

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS ASSOCIADAS AO
TRATAMENTO FISIOTERAPÊUTICO DA DOENÇA
NEURODEGENERATIVA DE PARKINSON: UMA
REVISÃO INTEGRATIVA**

**TECHNOLOGICAL INNOVATIONS ASSOCIATED
WITH PHYSIOTHERAPEUTIC TREATMENT OF THE
NEURODEGENERATIVE PARKINSON'S DISEASE: AN
INTEGRATIVE REVIEW**

**INNOVACIONES TECNOLÓGICAS ASOCIADAS AL
TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO DE LA
ENFERMEDAD NEURODEGENERATIVA DE
PARKINSON: UNA REVISIÓN INTEGRATIVA**

DOI: <https://doi.org/10.31692/2764-3433.v5i1.300>

¹NATÁLIA KÁSSIA DE SOUZA OLIVEIRA

Discente de Fisioterapia, Centro Universitário Estácio do Recife, adm.nataliasouza@gmail.com

²CAIO VICTOR BARROS GONÇALVES DA SILVA

Mestrando em Ciência Biológica, Universidade Federal de Pernambuco, caio.victor@ufpe.br

³LARA DE MENEZES ALBERT

Discente de Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, lara.malbert@gmail.com

⁴MARIA CLARA MACHADO DE ALONSO DE ARAÚJO

Discente de Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, clara.alonso@ufpe.br

⁵ISVÂNIA MARIA SERAFIM DA SILVA LOPES

Docente do Departamento de Biofísica e Radiobiologia, Universidade Federal de Pernambuco, isvânia.serafim@ufpe.br

RESUMO

A Doença de Parkinson (DP) é um distúrbio neurodegenerativo caracterizado pela perda de neurônios dopaminérgicos, resultando em sintomas motores como lentidão e rigidez. Embora não tenha cura, terapias como reposição de dopamina e estimulação cerebral melhoram o controle dos sintomas, mas não interrompem a progressão da doença. Assim, a fisioterapia desempenha papel essencial, auxiliando na mobilidade, equilíbrio e qualidade de vida dos pacientes. Abordagens tecnológicas têm mostrado grande potencial na reabilitação de pacientes com DP. Recursos como realidade virtual, exergames e jogos musicais oferecem ambientes imersivos que estimulam habilidades motoras e cognitivas, promovendo a recuperação de movimentos perdidos e prevenindo quedas. Técnicas como música e dança também têm se mostrado eficazes na melhoria de sintomas, contribuindo para o bem-estar físico e psicológico. Entretanto, a adesão ao tratamento ainda enfrenta barreiras, como medo de cair e limitações financeiras. Tecnologias inovadoras podem superar esses desafios ao tornar o processo de reabilitação mais acessível, envolvente e motivador. A pesquisa ressalta a necessidade de desenvolver equipamentos e métodos mais específicos, capazes de oferecer soluções personalizadas e integradas ao tratamento. Conclui-se que a tecnologia possui um papel promissor no aprimoramento da reabilitação motora e no suporte psicológico de pacientes com DP, destacando sua relevância no avanço das práticas fisioterapêuticas e na promoção de uma melhor qualidade de vida.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; inovação; realidade virtual; tecnologia; tratamento.

ABSTRACT

Parkinson's Disease (PD) is a neurodegenerative disorder characterized by the loss of dopaminergic neurons, resulting in motor symptoms such as slowness and stiffness. Although there is no cure, therapies like dopamine replacement and brain stimulation improve symptom control but do not halt disease progression. Thus, physiotherapy plays an essential role in assisting with mobility, balance, and quality of life for patients. Technological approaches have shown great potential in the rehabilitation of PD patients. Tools such as virtual reality, exergames, and music-based games provide immersive environments that stimulate motor and cognitive skills, promoting the recovery of lost movements and preventing falls. Techniques like music and dance have also proven effective in improving symptoms, contributing to physical and psychological well-being. However, treatment adherence still faces barriers, such as fear of falling and financial limitations. Innovative technologies can overcome these challenges by making the rehabilitation process more accessible, engaging, and motivating. Research emphasizes the need to develop

more specific equipment and methods capable of offering personalized and integrated solutions for treatment. It is concluded that technology has a promising role in enhancing motor rehabilitation and psychological support for PD patients, highlighting its relevance in advancing physiotherapeutic practices and promoting a better quality of life.

Keywords: Parkinson's Disease; innovation; virtual reality; technology; treatment

RESUMEN

La Enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo caracterizado por la pérdida de neuronas dopaminérgicas, que resulta en síntomas motores como lentitud y rigidez. Aunque no tiene cura, terapias como la reposición de dopamina y la estimulación cerebral mejoran el control de los síntomas, pero no detienen la progresión de la enfermedad. Así, la fisioterapia desempeña un papel esencial, ayudando en la movilidad, el equilibrio y la calidad de vida de los pacientes. Enfoques tecnológicos han demostrado un gran potencial en la rehabilitación de pacientes

con EP. Recursos como la realidad virtual, los exergames y los juegos musicales ofrecen entornos inmersivos que estimulan habilidades motoras y cognitivas, promoviendo la recuperación de movimientos perdidos y previniendo caídas. Técnicas como la música y la danza también han demostrado ser eficaces para la mejora de síntomas, contribuyendo al bienestar físico y psicológico. Sin embargo, la adherencia al tratamiento aún enfrenta barreras, como el miedo a caer y las limitaciones financieras. Las tecnologías innovadoras pueden superar estos desafíos al hacer el proceso de rehabilitación más

accesible, atractivo y motivador. La investigación destaca la necesidad de desarrollar equipos y métodos más específicos, capaces de ofrecer soluciones personalizadas e integradas al tratamiento. Se concluye que la tecnología tiene un papel prometedor en la mejora de la rehabilitación motora y el apoyo psicológico a los pacientes con EP, subrayando su relevancia en el avance de las prácticas fisioterapéuticas y en la promoción de una mejor calidad de vida.

