

A EFICÁCIA DA REALIDADE VIRTUAL EM CRIANÇAS COM DISTROFIA MUSCULAR DE DUCHENNE - UMA REVISÃO INTEGRATIVA

The Effectiveness of Virtual Reality in Children with Duchenne Muscular Dystrophy - An Integrative Review

Júlia Raphaela Rodrigues Gomes¹
Carolina Tarcinalli Souza²

¹Discente do curso de Fisioterapia das Faculdades Integradas de Bauru

²Orientadora e Docente do curso de Fisioterapia das Faculdades Integradas de Bauru

RESUMO

A Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) é uma doença genética degenerativa caracterizada por fraqueza muscular progressiva, resultando em comprometimento das funções motoras devido à ausência da distrofina. Além do tratamento convencional, a fisioterapia vem ampliando seus recursos para a reabilitação, diante disso a Realidade virtual (RV) vem se destacando como uma ferramenta inovadora para a reabilitação motora, por promover estímulos sensoriais e motores de forma lúdica e motivadora. O estudo teve como objetivo analisar a eficácia da realidade virtual em crianças com Distrofia muscular de Duchenne por meio de uma revisão integrativa. Para o estudo foram selecionados artigos publicados entre 2015 e 2025 nas bases de dados PubMed, BVS, LILACS, EBSCO e Portal de Periódicos CAPES, utilizando os seguintes descritores: “Exergaming and Duchenne Muscular Dystrophy”, “Virtual Reality and Muscular Dystrophy” e “Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality”. Os resultados dos estudos demonstraram melhora significativa das

funções motoras, força muscular, equilíbrio, motivação e qualidade de vida, além de maior interação durante a reabilitação. Conclui-se que a RV é um recurso eficaz, podendo ser utilizada como tratamento complementar à fisioterapia convencional, contribuindo para a manutenção da funcionalidade, da qualidade de vida e maior engajamento de crianças com DMD.

Palavras-chave: Videogame; Distrofia Muscular de Duchenne; Realidade Virtual.

ABSTRACT

Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) is a degenerative genetic disease characterized by progressive muscle weakness, leading to impaired muscle function due to the absence of dystrophin. In addition to conventional treatment, physiotherapy has been expanding its resources for rehabilitation, and virtual reality (VR) has emerged as an innovative tool for motor rehabilitation, promoting sensory and motor stimulation in a playful and motivating way. This study aimed to analyze the effectiveness of virtual reality in children with Duchenne muscular dystrophy through an integrative review. Articles published

between 2015 and 2025 in the PubMed, BVS, LILACS, EBSCO, and CAPES Periodicals Portal databases were selected using the following descriptors: "Exergaming and Duchenne Muscular Dystrophy", "Virtual Reality and Muscular Dystrophy", and "Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality". The study results demonstrated a significant improvement in motor function, muscle strength, balance, motivation, and quality of life, as well as providing greater interaction during rehabilitation. It is concluded that VR is an effective resource that can be used as a complementary treatment to conventional physiotherapy, contributing to the maintenance of functionality, quality of life, and greater interaction in children with DMD.

Keywords: Exergaming; Duchenne Muscular Dystrophy; Virtual Reality

INTRODUÇÃO

A Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) é ocasionada por uma mutação no gene que produz a distrofina, a proteína é fundamental para a manutenção da integridade das fibras musculares. Trata-se da doença hereditária grave mais comum na infância, afetando predominantemente indivíduos do sexo masculino. Os primeiros sintomas surgem, em geral, entre dois e cinco anos de idade, caracterizados por fraqueza muscular progressiva, atrofia e comprometimento funcional, evoluindo para deficiência severa e redução da expectativa de vida devido a complicações cardíacas e respiratórias (Guglieri; Bushby, 2015). A DMD é causada pela mutação no gene da distrofina no Xp21 (Baeza-Barragán *et al.*, 2020).

Sua incidência é estimada em aproximadamente um indivíduo afetado para

cada 3.500 meninos nascidos vivos. Suas características clínicas incluem degeneração muscular progressiva, fraqueza proximal, alterações posturais compensatórias, risco elevado de contraturas e deformidades osteomusculares. A partir dos cinco anos, observa-se piora das habilidades motoras grossas, como correr e saltar, devido à acentuada fraqueza muscular proximal (De Moraes *et al.*, 2021). Geralmente, os indivíduos tornam-se dependentes de cadeiras de rodas no início da adolescência (Quadrado *et al.*, 2017), e com a evolução da doença ocorre importante comprometimento respiratório (Baeza-Barragán *et al.*, 2020).

