerir FOG no futuro. No geral, houve alterações mínimas no congelamento das medidas de marcha, mobilidade ou ansiedade desde o início até a pós-intervenção, embora tenha havido uma variabilidade substancial entre os participantes. A intervenção mostrou potencial na redução do nervosismo em participantes com altos níveis de ansiedade.

Estes resultados são consistentes com os encontrados na revisão integrativa de literatura levada a cabo por Thangavelu et al. (2020) para discutir o uso potencial da RV no tratamento da ansiedade em pacientes com DP. Nesta revisão foram incluídos 32 estudos, 4 dos quais avaliaram diretamente os efeitos da ansiedade nos sintomas motores na DP. Estudos primários implementando um protocolo de RV na DP identificaram áreas de foco de compreensão e alívio do FOG, treinamento de equilíbrio e reabilitação cognitiva e motora. Os autores concluíram que, com considerações de design apropriadas, um protocolo baseado em RV pode melhorar os resultados de ansiedade na DP. As implicações clínicas deste estudo sugerem que a RV fornece controle do campo de visão do paciente com DP, que pode ser explorado para induzir respostas específicas, fornecer feedback visual, análise das ações do paciente e introduzir desafios seguros no contexto do treinamento. Adicionalmente a terapia cognitivo-comportamental (TCC) assistida por RV pode ser adaptada para atender a subtipos de transtornos de ansiedade.

Brenda Wiederhold, uma professora da Universidade de San Diego, especializada em realidade virtual e saúde mental e autora de vários estudos sobre o uso da RV para

reduzir o stress, a ansiedade e a depressão, é uma das mais das mais conceituadas cientistas que defendem os benefícios intangíveis desta tecnologia. No seu livro *Virtual Reality Therapy for Anxiety Disorders. Advances in evaluation and treatment* (Wiederhold & Wiederhold, 2005), ela descreve as mais recentes intervenções de RV - à época, dado que este livro foi publicado em 2005, ou seja, há já 19 anos - e mostra como elas podem ser usadas para tratar pacientes com transtornos de ansiedade. Segundo os autores “a terapia de realidade virtual permite que o paciente experimente uma exposição realista, porém cuidadosamente controlada, a um cenário que provoca ansiedade, no próprio consultório do terapeuta”. Embora não seja referida a sua aplicação especificamente em DP, os autores fornecem uma discussão sobre a terapia de RV para diversos cenários e distúrbios específicos, que inclui a ansiedade característica dos pacientes com DP.

Ainda no campo dos benefícios intangíveis, alguns dos estudos incluídos nesta RSL sugerem que a experiência imersiva e interativa da RV pode aumentar a motivação dos pacientes para participar da reabilitação e dos tratamentos (Campo-Prieto et al., 2021; Finley et al., 2021; Goh et al., 2021 e Thumm et al., 2021). Também referem que aumentam o sentido de agência e controle, dado que a RV permite que os pacientes assumam o controle do seu tratamento, definindo seus próprios objetivos e progredindo em seu ritmo (Campo-Prieto et al., 2021; Thumm et al., 2021); e proporcionar oportunidades de interação social e colaboração, combatendo o isolamento e promovendo a sensação de pertença (Campo-Prieto et al., 2021), pelo que, em última análise, contribuem para a melhorar a sua capacidades de realização das suas atividades diárias e aumentar a sua qualidade de vida.

Por sua vez, o estudo realizado por Campo-Prieto et al. (2021) teve como finalidade explorar o potencial dos jogos de vídeo totalmente imersivos como ferramenta de reabilitação em pacientes com DP. O ensaio contou com a participação de quatro pacientes com DP leve a moderada, 3 homens e 1 mulher, com idades compreendidas entre 53 e 71 anos. O treino consistiu em duas sessões imersivas de jogos de vídeo em RV. Os resultados foram avaliados por meio da Escala de Usabilidade do Sistema (SUS), Questionário de Doença do Simulador (SSQ) e Questionário de Experiência de Jogo-pós-jogo (GEQ), um questionário ad hoc (criado especificamente para um estudo) de satisfação e esforço percebido. Todos os participantes completaram as sessões sem efeitos adversos (100%), sem relato de sintomas de SSQ. O SUS pós-jogo foi > 75% em ambas

as sessões. As pontuações do GEQ pós-jogo foram de 3,3 a 4,0/4 em ambas as sessões. Estes resultados sugerem que os jogos de vídeo imersivos de RV são viáveis em pacientes com DP leve a moderada, com usabilidade e satisfação do paciente positivas, e sem efeitos adversos.