Palabras-clave: Enfermedad de Parkinson; innovación; realidad virtual; tecnología; tratamiento.

INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson é um distúrbio neurodegenerativo que se manifesta principalmente na vida adulta, caracterizando-se por lentidão generalizada dos movimentos (bradicinesia) e, pelo menos, um outro sintoma, como tremor ou rigidez muscular (Zafar, et al., 2023).

É uma condição heterogênea e complexa, caracterizada pela perda de neurônios dopaminérgicos nos gânglios da base, o que resulta em diversos sintomas motores e não motores. Apesar de não haver cura até o momento, a terapia de reposição de dopamina pode melhorar os sintomas motores e a qualidade de vida dos pacientes (Faouzi, et al., 2023).

Vale ressaltar que foi somente no final da década de 1960 que a terapia de reposição de dopamina se tornou viável, e apenas na virada do século que a estimulação cerebral profunda passou a ser uma opção de tratamento cirúrgico. Embora essas abordagens médicas e cirúrgicas tenham melhorado significativamente o controle dos sintomas, elas prolongaram o período de tempo em que as pessoas com DP convivem com a deficiência. Como nenhum tratamento para a DP é curativo e sua progressão permanece inevitável, o papel da fisioterapia eficiente e do tratamento reabilitador ganhou maior relevância (Ellis, et al., 2021).

Nesse sentido, a fisioterapia propõe-se a melhorar diversas deficiências associadas à DP, abrangendo questões relacionadas à capacidade física, níveis de atividade física, marcha, postura, transferências, equilíbrio e prevenção de quedas (Radder, et al., 2020).

À medida que a doença evolui, os sintomas, juntamente com o comprometimento das Atividades da Vida Diária (AVD), tornam-se mais evidentes. Assim, a combinação de fisioterapia e medicação de longo prazo é amplamente reconhecida como essencial para esses pacientes. Além disso, estudos indicam que a fisioterapia de longo prazo pode controlar os

sintomas motores e o comprometimento das AVD, especialmente quando iniciada em fases precoces da doença, reduzindo a necessidade de grandes aumentos na medicação antiparkinsoniana (Okada, et al., 2021).

Diversas técnicas têm sido recomendadas, incluindo fisioterapia de rotina, caminhada, orientação, dança ou qualquer outra que promova melhorias na velocidade da marcha, no congelamento motor, no equilíbrio, nas habilidades motoras, na redução dos riscos de queda, nas AVDs e na qualidade de vida. No entanto, foram identificadas várias barreiras à adesão a essas técnicas, como medo de cair, maior duração do tratamento, limitações financeiras, preocupações com a segurança do paciente e falta de tempo (Kashif, et al., 2022).

Dessa forma, a utilização de equipamentos tecnológicos tornou-se uma escolha promissora na reabilitação da DP, com potencial para aprimorar a adesão aos exercícios de maneira personalizada, envolvente e motivadora. A Realidade Virtual (RV), por exemplo, aumenta as chances de recuperar habilidades motoras perdidas ao melhorar os movimentos e os processos cognitivos dos participantes. As técnicas de RV estimulam os movimentos, potencializam as vias de aprendizagem motora e compensam redes neurais disfuncionais, ao mesmo tempo em que integram entradas sensoriais externas e fortalecem o sistema de feedback externo. Proporcionando um ambiente desafiador, inspirador e motivador para o treinamento motor, o mecanismo lúdico dos sistemas de RV permite que os pacientes realizem exercícios com maior frequência e de forma adaptada às suas necessidades individuais (Kashif, et al., 2022).

Por isso, os benefícios dos exercícios físicos baseados em exergames na reabilitação motora da DP têm sido amplamente reconhecidos. A reabilitação física utilizando videogames personalizados, por exemplo, demonstrou eficácia na melhoria de problemas de marcha e equilíbrio nesse público-alvo (Yuan, et al., 2020).

Além disso, habilidades rítmicas são apontadas por pesquisadores como ferramentas promissoras para prever a gravidade da doença e avaliar a capacidade de recuperação em pacientes com DP. Jogos baseados em ritmo, como jogos musicais, têm demonstrado melhorias nas habilidades rítmicas e nas funções motoras desses pacientes (Yuan, et al., 2020).

Atualmente, observa-se uma tendência crescente na adoção de novas práticas de fisioterapia com o uso de equipamentos de última geração. Essas tecnologias são utilizadas tanto para a execução de intervenções quanto para o monitoramento de seus resultados. Exemplos incluem a realidade virtual, sistemas portáteis de caminhada, exoesqueletos, entre outros (Spanakis, et al., 2022).

Ademais, a disponibilidade de ensaios clínicos randomizados que utilizam essas ferramentas, com ou sem o uso de realidade virtual, evidencia que essas tecnologias de última geração estão deixando de ser experimentais para se tornarem equipamentos de rotina na fisioterapia, com suporte em evidências quanto à sua usabilidade e eficácia. Nessa perspectiva, a adoção de videogames domésticos baseados em condicionamento físico, que incorporam jogos de reabilitação como ferramentas de saúde, promete inaugurar uma nova era nas práticas de fisioterapia e nos processos de reabilitação em geral (Spanakis, et al., 2022).

Tudo indica que, à medida que a tecnologia avança, considera-se que estudos futuros estabeleçam protocolos de fisioterapia ainda mais personalizados para cada indivíduo, aliados à utilização de equipamentos em constante evolução. Espera-se que a exploração complementar de tecnologias de e-saúde, bem-sucedidas em testes clínicos, viabilize novas soluções para fisioterapeutas, aprimorando a qualidade de vida dos pacientes, além de promover sua independência e participação social (Spanakis, et al., 2022).