Segundo Duan (2023), a suspeita clínica de DMD surge quando crianças do sexo masculino entre dois a quatro anos de idade, apresentam atrasos nos marcos motores, fraqueza muscular, hipertrofia das panturrilhas e o sinal de *Gowers* positivo. O processo diagnóstico envolve avaliação clínica detalhada, exames eletromiográficos (EMG), biópsia muscular, exames cardíacos e respiratórios, análise do desempenho em tarefas computacionais e medição de função motora (Baeza-Barragán *et al.*, 2020). Kiper *et al.* (2024) e Massetti *et al.* (2018) descrevem que com os avanços da genética molecular, as possibilidades de identificação dos genes são maiores, e, com isso os tratamentos se tornam mais rápidos e eficazes.

Embora não exista cura para a DMD, intervenções multidisciplinares e avanços nos cuidados respiratórios, cardíacos e no uso criterioso de corticosteroides têm modificado o curso natural da doença, prolongando a sobrevida e melhorando a qualidade de vida. A abordagem multidisciplinar é considerada imprescindível, com o pediatra desempenhando papel central na coordenação do cuidado e na articulação entre

os diversos profissionais envolvidos (Guglieri; Bushby, 2015).

Os tratamentos para indivíduos com DMD são mais eficazes quando associados a uma equipe multidisciplinar. A reabilitação é analisada por uma equipe multidisciplinar, principalmente pelo fisioterapeuta, o qual observa os comprometimentos como: amplitude de movimento passiva (ADM), alinhamento e postura, força muscular e cardiorrespiratória bem como as necessidades do indivíduo (De Moraes *et al.*, 2021).

Com o avanço tecnológico, recursos inovadores, como a realidade virtual (RV), têm sido incorporados à reabilitação de diferentes condições clínicas, incluindo a DMD. A RV, considerada como uma tecnologia assistiva que proporciona experiências imersivas e interativas que tornam o processo terapêutico mais motivador e lúdico (De Freitas *et al.*, 2019). O intuito principal da RV é explorar as experiências imersivas, onde os indivíduos se sentem profundamente envolvidos com o ambiente virtual, reduzindo a sensação do mundo real e, assim, se conectando com o mundo virtual (Kiper *et al.*, 2024). Ela torna-se mais atrativa, permitindo a adaptação do equipamento para tarefas necessárias, fornecendo um melhor *feedback* para o fisioterapeuta. A tecnologia pode ser classificada como não imersiva e totalmente imersiva, o que irá depender do grau em que o paciente se encontra ao interagir com o ambiente virtual. A RV não imersiva é referida como a realidade virtual de *desktop*, utilizando apenas a tela do computador, telefone ou *tablet*. Enquanto a RV totalmente imersiva faz com que a criança se isole do mundo real, apenas captando informações do mundo virtual, exigindo equipamentos especializados, como os óculos de RV, *Kinect*

e controles de movimentos (Massetti *et al.*, 2018; Kiper *et al.*, 2024).

A reabilitação por meio do ambiente virtual permite que o paciente consiga praticar as tarefas em casa com a família, *online*, interagindo com outros jogadores, podendo ser realizado sob supervisão de um profissional responsável. A possibilidade de realizar as tarefas virtuais em casa são mais proveitosas, pois não há a necessidade dos deslocamentos para centros de reabilitação (Quadrado *et al.*, 2017). Os dispositivos de RV podem ampliar o desenvolvimento de capacidades motoras das crianças, trazendo um *feedback* visual, auditivo e tático positivo, além de proporcionar o aumento da movimentação das crianças, o que pode contribuir para o processo de reabilitação (Kurt-Aydin; Savas-Kalender; Tarsuslu, 2024).

Leveque *et al.* (2019) mencionam que o tratamento reeducativo combinado é mais eficaz do que um programa de reeducação convencional em pacientes jovens diagnosticados com Distrofia Muscular de Duchenne, para melhorar as habilidades motoras funcionais e a qualidade de vida.

Entretanto Gil-Gomez (2021) relata que a Reabilitação Virtual Motora é especialmente interessante, pois destaca sobre os dispositivos de acompanhamento, que permitem localizar espacialmente aquelas partes de interesse dos indivíduos ou outras características como seu centro de pressão, com isso melhora e facilita as atividades para os indivíduos com DMD.