O ensaio de Finley et al. (2021), por outro lado, teve como objetivo descrever o desenvolvimento e a avaliação de usabilidade de um aplicativo de treino em RV, Wordplay VR, que permite que pessoas com DP pratiquem habilidades como virar, evitar obstáculos e resolver problemas durante caminhadas no solo num ambiente baseado em jogos. Este estudo contou com a participação de 9 pacientes com DP que completaram três sessões com Wordplay VR, e cada sessão foi orientada pelo seu fisioterapeuta pessoal. Foi avaliada a sensação percebida de presença, os níveis de motivação, a usabilidade geral do sistema e o tempo de preparação pelos fisioterapeutas. Tanto os participantes no estudo, como os fisioterapeutas avaliaram positivamente a sua sensação de presença no sistema de treino. O sistema recebeu classificações altas nas subescalas de interesse e valor do IMI, e em usabilidade, tanto da perspectiva do paciente durante o jogo quanto do terapeuta enquanto controlador da experiência. Por último, com a prática repetida ao longo de várias sessões, os terapeutas conseguiram reduzir o tempo necessário para ajudar os seus pacientes a colocar os auscultadores e os sensores e iniciar a experiência de treino. Estes resultados preliminares sugerem que a aplicação e o design da tarefa produziram uma experiência motivadora e fácil de usar para ambos os grupos.

Estes resultados são suportados pela literatura, nomeadamente pelo estudo de Yu et al. (2023) que realizaram uma revisão abrangente compreendendo meta-análises de ensaios clínicos randomizados para avaliar a “força e a qualidade das evidências existentes” sobre a eficácia do treinamento em RV na melhoria do desempenho motor, resultados de atividades de vida diária (AVD) e qualidade de vida (QV) de pacientes com DP. Os resultados deste estudo revelaram o treinamento em RV pode melhorar muito a capacidade de equilíbrio básico, melhorar moderadamente a capacidade de equilíbrio geral e melhorar moderadamente o comprimento da passada em pacientes com DP. Também demonstraram o seu potencial para melhorar as AVD e a QV, sugerindo assim o treinamento em RV como uma abordagem prática para reabilitação de pacientes com DP.

5.1 Limitações do Estudo e Sugestões para Pesquisa Futura

Embora a pesquisa sobre o uso da RV no tratamento da DP demonstre resultados promissores, ainda existem lacunas que carecem de investigação para uma melhor compreensão da sua efetividade e aplicação clínica. Uma dessas lacunas prende-se com o tamanho do efeito e durabilidade dos benefícios, ou seja, a maioria dos estudos analisados apresentam amostras pequenas, o que limita a generalização dos resultados. É fundamental realizar estudos de maior escala e com acompanhamento longitudinal para produzir evidências robustas que possam guiar a prática clínica a uma escala global. Por outro lado, os mecanismos subjacentes aos efeitos da RV na DP ainda não são completamente compreendidos, pelo que é pertinente investigar como a RV influencia os sistemas neurológicos envolvidos na DP, como os sistemas motor, cognitivo e motivacional. A individualização da terapia é outra das limitações que foram identificadas. De facto, a resposta à terapia com RV pode variar entre os pacientes com DP, pelo que é necessário desenvolver protocolos individualizados que considerem as características e necessidades específicas de cada paciente. Além disso, alguns estudos relataram efeitos adversos da RV, como náuseas, tonturas e desorientação espacial, tornando essencial investigar a frequência e gravidade desses efeitos, bem como identificar os pacientes com maior risco de apresentá-los.