Por isso, embora haja um vasto conhecimento sobre os sintomas e as bases do tratamento, ainda existem lacunas a serem preenchidas, tanto em relação à eficácia dos tratamentos tecnológicos quanto ao investimento em novos equipamentos para reabilitação. Esta pesquisa tem como objetivo apresentar explicações e evidências que demonstram a eficácia do uso de tecnologias no tratamento de pacientes com DP.

METODOLOGIA

Esta pesquisa é uma revisão integrativa fundamentada em informações coletadas em bases de dados científicos. A escolha pela revisão integrativa justifica-se pela abrangência desse método, que permite incluir estudos experimentais e não experimentais, oferecendo uma visão mais ampla sobre o tema. Além disso, esta revisão visa inovar o tratamento fisioterapêutico da Doença de Parkinson, com base em conceitos, teorias e evidências científicas.

Foram empregados os seguintes descritores, de acordo com a terminologia em saúde DeCS (Descritores em Ciências da Saúde): "Doença de Parkinson", "Tecnologia" e "Fisioterapia". Esses descritores foram utilizados no idioma inglês, e a coleta de dados foi realizada por meio de um levantamento bibliográfico nas bases de dados PubMed, MEDLINE (BVS - Biblioteca Virtual em Saúde) e Cochrane, no período de 16 de março a 20 de maio de 2024.

Os termos "Doença de Parkinson", "Tecnologia" e "Fisioterapia" foram utilizados como descritores da pesquisa, de acordo com a terminologia em saúde DeCS. Para a busca nas bases de dados, foi utilizado o operador booleano "AND".

A questão norteadora da pesquisa foi: "Como novas tecnologias, em conjunto com a fisioterapia, podem influenciar o tratamento do paciente com Parkinsonismo?". Essa questão foi definida a partir da estratégia PICO (Paciente, Intervenção, Comparação e Outcomes/Desfecho). Nesse contexto, o Paciente refere-se às pessoas diagnosticadas com Parkinson, a Intervenção envolve o uso de tecnologias associadas à fisioterapia, e o Desfecho refere-se à influência dessas intervenções no tratamento aplicado. O campo de Comparação foi excluído da construção da pergunta norteadora, pois não se adequa à abordagem escolhida.

Os critérios de inclusão definidos para a pesquisa foram

1. Publicações disponíveis nos idiomas português (Brasil) e/ou inglês.
2. Publicações realizadas entre os anos de 2019 e 2023.
3. Disponibilidade de texto completo gratuito e pesquisas realizadas com seres humanos.
4. Artigos científicos e trabalhos acadêmicos relacionados diretamente à temática abordada.

Os critérios de exclusão definidos para a pesquisa foram

1. Materiais que não estejam relacionados ao tema selecionado.
2. Trabalhos científicos publicados em idiomas estrangeiros que não sejam português (Brasil) ou inglês.
3. Materiais duplicados nas bases de dados consultadas.
4. Trabalhos científicos considerados irrelevantes para os objetivos de uma revisão integrativa.

Diante da seleção de materiais escritos, deu-se início à análise de dados. A etapa inicial consistiu na leitura dos resumos de todos os artigos científicos recolhidos, a fim de selecionar aqueles que realmente contribuíram para a pesquisa. Após o descarte dos materiais que não atendiam aos critérios, procedeu-se à leitura integral dos artigos restantes para verificar a correspondência de seus conteúdos com os objetivos da pesquisa. Por fim, foram extraídos os dados e informações mais relevantes, os quais foram interpretados e integrados ao desenvolvimento da revisão integrativa, contribuindo para a construção do tema.

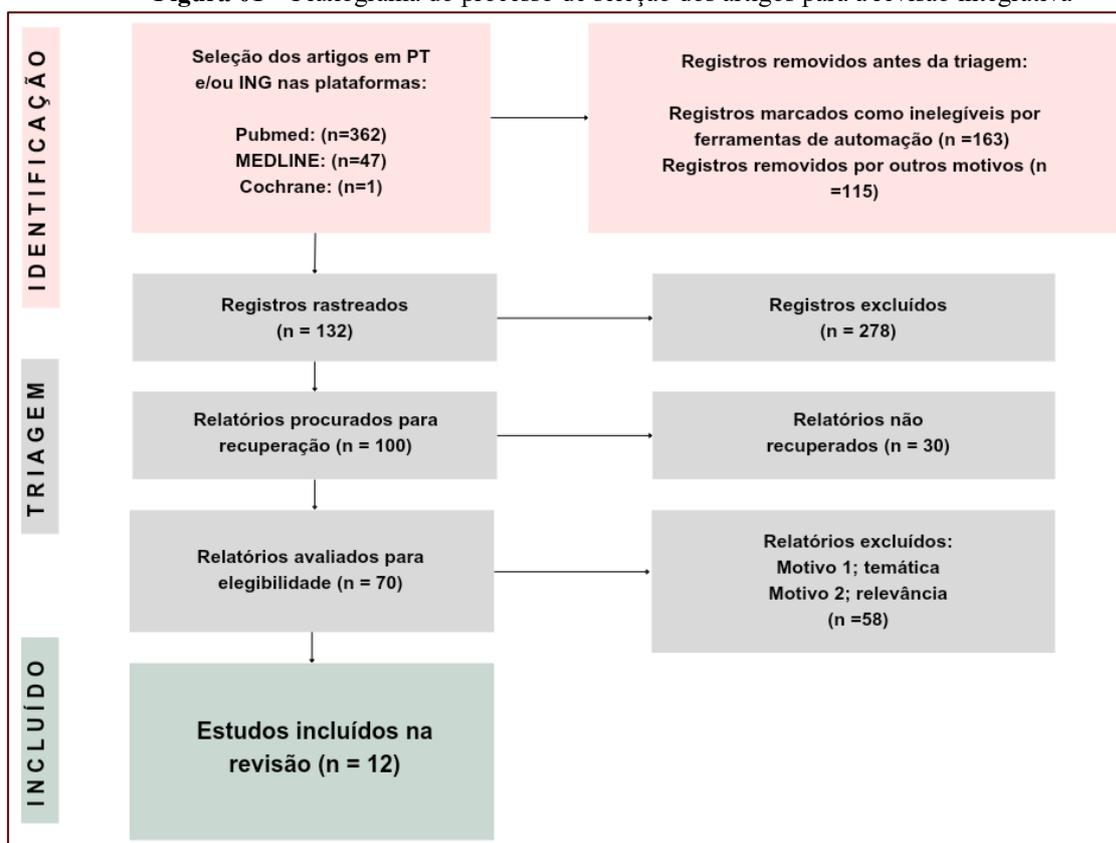
Um total de 410 foram identificados e, após a aplicação dos critérios de exclusão predefinidos, 12 estudos (2,93%) foram selecionados para compor esta revisão. Os materiais escolhidos abrangem um período de cinco anos, entre 2019 e 2023. A coleta de dados foi realizada em três bases: PubMed, Medline e Cochrane, resultando em 362 artigos do PubMed, 47 do Medline e 1 da Cochrane. Na fase inicial de triagem, todos os 410 artigos foram avaliados com base no idioma e nos descritores, resultando na exclusão de 398 materiais por critérios como data, duplicidade, relevância e espécie. A Figura 1 apresenta um fluxograma detalhando