Dessa maneira, a realidade virtual (RV) é uma tecnologia assistiva que proporciona um ambiente mais descontraído, lúdico e divertido, fazendo com que a criança se desconecte do mundo real e se conecte no mundo virtual, motivando as crianças com DMD a se interessarem mais pela reabilitação, além de auxiliar nos estímulos motores e

sensoriais promovendo uma maior independência. Portanto, este presente estudo visa analisar a eficácia da realidade virtual em crianças com Distrofia Muscular de Duchenne.

MÉTODOS

A seleção das publicações que compõem a amostra seguiu critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Foram selecionadas publicações que contemplassem os seguintes critérios de inclusão: artigos científicos revisados por pares ou não revisados; ensaios clínicos randomizados, revisões sistemáticas, meta-análises; estudos experimentais com e sem intervenção; publicados nos últimos dez anos; disponíveis

de forma completa e gratuita e publicada em inglês.

Como critérios de exclusão, estabeleceram-se: teses, dissertações, monografias ou outras produções que não se configuram como artigos científicos. A busca ocorreu em abril de 2025, sendo selecionados os artigos que atendessem aos critérios estabelecidos. Inicialmente, foram recuperados 104 artigos, com o booleano AND, sendo os descritores “Exergaming and Dystrophy muscular duchenne”; “Virtual reality and muscular dystrophy”; “Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality”.

Na tabela abaixo são apresentados os resultados das bases de dados os descritores e os números encontrados (Tabela 1).

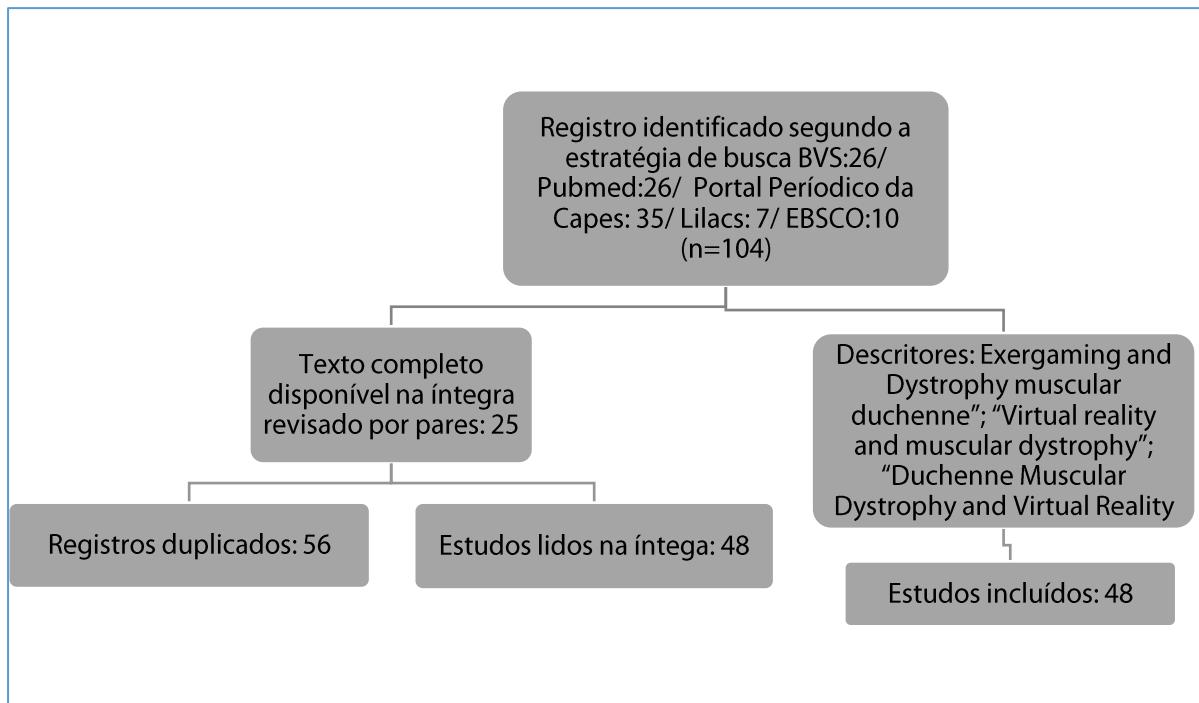
Tabela 1- Descritores em ciências

BASES DE DADOS	DESCRITORES EM CIÊNCIAS	NÚMERO DE ARTIGOS
BVS	Exergaming and Dystrophy muscular duchenne Virtual reality and muscular dystrophy Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality	1 13 12
PUBMED	Exergaming and Dystrophy muscular duchenne Virtual reality and muscular dystrophy Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality	2 12 12
PORTAL PERIÓDICO DA CAPES	Exergaming and Dystrophy muscular duchenne Virtual reality and muscular dystrophy Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality	1 19 15
LILACS	Virtual reality and muscular dystrophy Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality	4 3
EBSCO	Virtual reality and muscular dystrophy Duchenne Muscular Dystrophy and Virtual Reality	6 4