A viabilidade económica da terapia com RV no tratamento da DP ainda precisa de ser avaliada em estudos que considerem os custos da tecnologia, do treinamento e da implementação em diferentes contextos clínicos. De igual modo, a eficácia da RV como terapia adjuvante a outros tratamentos para a DP, como medicamentos e fisioterapia, precisa de ser investigada em estudos com delineamento rigoroso. Verificou-se, ainda, que a maioria dos estudos investigam os aspetos motores da DP, enquanto a qualidade de vida dos pacientes é uma dimensão de análise menos estudada. Assim, é fundamental investigar o impacto da RV na qualidade de vida dos pacientes com DP, considerando aspetos como humor, sono, atividades sociais e relações interpessoais. A disponibilidade e o acesso à tecnologia de RV podem ser limitados em alguns contextos, sendo essencial desenvolver soluções para tornar a RV mais acessível e investir na formação de profissionais de saúde para a sua utilização adequada.

Uma outra limitação importante do estudo está relacionada à inconsistência no tamanho das amostras, de 2 a 121 participantes, o que pode comprometer o poder

estatístico de alguns estudos, dificultando a detecção de efeitos menores. Muitos dos estudos revistos foram conduzidos em contextos específicos, o que dificulta a aplicação dos resultados em populações com diferentes contextos socioeconômicos, culturais e de acesso à tecnologia. As diferenças nas populações estudadas, como variações na idade, gravidade da doença, comorbidades e nível de familiaridade com tecnologias como a realidade virtual, também representam uma limitação importante. Esses fatores podem influenciar os resultados e, conseqüentemente, a eficácia percebida da intervenção com RV no tratamento da DP. A falta de estudos multicêntricos e com amostras mais diversificadas impede uma visão mais ampla e abrangente da aplicabilidade da RV em diferentes contextos clínicos e geográficos.

Estudos futuros podem ponderar ter uma maior diversidade de amostra, pois a maioria da produção científica analisada concentra-se, sobretudo, em pacientes com DP em estágios leves ou moderados. Torna-se necessário investigar a efetividade da RV em pacientes com DP em estágios mais avançados e em diferentes grupos populacionais, considerando fatores como idade, sexo, etnia, comorbidades e diferentes níveis de rendimento. A partir desses estudos é possível refletir sobre as questões éticas relacionadas com o uso da RV, como o consentimento informado, privacidade e proteção de dados. A construção de um quadro deontológico para o uso da RV em pacientes com DP exige o estabelecimento de diretrizes éticas precisas para pesquisas e práticas clínicas.

Desta forma, sugere-se que futuras pesquisas adotem abordagens mais específicas e rigorosas para avaliar os efeitos da realidade virtual no tratamento da DP. Estudos longitudinais são necessários para compreender os efeitos a longo prazo da RV, em vez de focar apenas nos resultados imediatos. Além disso, amostras maiores e mais representativas permitiriam uma generalização mais robusta dos resultados e melhorariam a compreensão sobre a eficácia da RV em diferentes estágios da doença. Também seria importante investigar novos parâmetros de avaliação, como a análise de biomarcadores neurofisiológicos e de imagem cerebral, a fim de obter uma visão mais aprofundada sobre como a RV influencia os circuitos cerebrais relacionados à mobilidade e ao equilíbrio em pacientes com DP. Esses avanços podem abrir novas perspectivas para o desenvolvimento de protocolos clínicos personalizados, mais eficazes e baseados em evidências.

É importante salientar que a utilização exclusiva da *PubMed* pode implicar algumas limitações, como a possibilidade de não capturar todos os estudos relevantes, especialmente os que são publicados em bases de dados regionais ou não indexadas (ex. repositórios de universidades). No entanto, considerando a abrangência da *PubMed* e a natureza da pesquisa, acredita-se que essas limitações não comprometem significativamente a validade dos resultados obtidos. Em futuras pesquisas, a inclusão de outras bases de dados como Scopus, Web of Science e bases de dados específicas da área da neurologia poderá ser considerada para ampliar a busca e complementar os resultados no que diz respeito ao uso da RV como ferramenta no tratamento da doença de Parkinson.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

A presente RSL procurou sistematizar o estado atual da literatura científica sobre os benefícios, tanto tangíveis quanto intangíveis, que podem ser alcançados com o uso da tecnologia de RV na reabilitação de pacientes com DP.

Os resultados obtidos permitem concluir que a RV pode melhorar de forma significativa a função motora dos pacientes com DP, ao nível da coordenação, amplitude de movimento, simetria da marcha, resistência e equilíbrio estático e dinâmico. Esta ferramenta possui potencial para prevenir o congelamento da marcha (FOG) e melhorar a instabilidade da postura, o que ajuda a reduzir o risco de quedas. Por outro lado, a RV associada a exergames permite treinar simultaneamente os domínios físico e cognitivo, resultando em benefícios ao nível psicológico.