o processo de seleção, incluindo as etapas de inclusão e exclusão dos estudos. Entre os 12 artigos considerados elegíveis para esta revisão integrativa, a distribuição por ano de publicação foi a seguinte:

- 2023: 2 artigos (16,67%);
- 2022: 3 artigos (25%);
- 2021: 2 artigos (16,67%);
- 2020: 3 artigos (25%);
- 2019: 2 artigos (16,67%).

Essa distribuição reflete uma contribuição significativa de pesquisas recentes, garantindo a relevância temporal e a atualidade dos dados analisados.

Figura 01 – Fluxograma do processo de seleção dos artigos para a revisão integrativa



Fonte: Autoral (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os artigos selecionados para a presente pesquisa, identificou-se que as investigações foram realizadas em países como Espanha, Itália, China, Alemanha, Turquia e Eslovênia. Destaca-se que os estudos incluem diversos formatos metodológicos, como ensaio clínico controlado randomizado cego, ensaio clínico randomizado controlado simples-cego,

ensaio pré-clínico de braço único, estudo controlado randomizado simples-cego, ensaio clínico randomizado, estudo paralelo randomizado, revisão sistemática e meta-análise, artigo de revisão, estudo não randomizado controlado, estudo exploratório e piloto de viabilidade técnica. Os principais achados ressaltam a eficácia de intervenções baseadas em realidade virtual (RV), tecnologias imersivas e não imersivas, dança e dispositivos vestíveis na promoção de uma melhor qualidade de vida para pacientes com Parkinson. Após uma pesquisa nas principais bases de dados, foram identificados artigos que abrangem o desenvolvimento dessas tecnologias, as metodologias empregadas, suas funcionalidades e sua eficiência no tratamento da doença, conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Correlação entre o estudo/ensaio e a metodologia utilizada nos artigos da revisão sistemática.

Autor	País e ano	Tipo de estudo/ensaio	Metodologia utilizada
Maranesi, et al.	Itália, 2022	Ensaio Clínico controlado randomizado cego	Realidade Virtual (RV) e exergaming – Sistema Tymo (TG)
Bevilacqua, et al.	Itália, 2020	Ensaio Clínico randomizado simples-cego	Reabilitação baseada em robótica – 2 dispositivos: Tymo System e Walker View
Schaffert, et al.	Alemanha, 2020	Ensaio pré-clínico de braço único	Tecnologia Musical – Dispositivo baseado em música (SONATA) para treinamento de MMSS
Feng, et al.	China, 2019	Estudo Controlado, randomizado e simples-cego	Realidade Virtual (RV) – Comparação entre treinamento com RV e fisioterapia convencional
Oña, et al.	Espanha, 2020	Ensaio Clínico randomizado	Realidade Virtual 3 D (RV) – BBT (Teste de caixa e blocos) imersivo para avaliar a destreza manual
Cikajlo & Perterlin Potisk	Eslovênia, 2019	Estudo paralelo randomizado	Realidade Virtual 3D imersiva versus exergaming 2D não imersivo – Reabilitação usando o 3D oculus Rift CV1 e laptop
Vinolo, et al.	Espanha, 2021	Revisão sistemática e meta-análise	Realidade Aumentada (RA) como complemento para fisioterapia
Reichmann; Klingelhofer; Bending	Alemanha, 2023	Artigo de revisão	Wearables (sensores) – Dispositivo Parkinson’s KinetiGraph (PKG) e APP iPrognosis
Campo-Prieto; Cancela-Carral; Bending	Espanha, 2022	Artigo de revisão	Dispositivo vestível (IVR) – HMD Oculus Quest 2 + 1 cinta elite, Apple iPad 10 para

			acompanhar o andamento das tarefas
Hajebrahimi, et al.	Turquia, 2022	Ensaio clínico randomizado controlado simples-cego	Exergaming (EG) baseado em Realidade Virtual – Exergames aplicado usando Nintendo Wii (NW) balance board
Campo-Prieto; Cancela-Carral; Bending	Espanha, 2023	Estudo exploratório	Realidade Virtual Imersiva (IRV) – Dispositivo HMD Oculus Quest 2 + 1 cinta elite. Teste de tempo de reação e relação com o risco de queda
Bevilacqua, et al.	Itália, 2021	Piloto de viabilidade técnica	Plataforma robótica-Sistema SI-Robotics, durante treinamento de dança irlandesa

Fonte: Autoral (2024).

