REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

AVANÇOS E EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS SOBRE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS APLICADAS A NEUROREABILITAÇÃO DE PACIENTES PÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL: REVISÃO INTEGRATIVA

SCIENTIFIC ADVANCEMENTS AND EVIDENCE REGARDING ASSISTIVE TECHNOLOGIES APPLIED TO THE NEUROREHABILITATION OF POST-STROKE PATIENTS: AN INTEGRATIVE REVIEW

Ciências da Saúde • 15/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794568335

Bruna Maria Souza de Oliveira[1]

Juliana do Nascimento Cantanhede[2]

Vitória Maia Miranda[3]

RESUMO

Introdução: O acidente vascular cerebral (AVC) pode ocasionar alterações motoras e funcionais que comprometem a independência e a participação dos indivíduos nas atividades de vida diária. Nesse contexto, as tecnologias assistivas vêm sendo incorporadas à neuroreabilitação como recursos complementares às estratégias fisioterapêuticas convencionais. **Objetivo:** Identificar os avanços e evidências científicas acerca das tecnologias assistivas aplicadas na neuroreabilitação de pacientes pós acidente vascular cerebral. **Materiais e método:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada entre fevereiro e julho de 2026, nas bases de dados SciELO, LILACS, PubMed e PEDro. Foram utilizados descritores relacionados a tecnologias assistivas, acidente vascular cerebral, neuroreabilitação e hemiparesia, em português e inglês. Foram incluídos estudos publicados entre 2016 e 2026, nos idiomas português, inglês ou espanhol, disponíveis na íntegra e relacionados ao tema. Dos 63 estudos inicialmente identificados, após as etapas de seleção, foram incluídos 20 artigos na revisão. **Resultados:** Os estudos demonstraram resultados favoráveis à utilização de realidade virtual, interfaces cérebro-computador, dispositivos robóticos, exoesqueletos, terapia do espelho, exergames e recursos de telereabilitação. Foram observadas melhorias principalmente na função motora, equilíbrio, marcha, força, destreza manual e independência funcional, além de benefícios relacionados à participação, motivação e envolvimento dos pacientes. Entretanto, os resultados foram heterogêneos quanto à qualidade de vida e à superioridade das tecnologias em relação à fisioterapia convencional. **Conclusão:** As tecnologias assistivas constituem recursos promissores na neuroreabilitação pós-AVC, especialmente quando integradas à fisioterapia convencional e utilizadas de forma individualizada, considerando as características e necessidades

funcionais de cada paciente.
Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral; Tecnologias Assistivas; Neuroreabilitação; Fisioterapia; Reabilitação.

ABSTRACT

Introduction: Stroke can cause motor and functional impairments that compromise individuals' independence and participation in activities of daily living. In this context, assistive technologies are being incorporated into neurorehabilitation as resources complementing conventional physical therapy strategies. **Objective:** To identify advances and scientific evidence regarding assistive technologies applied in the neurorehabilitation of post-stroke patients. **Materials and Methods:** This is an integrative literature review conducted between February and July 2026 using the SciELO, LILACS, PubMed, and PEDro databases. Descriptors related to assistive technologies, stroke, neurorehabilitation, and hemiparesis were used in both Portuguese and English. Studies published between 2016 and 2026 in Portuguese, English, or Spanish —available in full text and relevant to the topic—were included. Of the 63 studies initially identified, 20 articles were included in the review following the selection process. **Results:** The studies demonstrated favorable outcomes regarding the use of virtual reality, brain-computer interfaces, robotic devices, exoskeletons, mirror therapy, exergames, and telerehabilitation resources. Improvements were observed primarily in motor function, balance, gait, strength, manual dexterity, and functional independence, alongside benefits related to patient participation, motivation, and engagement. However, results were heterogeneous regarding quality of life and the superiority of these technologies compared to conventional physical therapy. **Conclusion:** Assistive technologies represent promising resources in post-stroke neurorehabilitation,

especially when integrated with conventional physical therapy and used in an individualized manner that considers each patient's characteristics and functional needs.
Keywords: Stroke; Assistive Technologies; Neurorehabilitation; Physical Therapy; Rehabilitation.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério da Saúde (2025), o Acidente Vascular Cerebral (AVC) ocorre quando há o entupimento ou rompimento dos vasos sanguíneos que levam o sangue ao cérebro, o que provoca a paralisação da área afetada pela falta de circulação. Essa condição é mais comum em homens e representa uma das principais causas de morte, incapacitação e internações no mundo.

O Acidente vascular cerebral é classificado em dois tipos: Hemorrágico e Isquêmico. O AVC Hemorrágico ocorre quando há o rompimento de um vaso sanguíneo no cérebro, que resulta em hemorragia podendo ocorrer dentro do tecido cerebral ou na superfície entre o cérebro e as meninges. O AVC do tipo isquêmico ocorre quando uma artéria é obstruída, interrompendo o fluxo de oxigênio para as células cerebrais, que acabam morrendo (Ministério da Saúde, 2025).