FONTE: Elaborado pelo autor, 2025

O fluxograma que demonstra o detalhamento da seleção final dos artigos desde o seu momento de busca inicial pode ser observado na Figura 1.

Figura 1- Fluxograma do delineamento da seleção dos artigos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A realidade virtual (RV) tem se consolidado como uma ferramenta promissora na área da saúde, especialmente na reabilitação motora. Ela envolve a utilização de ambientes simulados tridimensionais que permitem ao usuário interagir com o cenário virtual por meio de movimentos corporais, promovendo estímulos motores e sensoriais de forma segura, controlada e imersiva. Esses ambientes

podem ser acessados por meio de diferentes dispositivos, como óculos de RV, sensores de movimento, plataformas interativas e videogames adaptados. Essa tecnologia possibilita o aprendizado motor e a correção dos movimentos, além de contribuir para o fortalecimento da relação entre o fisioterapeuta e o paciente, por meio de uma abordagem mais envolvente e centrada na experiência individual (Novais; Da Silva; Alves, 2025) Quadro 1.

Quadro 1 - Resultados sobre a realidade virtual na Distrofia Muscular de Duchenne

Autor	Objetivo	Métodos	Resultados	Conclusão
Baeza-Barragán et al. (2023)	Examinar a eficácia de um programa de telerreabilitação por meio da realidade virtual para crianças com DMD e DMB por 5 semanas	Estudo experimental, com 12 participantes, 10 sessões de intervenção multimodal, com óculos de RV, avaliados com TC6 e escalas motoras	Não houve diferença significativa entre os tratamentos de telerreabilitação e o convencional. Embora a telerreabilitação possa ser usada sem prejudicar as crianças com DMD e DMB facilitando o aprendizado para manter a capacidade funcional.	Conclui-se um aumento da capacidade reduzindo a fadiga.
Capelini et al. (2017)	Verificar se os indivíduos com DMD melhoram os desempenhos motores em tarefas visomotoras utilizando jogos para smartphone	Estudo experimental com 50 participantes com DMD e 50 controles saudáveis (10-34 anos) com jogos de labirinto em smartphone, medição de desempenho em fases de aquisição, retenção e transferência	Houve uma melhora significativa no desempenho durante a fase de aquisição em ambos os grupos, pois durante a movimentação dos braços e da mão não dominante, transferência no curso do labirinto, movimentos mais amplos com as mãos, estabilidade e agilidade do movimento	O smartphone pode ser eficaz para promover a melhora no desempenho motor, mesmo com os déficits motores
Al-Mfarej et al. (2023)	Investigar a viabilidade de um exergame de RV para respiração e relaxamento com feedback fisiológico, visando oferecer terapia domiciliar guiada por médicos a indivíduos com DMD.	Foi realizado uma avaliação clínica com um questionário preliminar da plataforma VR. Participaram deste estudo 13 indivíduos (quatro crianças e adolescentes com DMD e nove controles sem limitações) sessão de uma hora jogando VR.	Os treinamentos respiratórios e de relaxamento mostraram resultados satisfatórios e seguros em crianças e adolescentes com DMD.	Os resultados foram positivos quanto a utilidade da ferramenta para praticar respiração e relaxamento, indicando um bom potencial como recursos terapêuticos.