A associação da RV e da imagética motora com a fisioterapia de rotina, por sua vez, revelou benefícios acrescidos, nomeadamente no que respeita à melhoria significativa dos tremores de repouso, da rigidez, postura, marcha e bradicinesia corporal em pacientes com DP. O aumento da confiança destes pacientes ao nível do equilíbrio contribuiu para a melhoria na realização das suas atividades de vida diárias e aumento de qualidade de vida.

Os benefícios desta tecnologia também se manifestam ao nível da função cognitiva dos pacientes com DP, sobretudo no que se refere à melhoria da memória, atenção, linguagem e processamento espacial, o que sugere a RV pode constituir uma ferramenta essencial em intervenções de reabilitação promissoras na estrutura de reabilitação cognitiva destes doentes.

Ao nível dos benefícios intangíveis verifica-se que a RV apresenta potencial para melhorar a qualidade de vida na DP, ao impactar de forma positiva em aspetos subjetivos do bem-estar, como o bem-estar emocional, dado que ajuda a reduzir o stress, a ansiedade e a depressão, propiciando o relaxamento e sensação de calma. Alguns estudos analisados sugerem que a experiência imersiva e interativa da RV ajuda a motivar os pacientes, os quais revelam uma maior apetência para realizar os tratamentos de reabilitação.

As intervenções com realidade virtual adotam uma abordagem holística, impactando não apenas na melhoria de sintomas específicos, mas também promovendo o

bem-estar geral e a qualidade de vida dos pacientes. Esses benefícios podem contribuir para a manutenção dos resultados positivos a longo prazo, mesmo após o término da terapia. A RV permite, assim, personalizar o tratamento às necessidades e preferências de cada paciente, otimizar os resultados e tornar a reabilitação mais agradável e interessante, aumentando a adesão dos pacientes à terapia.

No que diz respeito à aplicabilidade prática dos resultados, é possível recomendar a integração gradual da realidade virtual nos programas de reabilitação para pacientes com DP, em conformidade com as diretrizes da OMS sobre inovação e cuidados de saúde. A RV pode ser aplicada em centros de reabilitação especializados ou mesmo em ambientes domésticos supervisionados, facilitando o acesso dos pacientes a tratamentos personalizados e inovadores. A incorporação dessa tecnologia pode ajudar a reduzir as barreiras geográficas e melhorar a adesão ao tratamento, ao criar uma abordagem mais atrativa e envolvente para os pacientes. Adicionalmente, é essencial que os profissionais de saúde sejam capacitados para utilizar a RV como uma ferramenta complementar nas intervenções clínicas, promovendo assim uma abordagem integrada, segura e baseada em evidências, conforme as orientações da OMS sobre cuidados de saúde de alta qualidade e inovação tecnológica.

Conclui-se que a RV é uma ferramenta promissora no tratamento da DP, pois proporciona melhorias significativas na reabilitação motora e cognitiva dos pacientes, particularmente no equilíbrio, marcha e processamento cognitivo. Os estudos analisados demonstraram que, em comparação com as abordagens tradicionais de reabilitação, a RV oferece uma experiência imersiva, altamente motivadora e eficaz, e contribui para uma maior adesão dos pacientes às sessões de tratamento.

No entanto, para consolidar a evidência e integrar a realidade virtual de forma mais robusta na prática clínica, são necessários estudos futuros com amostras maiores e metodologias mais rigorosas para validar e ampliar os resultados encontrados nesta RSL. O presente estudo amplia o conhecimento sobre a realidade virtual ao sistematizar as evidências científicas selecionadas através da metodologia utilizada. Organizar de forma clara as principais vantagens e limitações da RV em relação com a DP, permite disseminar o conhecimento obtido e orientar futuras pesquisas que, conseqüentemente, contribuirão para melhores tomadas de decisão de todas as partes envolvidas. Pode ainda contribuir para a otimização de recursos, a identificar as necessidades, o foco e comparabilidade das