A intervenção terapêutica precoce na Doença de Parkinson (DP) oferece diversos benefícios, entre eles a diminuição dos sintomas e o potencial de retardar a progressão da doença. Essas intervenções têm um impacto significativo na qualidade de vida dos pacientes, além de contribuírem para a redução dos custos associados ao tratamento em longo prazo (Maranesi, et al., 2022).

Diante dessa perspectiva, propõe-se uma nova abordagem para a reabilitação da Doença de Parkinson (DP), que alia tecnologia ao tratamento tradicional. O objetivo é investigar os efeitos, métodos e propostas decorrentes dessa integração tecnológica no processo de reabilitação (Bevilacqua, et al., 2020).

Nos últimos anos, pesquisadores e clínicos têm investigado o papel da tecnologia na facilitação do acesso à terapia, especialmente em diferentes contextos e localidades. Essa abordagem não apenas amplia as possibilidades de recuperação e o engajamento dos pacientes, mas também oferece aos fisioterapeutas uma gama diversificada de técnicas para aplicação (Schaffert, et al., 2020).

Uma das descobertas relevantes foi a utilização da realidade virtual (RV) no tratamento da Doença de Parkinson, que tem demonstrado resultados promissores ao oferecer estímulos sensoriais que auxiliam na reabilitação motora e cognitiva dos pacientes. De acordo com Feng e colaboradores (2019), a RV permite que os indivíduos interajam com um ambiente virtual simulado, proporcionando aos fisioterapeutas a capacidade de monitorar e avaliar o progresso do paciente de forma mais detalhada.

Além disso, Oña e colaboradores (2020) destacam que a RV oferece um ambiente virtual multidimensional e altamente motivador. Esse ambiente interativo fornece feedback sensorial em tempo real, permitindo que os pacientes pratiquem atividades e tarefas que simulam situações do cotidiano. Essa abordagem facilita a transferência das habilidades aprendidas no ambiente virtual para o mundo real, contribuindo significativamente para a reabilitação funcional de pacientes com DP. A combinação desses fatores consolida a RV como uma ferramenta inovadora e eficaz na fisioterapia, promovendo melhorias não apenas nas habilidades motoras, mas também na motivação e no engajamento dos pacientes durante o processo de reabilitação.

Por exemplo, os exergames baseados em realidade virtual (RV) oferecem uma ampla gama de possibilidades de personalização, como a modificação do ambiente virtual, o ajuste do nível de dificuldade das tarefas e as variações nas formas, tamanhos e cores dos objetos. Essa flexibilidade permite adaptar as atividades às necessidades específicas de cada usuário, tornando a terapia mais eficiente e direcionada. Segundo Cikajlo & Perterlin Potisk (2019), a RV pode eliminar fatores externos que interferem na terapia, mostrando-se eficaz não apenas em tratamentos cognitivos e no controle da dor, mas também na reabilitação de pacientes. Em particular, para pessoas com disfunções nos gânglios da base, a RV desempenha um papel crucial no aprimoramento da coordenação visomotora, facilitando a interação desses indivíduos com o ambiente virtual e promovendo avanços funcionais significativos.

Além da realidade virtual (RV), a realidade aumentada (RA) destaca-se como outra tecnologia relevante, capaz de otimizar diversas atividades cotidianas. A RA projeta informações digitais, como imagens, sons e textos, no ambiente físico real, criando uma experiência em que o mundo real e o virtual se fundem. Embora compartilhe fundamentos com a RV, a RA diferencia-se ao sobrepor elementos virtuais em um contexto real, enquanto a RV cria ambientes completamente simulados. Conforme Vinolo e colaboradores (2021), essa integração amplia a interação com a realidade, permitindo que o usuário participe de cenários híbridos, o que potencializa a eficácia das intervenções terapêuticas e melhora o engajamento do paciente. Essas tecnologias oferecem novas possibilidades para a reabilitação. O uso da RA pode tornar as sessões de fisioterapia mais envolventes e interativas, além de possibilitar que os pacientes realizem exercícios em casa com supervisão digital, configurando uma solução de baixo custo. A tecnologia de RA é aprimorada por interfaces inovadoras, como sensores vestíveis, dispositivos móveis e sensores incorporados ao ambiente, que aumentam a acessibilidade e a personalização das terapias.

No entanto, a pesquisa sobre a aplicação da realidade aumentada (RA) na fisioterapia ainda é limitada em comparação à realidade virtual (RV). Enquanto a RV tem sido amplamente explorada em estudos sobre diversas patologias, a RA permanece em estágio inicial de desenvolvimento em contextos terapêuticos. Essa diferença destaca um campo de pesquisa promissor para investigar suas potencialidades no tratamento e na reabilitação física. O estudo de Vinolo e colaboradores (2021) evidencia essa lacuna no conhecimento, ressaltando a necessidade de mais estudos para compreender seu impacto e usabilidade.