Khrystova et al. (2024)	Comprovar a eficácia de programas de fisioterapia e terapia ocupacional que incluam jogos de realidade virtual para crianças com DMD	Um estudo com métodos clínicos, biomédicos e estáticos, foram avaliadas 20 crianças em 10 sessões com DMD em diferentes escalas motoras.	Foi observado melhoras significativas nas funções motoras pela escala MFM	Presença da melhora na função motora fina, na capacidade de controle motor e coordenação.
Calderone et al. (2024)	Sintetizar a pesquisa existente sobre os efeitos da RV e das abordagens gamificadas na reabilitação de DMD, avaliando os potenciais musculares.	Estudo que incluiu ensaios clínicos randomizados e estudos de viabilidade. Compararam intervenção de RV, robótica o biofeedback.	Verificou melhora significativa em relação a motivação, engajamento e desempenho funcional dos participantes com DN após o uso da RV e gamificação	Conclui-se melhora na função motora, motivação e bem-estar, aumento na mobilidade, melhora do desempenho em tarefas virtuais e reais, além de trazer um maior engajamento e adesão ao tratamento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Greco et al. (2025) verificaram a experiência de indivíduos com doenças neuromusculares e a interação com a realidade virtual. Participaram 59 indivíduos com 16 anos de uma experiência recreativa de realidade virtual. A atividade de realidade virtual consistiu no uso do aplicativo *Tripp*® durante a internação hospitalar, utilizando o *Oculus Quest 2*®. Posteriormente, eles responderam a um conjunto de questionários que avaliavam a aceitação da tecnologia, a *ciberenjoo* (mal-estar, náusea e desorientação causados pelo uso de tecnologia digital imersivo) e o estado de fluxo, definido como o nível de engajamento durante a atividade. Concluindo que de modo geral, esta pesquisa destaca a viabilidade da realidade virtual como uma ferramenta aceitável na população neuromuscular, fornecendo informações sobre a aplicação da tecnologia em ambientes clínicos.

Baeza-Barragán et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática para estudar a eficácia do uso de sistemas de realidade virtual aplicados na reabilitação de membros superiores de indivíduos com Distrofia Muscular de Duchenne. Os autores concluíram que o uso da realidade virtual mostra ser um recurso eficaz para a reabilitação dos membros superiores. Eles apontaram que os recursos podem levar a uma melhorar na motivação, funcionalidade motora e na qualidade de vida dos indivíduos.

Cruz et al. (2020) realizaram um estudo piloto de abordagem mista com o intuito de explorar o uso de suportes móveis de braço (SMB) associado ao jogo. Foi utilizado uma base de dados clínicos para seleção dos indivíduos, na qual participaram quatro indivíduos, sendo dois deles que faziam o uso de SMB e dois haviam interrompido. Para avaliar as funções foi utilizado a medida das

capacidades do movimento do membro superior. O estudo examinou se os dois tipos diferentes de suportes móveis não motorizados para os braços (SMB) melhoravam a função dos membros superiores e a independência nas atividades da vida diária (AVDs) em pessoas com Distrofia Muscular de Duchenne (DMD). Concluindo que o uso do suporte de braço móvel proporcionou melhora na função do membro superior, trazendo independência nas atividades de vida diária.

No estudo De Freitas *et al.* (2019), realizaram um ensaio randomizado com um total de 120 indivíduos, sendo eles 60 com DMD e 60 grupo controle com idades médias de 16 anos (desvio padrão de cinco anos), variando entre nove e 34 anos. Tiveram como objetivo comparar o desempenho em uma tarefa virtual utilizando interfaces com e sem contato físico, a fim de identificar a funcionalidade por meio do uso de diferentes dispositivos em indivíduos com DMD. O estudo demonstrou que além de proporcionar esse ambiente mais divertido e descontraído, é possível obter melhorias durante o uso de tecnologias virtuais principalmente nos membros superiores aprendendo novas tarefas nesses ambientes reais e virtuais.

No estudo de Heutinck *et al.* (2018) realizaram um ensaio clínico randomizado exploratório com 16 participantes, (Sete intervenções, Nove controle), foram 20 semanas de treinamento com suporte dinâmico e jogos em RV, medidas de força muscular dos ombros. Teve como objetivo investigar se os efeitos do treinamento de braço com jogos de realidade virtual e suporte dinâmico em meninos com DMD. O estudo mostrou que houve uma melhora em aspectos específicos, como a preservação da amplitude de movimento do ombro e força de extensão do cotovelo, no grupo intervenção.

Jansen *et al.* (2015), realizaram um estudo de viabilidade com oito participantes, por 24 semanas de treinamento com suporte dinâmico e jogos de realidade virtual, braço contralateral como controle. Os autores tiveram como objetivo investigar a viabilidade e segurança do treinamento de membros superiores com suporte dinâmico de braço em meninos com DMD. Após o treinamento de membros superiores com suporte dinâmico de braço, foi observado que não houve uma melhora significativa. Porém o exercício foi considerado seguro e viável, mantendo a função motora do braço treinado e sugerindo preservação da mobilidade. Conclui-se que os participantes que completaram o programa, manteve ou apresentou melhorias nas funções motoras utilizando o braço treinado. Alguns participantes relataram ter sido útil principalmente para atividades como levantar o braço, se alimentar, coçar o rosto e mover objetos.