investigações. No que diz respeito à aplicabilidade clínica, as conclusões da RSL podem incentivar futuros investigadores a identificar as limitações da realidade virtual na formação dos profissionais que desenvolvem essa tecnologia. Além disso, podem contribuir para a criação de materiais e atividades mais eficazes para a área da saúde. Uma melhor comunicação entre os desenvolvedores de tecnologia e os profissionais de saúde, permitirá oferecer tratamentos mais personalizados e eficazes. A RV também poderá fornecer dados valiosos à indústria, ajudando a otimizar processos e identificar novas oportunidades de tratamento para pacientes com DP e outras doenças, consolidando-se como uma ferramenta importante no processo de recuperação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bekkers, E. M. J., Mirelman, A., Alcock, L., Rochester, L., Nieuwhof, F., Bloem, B. R., Pelosin, E., Avanzino, L., Cereatti, A., della Croce, U., Hausdorff, J. M., & Nieuwboer, A. (2020). Do Patients with Parkinson's Disease with Freezing of Gait Respond Differently Than Those Without to Treadmill Training Augmented by Virtual Reality? *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 34(5), 440–449.

<https://doi.org/10.1177/1545968320912756>

Berntsen, K., Colomo Palacios, R., & Herranz, E. (2016, November 2). Virtual reality and its uses: A systematic literature review. In *TEEM '16: Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 435-439. Association for Computing Machinery [ACM].

<https://doi.org/10.1145/3012430.3012553>

Bhidayasiri, R., & Tarsy, D. (2012). Parkinson's Disease: Hoehn and Yahr Scale. In *Movement Disorders: A Video Atlas* (pp. 4-5). Current Clinical Neurology.

Bloem, B. R., Okun, M. S., & Klein, C. (2021). Parkinson's disease. *The Lancet*, 397(10291), 2284–2303.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X)

Brandín-De la Cruz, N., Secorro, N., Calvo, S., Benyoucef, Y., Herrero, P., & Bellosta-López, P. (2020). Immersive virtual reality and antigravity treadmill training for gait rehabilitation in Parkinson's disease: a pilot and feasibility study. *Revista de Neurologia*, 71(12), 447–454.

<https://doi.org/10.33588/rn.7112.2020352>

Calabrò, R. S., Naro, A., Cimino, V., Buda, A., Paladina, G., di Lorenzo, G., Manuli, A., Milardi, D., Bramanti, P., & Bramanti, A. (2020). Improving motor performance in Parkinson's disease: a preliminary study on the promising use of the computer assisted virtual reality environment (CAREN). *Neurological Sciences*, 41(4), 933–941.

<https://doi.org/10.1007/s10072-019-04194-7>

Campo-Prieto, P., Rodríguez-Fuentes, G., & Cancela-Carral, J. M. (2021). Can immersive virtual reality videogames help parkinson's disease patients? A case study. *Sensors*, 21(14).

<https://doi.org/10.3390/s21144825>

Canning, C. G., Allen, N. E., Nackaerts, E., Paul, S. S., Nieuwboer, A., & Gilat, M. (2020). Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson's disease. *Nature Reviews Neurology*, 16(8), 409–425.

<https://doi.org/10.1038/s41582-020-0370-2>

Cemim, J. A., Corrêa, P. S., Pereira, B. dos S., Souza, J. S. de, & Cechetti, F. (2022). Virtual reality as an intervention tool for upper limbs in Parkinson's disease: a case series. *Fisioterapia e Pesquisa*, 29(2), 128–137.

<https://doi.org/10.1590/1809-2950/20022329022022en>

Cikajlo, I., & Peterlin Potisk, K. (2019). Advantages of using 3D virtual reality-based training in persons with Parkinson's disease: A parallel study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1).

<https://doi.org/10.1186/s12984-019-0601-1>

Cruz Souza, M., Biazini, P. L. de A., Furuta, D. T., Moliterno, A. H., Uliam, N. R., de Oliveira, D. F., Leoci, I. C., Frasson, I. B., Damasceno, S. de O., Gonzaga, C. N., Tacao, G. Y., & de Carvalho, A. C. (2020). A influência da realidade virtual sobre a velocidade da marcha e avaliação da satisfação de indivíduos com doença de Parkinson. *Colloquium Vitae*, 12(3), 1-9.