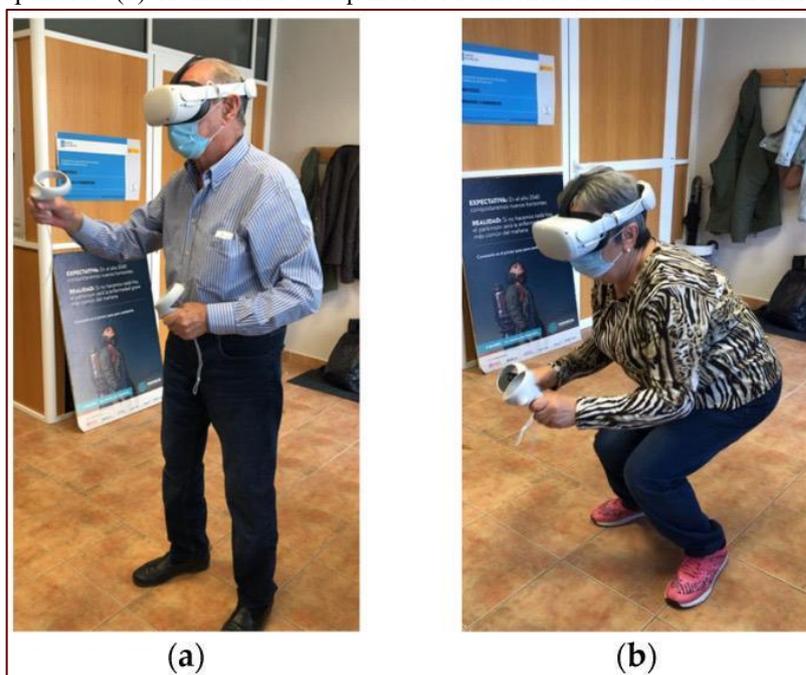
Hajebrahimi e colaboradores (2022) sugerem que as intervenções de realidade virtual (RV) e exergames (EG) são particularmente eficazes na promoção de benefícios tanto nas esferas motoras quanto não motoras. Esses efeitos positivos refletem-se nas redes de atividade cerebral dos pacientes, demonstrando o potencial dessas tecnologias para otimizar o tratamento da doença de Parkinson (DP). A utilização de RV e EG possibilita uma abordagem integrada e personalizada, que não apenas aprimora o engajamento dos pacientes, mas também aumenta a eficácia clínica no gerenciamento dos múltiplos aspectos da doença.

Por isso, destaca-se o papel fundamental das tecnologias digitais na avaliação e no tratamento da doença de Parkinson (DP), especialmente em um cenário de escassez de médicos especializados. Muitos pacientes enfrentam dificuldades de acesso a cuidados neurológicos especializados devido à distância ou à falta de profissionais disponíveis. A utilização de tecnologias digitais pode mitigar essas barreiras, oferecendo suporte remoto e um monitoramento contínuo dos sintomas, mesmo em áreas mais isoladas ou com menor acesso a especialistas. Reichmann; Klingelhofer; Bending (2023) destacam que, durante a pandemia de COVID-19, foi evidente a aceitação e adaptabilidade dos pacientes a essas tecnologias, indicando que elas têm o potencial de se tornar ferramentas poderosas na gestão de doenças crônicas como a DP. Além disso, essas tecnologias abrem novas possibilidades de tratamento e acompanhamento, transformando o panorama do cuidado. Isso é especialmente relevante no contexto do envelhecimento populacional e do aumento no número de casos da doença.

Os pesquisadores destacam que o uso de jogos aumentados com feedback visual e auditivo pode explorar mecanismos neurofisiológicos de recompensa, como a ativação dos sistemas dopaminérgicos, fundamentais na doença de Parkinson (DP). Esse tipo de estímulo pode promover a plasticidade cerebral, ou seja, a capacidade do cérebro de se reorganizar e formar novas conexões, um aspecto crucial para a recuperação e o controle dos sintomas motores da doença. Nesse contexto, a realidade virtual surge como uma tecnologia capaz de intensificar o feedback positivo. Essa abordagem não apenas proporciona um efeito motivacional e emocional significativo, mas também estimula funções cognitivas e motoras,

contribuindo para o tratamento e o monitoramento da patologia. Como ilustrado na Figura 02, que apresenta um exemplo de dispositivo utilizado por Campo-Prieto; Cancela-Carral; Bending (2022), o uso dessas tecnologias representa um avanço significativo nas terapias de reabilitação para pacientes com DP.

Figura 02 – Pacientes em sessões de Realidade Virtual: (a) Treinamento de velocidade e força nos membros superiores. (b) Treinamento de equilíbrio e resistência nos membros inferiores.



Fonte: Campo-Prieto, et al., 2022.

Outra pesquisa do mesmo autor, realizada com um ano de diferença, também identificou correlações entre os tempos de reação e aspectos como funcionalidade, comprometimento cognitivo e risco de queda, sugerindo que esses tempos podem atuar como indicadores preditivos para o risco de quedas em pessoas com Doença de Parkinson (DP). No estudo de Campo-Prieto; Cancela-Carral; Bending (2023), é demonstrada a aplicação de testes de tempos de reação em um ambiente de Realidade Virtual Imersiva (IVR) com pacientes com DP. Dessa forma, a IVR surge como uma ferramenta valiosa na reabilitação, permitindo treinar e monitorar reações rápidas e explorar a funcionalidade motora e cognitiva de maneira interativa e imersiva. Essa abordagem pode oferecer benefícios substanciais na gestão do Parkinsonismo, especialmente na redução do risco de quedas e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

Outra indagação importante diz respeito às técnicas terapêuticas apoiadas por música e dança, que têm ganhado crescente reconhecimento na reabilitação de pacientes com distúrbios neurológicos. Schaffert e colaboradores (2020) destaca a relevância da tecnologia musical para ampliar a acessibilidade e a viabilidade da terapia baseada em música, possibilitando sua

aplicação em diversos contextos, como hospitais, comunidades e até mesmo em ambientes domésticos. A prática de tocar música como terapia envolve movimentos complexos e coordenados, que não apenas estimulam a motricidade, mas também exigem funções cognitivas como atenção, memória e raciocínio. Nesse sentido, a execução de instrumentos musicais pode promover benefícios cognitivos significativos, com destaque para a melhora da atenção e da memória verbal.