De acordo com o estudo de Kurt-Aydin; Savas-Kalender; Tarsuslu (2024) realizaram um ensaio clínico randomizado e controlado com 25 indivíduos com DMD ou BMD, foram divididos em grupo controle, grupo intervenção com o uso de jogos com *Xbox 360 Kinect* e grupo *biofeedback* musculoesquelético. Foram realizadas por 12 semanas, com sessões de aproximadamente 30 minutos, três vezes na semana. Durante o tratamento foram realizadas as seguintes avaliações: dor muscular e câimbras, estudos laboratoriais, força muscular, desempenho cronometrado, função e equilíbrio. Tiveram como objetivo avaliar a viabilidade do uso da RV em indivíduos diagnosticados com DMD e BMD e comparar a eficácia das intervenções de RV e *biofeedback* nessas crianças. Foi observado que ambos foram eficazes, seguros e bem tolerados, podendo ser considerados para a reabilitação de indivíduos com DMD e

BMD. Os dois métodos obtiveram melhorias significativas em relação a força muscular, níveis funcionais e equilíbrio, sem conter efeitos adversos. Com relação a RV ela demonstrou ser mais vantajosa na motivação dos indivíduos.

Malheiros *et al.* (2015) realizaram um estudo observacional de delineamento experimental, com objetivo de verificar o desempenho quantitativo de pessoas com DMD na realização de uma tarefa computacional. Foram selecionados 84 indivíduos, 42 deles tinham DMD e 42 indivíduos típicos. Foi aplicado uma tarefa computacional de labirinto, realizando fases de aquisição, retenção e transferência, durante a realização das tarefas eram registradas e analisadas os tempos de movimento. A avaliação foi realizada por meio da medida de função motora (MFM) e a performance na tarefa. Os indivíduos apresentaram uma diferença significativa após a prática. Durante a realização das tarefas foi observado que houve uma diminuição do tempo de movimento, o que indicou um aprendizado durante a execução. Além de apresentar uma melhora no desempenho na fase de transferência, indicando que os indivíduos conseguiram manter as habilidades motoras.

Naarding *et al.* (2022) realizaram um estudo prospectivo e longitudinal, que envolveu 22 indivíduos com Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) e 14 saudáveis, tiveram como objetivo avaliar quatro medidas de resultado baseadas em dispositivos de jogos (ACTIVE, FWS, KINECT TC, Leap Motion) como alternativas às avaliações tradicionais, buscando superar a dependência do observador e aumentar a motivação. Os autores concluíram que, entre os testes aplicados, houve uma melhora significativa no teste ACTIVE (que avalia o volume alcançado pelos braços usando um

jogo customizado). Em resumo, as limitações estavam relacionadas principalmente à baixa confiabilidade e a problemas técnicos específicos de cada sensor na captura precisa dos movimentos sutis ou compensatórios de pacientes com DMD, sendo um estudo de baixa confiabilidade para as outras pesquisas.

Prumes *et al.* (2020) realizaram um estudo transversal com 20 indivíduos. Divididos em dois grupos, um grupo experimental (GE), formado por 10 indivíduos com diagnóstico de DMD, e um grupo controle (GC), com 10 indivíduos com desenvolvimento típico (DT). Os autores tiveram como objetivo avaliar o desempenho motor por meio de um protocolo de aprendizagem motora em uma tarefa. Os resultados indicaram que os participantes demonstraram uma melhora significativa durante a fase prática de uma tarefa com a RV. Concluindo que mesmo com dificuldades, eles conseguem aprender e melhorar as funções motoras usando tarefas virtuais não imersivas.

Quadrado *et al.* (2017) realizaram um estudo experimental comparando dois grupos, sendo eles DMD e grupo com indivíduos tipicamente desenvolvidos (TD). O estudo teve a participação de 64 indivíduos, divididos por igual, todos do sexo masculino, com idades entre 12 e 18 anos de idade. Durante o estudo foram realizadas avaliações do funcionamento motor e a progressão do DMD e os alvos, no qual o indivíduo precisa interceptar um objeto virtual em queda. Os autores chegaram à conclusão de que as tarefas por meio da realidade virtual durante a reabilitação foram eficazes em relação a transferência de aprendizado motor para o ambiente real em indivíduos com DMD, mostrando que as práticas em ambientes virtuais podem sim facilitar as melhorias em tarefas motoras aplicadas no cotidiano. Porém