<https://doi.org/10.5747/cv.2020.v12.n3.v304>

Dockx, K., Bekkers, E. M., Van den Bergh, V., Ginis, P., Rochester, L., Hausdorff, J. M., ... & Nieuwboer, A. (2016). Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (12).

<https://doi.org/10.1002/14651858.CD010760.pub2>

Finley, J. M., Gotsis, M., Lympouridis, V., Jain, S., Kim, A., & Fisher, B. E. (2021). Design and Development of a Virtual Reality-Based Mobility Training Game for People with Parkinson's Disease. *Frontiers in Neurology, 11*.

<https://doi.org/10.3389/fneur.2020.577713>

Fletcher, E., Goodwin, V. A., Richards, S. H., Campbell, J. L., & Taylor, R. S. (2012). An exercise intervention to prevent falls in Parkinson's: An economic evaluation. *BMC Health Services Research, 12*, 426.

<https://doi:10.1186/1472-6963-12-426>

Freitag, F., Brucki, S. M. D., Barbosa, A. F., Chen, J., de Oliveira Souza, C., Valente, D. F., Chien, H. F., Bedeschi, C., & Voos, M. C. (2019). Is virtual reality beneficial for dual-task gait training in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *Dementia e Neuropsychologia, 13*(3), 259–267.

<https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn13-030002>

Gandhi, M., & Ronak, A. (2018). Virtual reality: Opportunities and challenges in healthcare education. *Journal of Medical Education, 42*(3), 123-130.

Gandolfi, M., Geroin, C., Dimitrova, E., Boldrini, P., Waldner, A., Bonadiman, S., Picelli, A., Regazzo, S., Stirbu, E., Primon, D., Bosello, C., Gravina, A. R., Peron, L., Trevisan, M., Garcia, A. C., Menel, A., Bloccari, L., Valè, N., Saltuari, L., Tinazzi, M., & Smania, N. (2017). Virtual reality telerehabilitation for postural instability in Parkinson's disease: A multicenter, single-blind, randomized, controlled trial. *Biomed Research International, 2017*, 7962826.

<https://doi:10.1155/2017/7962826>

Goede, C. J. T. de Keus, S. H. J., Kwakkel, G., & Wagenaar, R. C. (2001). The effects of physical therapy in Parkinson's disease: A research synthesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82*(4), 509–515.

<https://doi.org/10.1053/apmr.2001.22352>

Goetz, C. G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Counsell, C., Giladi, N., Holloway, R. G., Moore, C. G., Wenning, G. K., Yahr, M. D., Seppi, K., Koller, W.

C., Lees, A. J., Olanow, C. W., Damier, P., Oertel, W., Williams, A. J., Reichmann, H., ... & Riederer, P. (2004). Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: Status and recommendations. *Movement Disorders, 19*(9), 1020-1028.

<https://doi.org/10.1002/mds.20213>

Goffredo, M., Baglio, F., de Icco, R., Proietti, S., Maggioni, G., Turola, A., Pournajaf, S., Jónsdóttir, J., Zeni, F., Federico, S., Cacciante, L., Cioeta, M., Tassorelli, C., Franceschini, M., & Calabrò, R. S. (2023). Efficacy of non-immersive virtual reality-based telerehabilitation on postural stability in Parkinson's disease: A multicenter randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 59*(6), 689-696.

<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.23.07954-6>

Goh, L., Allen, N. E., Ahmadpour, N., Ehgoetz Martens, K. A., Song, J., Clemson, L., Lewis, S. J. G., MacDougall, H. G., & Canning, C. G. (2021). A video self-modeling intervention using virtual reality plus physical practice for freezing of gait in parkinson disease: Feasibility and acceptability study. *JMIR Formative Research, 5*(11).

<https://doi.org/10.2196/28315>

Hacker, M. L., Currie, A. D., Molinari, A. L., Turchan, M., Millan, S. M., Heusinkveld, L. E., Roach, J., Konrad, P. E., Davis, T. L., Neimat, J. S., Phibbs, F. T., Hedera, P., Byrne, D. W., & Charles, D. (2016). Subthalamic nucleus deep brain stimulation may reduce medication costs in early-stage Parkinson's disease. *Journal of Parkinson's Disease, 6*(1), 125-131.