Como complemento, a dança, ao integrar padrões complexos de aprendizagem motora, equilíbrio dinâmico e socialização, tem demonstrado impactos positivos no equilíbrio, na mobilidade e na qualidade de vida de pacientes com DP. Bevilacqua e colaboradores (2021) destacam que a prática da dança pode, ainda, contribuir para a melhora da marcha e do caminhar, sintomas frequentemente comprometidos em pacientes com distúrbios neurológicos.

Essas abordagens terapêuticas, tanto a música quanto a dança, apresentam uma forma eficaz de engajar os pacientes de maneira prazerosa, promovendo simultaneamente estímulos motores e cognitivos. Essa integração pode contribuir de forma significativa para a melhora da funcionalidade e do bem-estar geral.

Nesse contexto, a pesquisa de Schaffert e colaboradores (2020) apresentou um exemplo promissor: um dispositivo terapêutico baseado em música projetado para o treinamento de movimentos da extremidade superior. O objetivo desse dispositivo é aprimorar a função motora dessa região, aumentar o engajamento independente do paciente, intensificar a adesão ao tratamento e apoiar os terapeutas na implementação e avaliação das intervenções. Como ilustrado na (Figura 03), este dispositivo não apenas facilita o treinamento motor de maneira interativa e prazerosa, mas também oferece um sistema mais estruturado e personalizado para o tratamento de pacientes com distúrbios neurológicos. Essa inovação tecnológica representa um avanço significativo na reabilitação, tornando-a mais eficaz, acessível e atrativa para os pacientes, além de contribuir para o progresso da terapia baseada em música no contexto clínico.

Figura 03 – Dispositivo em uso para avaliação: o modo de teclas permite ao paciente reproduzir sequências sonoras em um teclado touchscreen, pressionando quadrados exibidos na tela. Cada toque gera um som de feedback correspondente a um tom.



Fonte: Schaffert, et al., 2020.

A aplicação da música como ferramenta terapêutica pode melhorar a função motora da extremidade superior, contribuir para a recuperação neurológica e oferecer uma experiência mais envolvente aos pacientes. Pesquisas indicam que a música, quando integrada a treinamentos motores, pode aumentar a motivação dos pacientes, facilitando o aprendizado motor e promovendo maior adesão ao tratamento. Assim, terapias baseadas em tecnologia têm o potencial de complementar ou, eventualmente, substituir abordagens tradicionais, oferecendo soluções mais adaptáveis e eficazes no contexto da reabilitação.

Apesar dos avanços na terapia musical e no uso de tecnologias para reabilitação neurológica, ainda persiste uma lacuna significativa no desenvolvimento de hardware e software específicos para a prática clínica. O uso de dispositivos touchscreen na musicoterapia, por exemplo, é frequentemente limitado, pois muitos recursos disponíveis foram projetados para o mercado consumidor, sem considerar as demandas clínicas e terapêuticas. Essa realidade evidencia a necessidade urgente de criar tecnologias que atendam às necessidades específicas da reabilitação neurológica baseada em música, oferecendo soluções mais adequadas e eficazes.

Portanto, para Bevilacqua (2021), terapias inovadoras, como as baseadas em tecnologias de música e realidade virtual (RV), podem representar um novo paradigma na reabilitação de pacientes com Parkinson. Essas abordagens oferecem não apenas uma experiência mais envolvente e prazerosa, mas também maior eficácia. Ao transformar a fisioterapia em uma

atividade similar ao lazer, essas terapias têm o potencial de aumentar significativamente a adesão ao tratamento, contribuindo para a mitigação dos sintomas motores e não motores. Além disso, as intervenções tecnológicas podem superar barreiras comuns, como falta de autoconfiança, custos elevados e ausência de suporte adequado, promovendo maior acesso à reabilitação e incentivando a prática regular de atividades físicas.

Além disso, a tecnologia apresenta um potencial significativo para superar as limitações dos métodos tradicionais de reabilitação. Por meio de ambientes de treinamento mais realistas e personalizados, ela permite que os pacientes realizem atividades de reabilitação fora de seus espaços físicos habituais, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar. A imersão em ambientes artificiais, porém realistas, torna o processo de tratamento mais interessante, aumentando o otimismo e a motivação dos pacientes que são fatores essenciais para o sucesso da reabilitação a longo prazo (Feng, et al., 2019).

As pesquisas e os resultados apresentados confirmam os benefícios das intervenções tecnológicas na reabilitação de pacientes com Parkinson, destacando especialmente o papel da atividade física como parte essencial do tratamento. Abordagens como exergames, música, dança e realidade virtual (RV) demonstram potencial para aumentar a adesão ao tratamento e mitigar o declínio cognitivo, funcionando como complementos ou alternativas valiosas às terapias convencionais. Além disso, essas intervenções se destacam por envolver os pacientes de forma dinâmica e interativa, o que pode contribuir significativamente para a adesão a longo prazo — um fator crucial para o sucesso do tratamento.

Esses estudos ressaltam a importância de combinar terapias padrão com soluções tecnológicas avançadas, demonstrando impacto positivo tanto na mobilidade funcional quanto no estado psicológico dos pacientes, além de contribuir para uma melhor qualidade de vida. A integração dessas abordagens permite um tratamento mais abrangente, capaz de abordar múltiplos aspectos da doença e promover uma reabilitação mais eficaz e personalizada.

Com isso, os resultados indicam que a tecnologia proporciona uma oportunidade única para treinar simultaneamente funções cognitivas e físicas, permitindo a personalização das intervenções de reabilitação. Essa abordagem representa um marco significativo no uso de tecnologia para a reabilitação de pacientes com DP, destacando seu papel no aprimoramento das terapias ao oferecer uma estratégia mais individualizada e eficiente para enfrentar os desafios motores e cognitivos associados à doença (Maranesi, et al., 2022).