mostraram que as tarefas por realidade virtual devem ser mais desafiadoras do que as realizadas em ambientes gerais, mostrando a

importância do aumento da dificuldade na realização de tarefas virtuais para melhorar os resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a reabilitação por meio da tecnologia esteja sendo estudada, a RV demonstrou benefícios significativos em relação a interação e motivação dos indivíduos, proporcionando um ambiente mais lúdico e descontraído, despertando o interesse pela reabilitação ao se desconectar do mundo real e se conectar em um ambiente virtual. Apesar de ser considerada um recurso complementar ao tratamento fisioterapêutico convencional, a RV ainda é amplamente discutida quanto à extensão de seus benefícios e à sua aplicação em diferentes fases e níveis de comprometimento funcional. Dessa forma, torna-se necessário ampliar as investigações sobre a eficácia da realidade virtual em indivíduos com DMD, especialmente por meio de estudos metodologicamente robustos.

Referências

AL-MFAREJ, D. *et al.* A virtual reality exergame: clinician-guided breathing and relation for people with Duchenne muscular dystrophy. **Games for Health Journal**, v. 12, n. 5, p. 1-23, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38009078/>. DOI: 10.1089/g4h.2023.0012. Acesso em: 10 abr. 2025.

BAEZA-BARRAGÁN, M. R. *et al.* The use of virtual reality technologies in the treatment of Duchenne muscular dystrophy: systematic review. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 12, p. 1-12, 2020. Disponível:

<https://mhealth.jmir.org/2020/12/e21576/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

BAEZA-BARRAGÁN, M. R. *et al.* Effectiveness of a 5-week virtual reality telerehabilitation program for children with Duchenne and Becker muscular dystrophy: prospective quase-experimental study. **JMIR Serious Games**. v. 11, [s.n], p. 1-12, 2023.

Disponível:
<https://games.jmir.org/2023/1/e48022>. Acesso em: 10 abr. 2025

CALDERONE, A. *et al.* Virtual horizons: Enhancing rehabilitation of neuromuscular diseases through virtual reality and gamification. **Journal of Neuromuscular Diseases**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2024.

Disponível:
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/22143602241311194>. DOI: 10.1177/22143602241311194. Acesso em: 10 abr. 2025

CAPELINI, C. M. *et al.* Improvements in motor tasks through the use of smartphone technology for individuals with Duchenne muscular dystrophy. **Neuropsychiatr Dis Treat**, v. 13, [s.n], p. 1-9, 2017. Disponível: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5571857/>. DOI: 10.2147/NDT.S125466. Acesso em: 10 abr. 2025

CRUZ, V. F. *et al.* Mobile arm supports in Duchenne muscular dystrophy: a pilot study of user experience and outcomes. **Muscle & Never**, v. 62, n. 2, p. 1-11, 2020. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1080/17>

483107.2020.1749892?url_ver=Z39.88-
2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr
_pub%20%20pubmed DOI:
10.1002/mus.26940. Acesso em: 10 abr. 2025

DE FREITAS, B. L. *et al.* Analysis of Different Device Interactions in a Virtual Reality Task in Individuals With Duchenne Muscular Dystrophy – A Randomized Controlled Trial, **Frontiers**, v. 10, n. 24, p. 1-10, 2019. DOI: 103389/FNEUR.2019.00024. Disponível: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2019.00024/full>. Acesso em: 10 abr. 2025.

DE MORAES, R. M. *et al.* Intervenções fisioterapêuticas na distrofia muscular de duchenne: revisão de literatura / Physiotherapeutic interventions in duchenne muscular dystrophy: literature review. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 2, p. 1-13, 2021. DOI: 10.34119/bjhrv4n2-093. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/26169>. Acesso em: 10 abr. 2025.

DUAN, D. Duchenne muscular dystrophy gene therapy in 2023: status, perspective, and beyond. **Human gene therapy**, v. 34, n. 9, p. 1-5, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37219994/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GRECO, L. C. *et al.* User experience and cybersickness in neuromuscular patients using recreational immersive virtual reality. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2025. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/17483107.2025.2575088?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 09 nov. 2025.

GIL-GÓMEZ, J. Realidad virtual y FisioterapiaVirtual reality and Physiotherapy. **Science Direct**. v. 43, n. 3. p. 125-127, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0211563821000341>. Acesso em: 09 nov. 2025. Editorial.