<https://doi:10.3233/JPD-150712>

Hayes, S. C., & Hofmann, S. G. (2017). The use of virtual reality in psychosis research and treatment. *World Psychiatry, 16*(3), 245-246.

<https://doi.org/10.1002/wps.20442>

Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: Onset, progression, and mortality. *Neurology, 17*(5), 427-442.

<https://doi.org/10.1212/WNL.17.5.427>

Janeh, O., Fründt, O., Schönwald, B., Gulberti, A., Buhmann, C., Gerloff, C., Steinicke, F., & Pötter-Nerger, M. (2019). Gait training in virtual reality: Short-term effects of different virtual manipulation techniques in Parkinson's disease. *Cells*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/cells8050419>

Kalia, L. V., & Lang, A. E. (2015). Parkinson's disease. *The Lancet*, 386(9996), 896-912. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61393-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61393-3)

Keus, S. H. J., Munneke, M., Nijkrake, M. J., Kwakkel, G., & Bloem, B. R. (2009). Physical therapy in Parkinson's disease: Evolution and future challenges. *Movement Disorders*, 24(1), 1–14. <https://doi.org/10.1002/mds.22141>

Khan, A., Podlasek, A., & Somaa, F. (2021). Virtual reality in post-stroke neurorehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 30(1), 53–72. <https://doi.org/10.1080/10749357.2021.1990468>

Kirner, C., & Siscoutto, R. (2007, maio). Realidade virtual e aumentada: Conceitos, projeto e aplicações. In *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Realidade Virtual e Aumentada*, 28. Sociedade Brasileira de Computação.

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). <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01219-3>

Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(11), CD008349. <https://doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4>

Lees, A. J., Hardy, J., & Revesz, T. (2009). Parkinson's disease. *The Lancet*, 373(9680), 2055–2066.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60492-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60492-X)

Lheureux, A., Lebleu, J., Frisque, C., Sion, C., Stoquart, G., Warlop, T., Detrembleur, C., & Lejeune, T. (2020). Immersive Virtual Reality to Restore Natural Long-Range Autocorrelations in Parkinson's Disease Patients' Gait During Treadmill Walking. *Frontiers in Physiology*, 11.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.572063>

Li, F., & Harmer, P. (2015). Economic evaluation of a Tai Ji Quan intervention to reduce falls in people with Parkinson disease, Oregon, 2008-2011. *Prevention Chronic Disease*, 12, E120.

<https://doi:10.5888/pcd12.140413>

Li, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Wang, M., Ang, W. H. D., & Lau, Y. (2021). Rehabilitation training based on virtual reality for patients with Parkinson's disease in improving balance, quality of life, activities of daily living, and depressive symptoms: A systematic review and meta-regression analysis. *Clinical Rehabilitation*, 35(8), 1089–1102.

<https://doi.org/10.1177/0269215521995179>

Lina, C., Guoen, C., Huidan, W., Yingqing, W., Ying, C., Xiaochun, C., & Qinyong, Y. (2020). The Effect of Virtual Reality on the Ability to Perform Activities of Daily Living, Balance during Gait, and Motor Function in Parkinson Disease Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(10), 917–924.

<https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001447>

Maranesi, E., Casoni, E., Baldoni, R., Barboni, I., Rinaldi, N., Tramontana, B., Amabili, G., Benadduci, M., Barbarossa, F., Luzi, R., di Donna, V., Scendoni, P., Pelliccioni, G., Lattanzio, F., Riccardi, G. R., & Bevilacqua, R. (2022). The Effect of Non-Immersive Virtual Reality Exergames versus Traditional Physiotherapy in Parkinson's Disease

Older Patients: Preliminary Results from a Randomized-Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22).

<https://doi.org/10.3390/ijerph192214818>

Marotta, N., Calafiore, D., Curci, C., Lippi, L., Ammendolia, V., Ferraro, F., Invernizzi, M., & de Sire, A. (2022). Integrating virtual reality and exergaming in cognitive rehabilitation of patients with Parkinson disease: a systematic review of randomized controlled trials. In *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* (58 (6), pp. 818–826. Edizioni Minerva Medica.