Abrindo portas para pesquisas futuras, o desenvolvimento de dispositivos inovadores e portáteis têm o potencial de se tornar uma ferramenta de suporte essencial para a reabilitação

física, psicológica e social dos pacientes. Esses designs avançados podem viabilizar terapias domiciliares, tornando o tratamento mais acessível e conveniente.

CONCLUSÕES

A intervenção tecnológica apresenta um potencial significativo para aprimorar a reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson (DP). Tecnologias como realidade virtual, tecnologia musical e jogos interativos demonstram benefícios importantes, abrangendo não apenas a mobilidade física, mas também aspectos cognitivos e psicológicos. Essas abordagens inovadoras têm o potencial de aumentar a adesão ao tratamento, ampliar a acessibilidade e contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes. Além disso, os resultados desta pesquisa indicam a possibilidade de desenvolvimento de tecnologias mais específicas e eficazes, que possam complementar ou, eventualmente, substituir terapias tradicionais. Isso proporciona um cuidado mais integrado e personalizado, adaptado às necessidades individuais dos pacientes, fortalecendo o papel da tecnologia como uma aliada essencial no tratamento da DP. Portanto, é fundamental que mais estudos sejam realizados utilizando inovações metodológicas e tecnológicas por meio de ensaios clínicos. Esses estudos devem explorar de forma aprofundada o papel da fisioterapia no tratamento da DP, garantindo o avanço e a consolidação de abordagens mais eficazes para essa condição.

REFERÊNCIAS

BEVILACQUA, R. et al. Dancing With Parkinson's Disease: The SI-ROBOTICS Study Protocol. **Frontiers in Public Health**, v. 9, 21 dez. 2021.

BEVILACQUA, R. et al. Rehabilitation of older people with Parkinson's disease: an innovative protocol for RCT study to evaluate the potential of robotic-based technologies. **BMC Neurology**, v. 20, n. 1, 13 maio. 2020.

CAMPO-PRIETO, P.; CANCELA-CARRAL, J. M.; RODRÍGUEZ-FUENTES, G. Wearable Immersive Virtual Reality Device for Promoting Physical Activity in Parkinson's Disease Patients. **Sensors**, v. 22, n. 9, p. 3302, 26 abr. 2022.

CAMPO-PRIETO, P.; CANCELA, M.; GUSTAVO RODRÍGUEZ FUENTES. Immersive Virtual Reality Reaction Time Test and Relationship with the Risk of Falling in Parkinson's Disease. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 23, n. 9, p. 4529–4529, 6 maio. 2023.

CIKAJLO, I.; PETERLIN POTISK, K. Advantages of using 3D virtual reality based training in persons with Parkinson's disease: a parallel study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 16, n. 119, 17 out. 2019.

ELLIS, T. D. et al. Evidence for Early and Regular Physical Therapy and Exercise in Parkinson's Disease. **Seminars in Neurology**, v. 41, n. 02, p. 189–205, 19 mar. 2021.

FENG, H. et al. Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. **Medical Science Monitor**, v. 25, p. 4186–4192, 5 jun. 2019.

HAJEBRAHIMI, F. et al. Clinical evaluation and resting state fMRI analysis of virtual reality based training in Parkinson's disease through a randomized controlled trial. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 16 maio. 2022.

JOHANN FAOUZI; OLIVIER COLLIOT; JEAN-CHRISTOPHE CORVOL. Machine Learning for Parkinson's Disease and Related Disorders. **Neuromethods**, p. 847–877, 1 jan. 2023.

KASHIF, M. et al. Combined effects of virtual reality techniques and motor imagery on balance, motor function and activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **BMC Geriatrics**, v. 22, n. 1, 30 abr. 2022.

MARANESI, E. et al. 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*, v. 19, n. 22, p. 14818, 10 nov. 2022.

OKADA, Y. et al. Effectiveness of Long-Term Physiotherapy in Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Parkinson's Disease**, v. 11, n. 4, p. 1–12, 4 ago. 2021.

OÑA, E. D. et al. Validity of a Fully-Immersive VR-Based Version of the Box and Blocks Test for Upper Limb Function Assessment in Parkinson's Disease. **Sensors**, v. 20, n. 10, p. 2773, 13 maio. 2020.

RADDER, D. L. M. et al. Physiotherapy in Parkinson's Disease: a Meta-Analysis of Present Treatment Modalities. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 34, n. 10, p. 154596832095279, 11 set. 2020.

REICHMANN, H.; KLINGELHOEFER, L.; BENDIG, J. The use of wearables for the diagnosis and treatment of Parkinson's disease. **Journal of Neural Transmission**, 7 jan. 2023.

SAMAN ZAFAR; SRIDHARA S. YADDANAPUDI. Parkinson Disease. **StatPearls Publishing**, 7 august. 2023.

SCHAFFERT, N. et al. Development and evaluation of a novel music-based therapeutic device for upper extremity movement training: A pre-clinical, single-arm trial. **PLOS ONE**, v. 15, n. 11, p. e0242552, 19 nov. 2020.

SPANAKIS, M. et al. A Literature Review of High-Tech Physiotherapy Interventions in the Elderly with Neurological Disorders. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 15, p. 9233, 1 jan. 2022.

VINOLO GIL, M. J. et al. Augmented Reality in Physical Therapy: Systematic Review and Meta-analysis. **JMIR Serious Games**, v. 9, n. 4, p. e30985, 15 dez. 2021.

YUAN, R.-Y. et al. Effects of interactive video-game-based exercise on balance in older adults with mild-to-moderate Parkinson's disease. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 17, n. 1, p. 91, 13 jul. 2020.

Submetido em: 27/02/2025

Aceito em: 24/03/2025

Publicado em: 30/06/2025

Avaliado pelo sistema *double blind review*