GUGLIERI, M.; BUSHBY, K. Recent developments in the management of Duchenne muscular dystrophy. **Paediatrics and Child Health**, v. 25, n. 11, p. 505-514, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751722215001444>. Acesso em: 09 nov. 2025.

HEUTINCK, L. *et al.* Virtual Reality Computer Gaming with Dynamic Arm Support in Boys with Duchenne Muscular Dystrophy. **Journal of Neuromuscular Diseases**, v. 5, n. 3, p. 1-14, 2018. Disponível: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3233/JND-180307>. DOI: 10.3233/JND-180307. Acesso em: 10 abr. 2025

JANSEN, M. *et al.* Upper limb training with dynamic arm support in boys with Duchenne muscular dystrophy: a feasibility study. **International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 3, [s.n], p. 1-8, 2015. Disponível: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/busador.html?task=detalhes&sourece=all&id=W2320579221>. DOI: 10.4172/2329-9096.1000256. Acesso em: 10 abr. 2025

KHRYSTOVA, T. *et al.* The use of virtual reality system in the rehabilitation of children with progressive muscular dystrophies. **Revista de la universidad del Zulia**, v. 15, n.

43, p. 1-19, 2024. Disponível:
<https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscador.html?task=detalhes&sourece=all&id=W4396799881>. DOI: 10.46925//rdluz.43.21. Acesso em: 10 abr. 2025.

KIPER, P. *et al.* A Systematic Review on the Application of Virtual Reality for Muscular Dystrophy Rehabilitation: **Motor Learning Benefits**. v. 14, [s.n], p. 1-12, 2024. Disponível [em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39063545/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39063545/) DOI: 10.3390/LIFE14070790. Acesso em: 10 abr. 2025.

KURT-AYDIN, M.; SAVAS-KALENDER, D.; TARSUSLU, T. Feasibility of virtual reality and comparison of its effectiveness to biofeedback in children with Duchenne and Becker muscular dystrophies. **Muscle & Nerve**, v. 70, n. 1, p. 1-12, 2024. Disponível: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/mus.28084>. DOI: 10.1002/mus.28084. Acesso em: 10 abr. 2025.

LEVEQUE, M. **Efectividad de un sistema de realidad virtual en relación con las actividades básicas de la vida diaria, las habilidades motoras funcionales y la calidad de vida en pacientes jóvenes con distrofia muscular de Duchenne**. 2019. 81p. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) Universitat de VIC, Facultat Ciències de La Salut I El Benestar, Espanha, 2019. Disponível em: https://repositori.uvic-ucc.cat/bitstream/handle/10854/5967/trealu_a2019_leveque_mathilde_efectividad_sistema_realidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 09 nov. 2025.

MALHEIROS, S. R. P. *et al.* Computer task performance by subjects with Duchenne muscular dystrophy. **Neuropsychiatric Disease and Treatment**, v. 12, [s.n], p. 1-8, 2015. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/NDT.S87735>. DOI: 10.2147/NDT.S87735. Acesso em: 10 abr. 2025.

MASSETTI, T. *et al.* Achievement of virtual and real objects using a short-term motor learning protocol in people with duchenne muscular dystrophy: a crossover randomized controlled trial. **Games for health journal**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2018. Disponível: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2016.0088?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed. Acesso em: 10 abr. 2025.

NAARDING, K. J. *et al.* The Black Box of Technological Outcome Measures: Na Example in Duchenne Muscular Dystrophy. **Journal of Neuromuscular Diseases**, v. 9, n. 4, p 1-15, 2022. DOI: 10.3233/JND-210767. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35723109/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

NOVAIS, C. S.; DA SILVA, G. M. L.; ALVES, É. D. Aplicação da realidade virtual na reabilitação motora de pacientes com Duchenne. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 5, p. 1-14, 2025. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/vie_w/19524. Acesso em: 09 nov. 2025.

PRUMES, M. *et al.* Motor learning through a non-immersive virtual task in people with limb-girdle muscular dystrophies. **Journal of Human Growth & Development**, v. 30, n. 3,

p. 1-12, 2020. Disponível em:
https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12822020000300016.
DOI: 10.7322/jhgd.v30.11115. Acesso em: 10 abr. 2025

QUADRADO, V. H *et al.* Motor learning from virtual reality to natural environments in individuals with Duchenne muscular dystrophy. **Disabil Rehabil Assist Technol Actions**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2017 Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29124971/>
DOI: 10.1080/17483107.2017.1389998.
Acesso em: 10 abr 2025