<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.22.07643-2>

Modestino, E. J., Reinhofer, A., Blum, K., Amenechi, C., & O'Toole, P. (2018). Hoehn and Yahr staging of Parkinson's disease in relation to neuropsychological measures. *Frontiers in Bioscience - Landmark*, 23, 1370-1379.

Norman, D. A. (2013). *Things that make us smart: Defending human expertise in an age of machines*. Basic Books.

Oña, E. D., Jardón, A., Cuesta-Gómez, A., Sánchez-Herrera-baeza, P., Cano-De-la-cuerda, R., & Balaguer, C. (2020). Validity of a fully-immersive VR-based version of the box and blocks test for upper limb function assessment in Parkinson's disease. *Sensors* (Switzerland), 20(10).

<https://doi.org/10.3390/s20102773>

Rizzo, A., & Koenig, S. T. (2017). Is clinical virtual reality ready for primetime? *Neuropsychology*, 31(8), 877–899.

<https://doi.org/10.1037/neu0000405>

Rocha, J. M., & Santos Rocha Júnior, A. dos. (2007). Interação humano-computador aplicada ao ensino a distância. *Perquirere*, 4(2), 15-32.

Rodríguez-Mansilla, J., Bedmar-Vargas, C., Garrido-Ardila, E. M., Torres-Piles, S. T., González-Sánchez, B., Rodríguez-Domínguez, M. T., Ramírez-Durán, M. V., & Jiménez-Palomares, M. (2023). Effects of Virtual Reality in the Rehabilitation of Parkinson's

Disease: A Systematic Review. In *Journal of Clinical Medicine* 12 (15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

<https://doi.org/10.3390/jcm12154896>

Santana, C. M. F. de, Lins, O. G., Sanguinetti, D. C. de M., Silva, F. P. da Angelo, T. D. de A., Coriolano, M. das G. W. de S., Câmara, S. B., & Silva, J. P. de A. (2015). Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 18(1), 49–58.

<https://doi.org/10.1590/1809-9823.2015.14004>

Shneiderman, B. (2018). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction* (6th ed.). Pearson.

Syed, U. E., & Kamal, A. (2019). Video game-based and conventional therapies in patients of neurological deficits: an experimental study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16(3), 332–339.

<https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1679266>

Thangavelu, K., Hayward, J. A., Pachana, N. A., Byrne, G. J., Mitchell, L. K., Wallis, G. M., Au, T. R., & Dissanayaka, N. N. (2022). Designing virtual reality-assisted psychotherapy for anxiety in older adults living with Parkinson's disease: Integrating literature for scoping. *Clinical Gerontologist*, 45(2), 235–251.

<https://doi.org/10.1080/07317115.2019.1709597>

Thomas, B., & Flint Beal, M. F. (2007). Parkinson's disease. *Human Molecular Genetics*, 16(R2).

<https://doi.org/10.1093/hmg/ddm159>

Thumm, P.C., Giladi, N., Hausdorff, J. M., & Mirelman, A. (2021). Tele-Rehabilitation with Virtual Reality: A Case Report on the Simultaneous, Remote Training of Two Patients with Parkinson Disease. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 100(5), 435–438.

<https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001745>

Triegaardt, J., Han, T. S., Sada, C., Sharma, S., & Sharma, P. (2020). The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: Meta-analysis and systematic review in 1031 participants. *Neurological Sciences, 41*(3), 529–536.

<https://doi.org/10.1007/s10072-019-04144-3>

Wiederhold, B. K. & Wiederhold, M. D. (2005). Virtual Reality Therapy for Anxiety Disorders. Advances in evaluation and treatment. *American Psychological Association*.

<https://doi.org/10.1037/10858-000>

Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2020). Virtual Reality. *Business and Information Systems Engineering, 62*(5), 455–461.

<https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>

Yamagami, M., Imsdahl, S., Lindgren, K., Bellatin, O., Nhan, N., Burden, S. A., Pradhan, S., & Kelly, V. E. (2020). Effects of virtual reality environments on overground walking in people with Parkinson disease and freezing of gait. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 18*(3), 266–273. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1842920>

Yun, S. J., Hyun, S. E., Oh, B. M., & Seo, H. G. (2023). Fully immersive virtual reality exergames with dual-task components for patients with Parkinson's disease: a feasibility study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 20*(1).

<https://doi.org/10.1186/s12984-023-01215-7>