A forma isquémica é o tipo mais prevalente, representando cerca de 85% dos casos. Nessa condição, ocorre uma obstrução na artéria causando interrupção do fluxo sanguíneo, o que compromete o fornecimento de oxigênio e nutrientes a uma região do cérebro, isso desencadeia um processo isquêmico que pode evoluir para morte celular e infarto do tecido cerebral. Essa obstrução pode ser causada por um trombo (trombose) ou por um êmbolo (embolia), além de

causas menos frequentes, como dissecções arteriais, vasculites e hipoperfusão. As manifestações clínicas variam conforme a área afetada (Cimirro *et al.,* 2025).

O AVC hemorrágico, por sua vez, ocorre devido a ruptura de vasos intracranianos, resultando em extravasamento de sangue no parênquima cerebral ou nos espaços meníngeos. Corresponde a cerca de 15% dos casos, porém, ocasiona mais óbitos que o isquêmico. Esse tipo se apresenta como hemorragia intraparenquimatosa, geralmente associado à hipertensão arterial, ou como hemorragia subaracnoídea, frequentemente decorrente da ruptura de aneurismas. O tipo hemorrágico é classificado em dois subtipos: Hemorragia intracerebral caracteriza-se por um sangramento dentro do tecido cerebral, geralmente decorrente da ruptura de pequenos vasos penetrantes, enquanto que a hemorragia subaracnoídea ocorre quando há extravasamento de sangue entre o cérebro e a meninge aracnóide, região onde se encontra o líquido cefalorraquidiano, a sua principal causa é a ruptura de aneurismas saculares situados no Polígono de Willis (Cimirro *et al.,* 2025).

Sendo uma das principais causas de mortalidade no mundo, o AVC representa um grave problema de saúde pública, globalmente ocupa a segunda posição entre as causas de morte e é responsável por uma parcela significativa de casos de incapacidade de longa duração. Estima-se que mais de 100 milhões de pessoas convivem com sequelas decorrentes dessa condição, e que uma em cada quatro adultos possa apresentar um episódio ao longo da vida (Organização Mundial de saúde, 2023).

No Brasil, contabiliza-se cerca de 100 mil mortes anuais ocasionadas por acidente vascular cerebral, sendo a segunda causa principal de óbitos no país. A prevalência nacional é estimada em 1,6% da população adulta, correspondendo a cerca de 3 milhões de brasileiros com algum grau de incapacidade funcional após o evento (Sociedade Brasileira de AVC, 2024).

Segundo o Ministério da Saúde (2025), as principais sequelas motoras e neurológicas decorrentes do acidente vascular cerebral incluem fraqueza ou paralisia de um dos lados do corpo , dificuldade de equilíbrio e coordenação motora, e espasticidade. Além disso, pode ocorrer alterações cognitivas, afasia, dificuldades de compreensão, memória e atenção. Essas limitações comprometem a autonomia do indivíduo nas atividades de vida diária.

Diversos foram os avanços para as pessoas com alguma deficiência motora ao longo das últimas décadas, por meio de implemetação de políticas públicas, o aumento de pesquisas e investimentos surgidos no ramo das tecnologias inovadoras. Essas implemetações, vêm ganhando um grande reconhecimento em diversos campos, contribuindo em possibilidades para reabilitação de indivíduos (Alcântara, 2020). A organização mundial de saúde considera a neuroreabilitação como um processo ativo no qual indivíduos com alguma lesão ou doença neurológica podem alcançar a recuperação integral. As tecnologias de neuroreabilitação passaram por mudanças importantes nos últimos anos devido ao aumento de casos exponenciais de acidentes vasculares cerebrais (Serrezuela *et al.,* 2020).

Assim, a presente pesquisa justifica-se por sua significativa relevância social e científica. Do ponto de vista social, a aplicação de

tecnologias assistivas na neuroreabilitação de indivíduos acometidos por acidente vascular cerebral configura-se como estratégia essencial para a promoção da autonomia, da funcionalidade e da qualidade de vida, minimizando os impactos das limitações impostas pela doença. Sob a perspectiva científica, o estudo contribui para o aprofundamento e atualização do conhecimento acerca dos avanços e inovações tecnológicas disponíveis, possibilitando a consolidação de práticas baseadas em evidências e a proposição de estratégias de reabilitação mais eficazes.

Dessa forma, a pesquisa não apenas amplia a compreensão sobre o tema, mas também se insere como instrumento relevante para o aprimoramento da assistência e para a efetiva reintegração social do paciente.

Com base nisso, o objetivo geral da pesquisa é identificar os avanços e evidências científicas acerca das tecnologias assistivas aplicadas na neuroreabilitação de pacientes pós acidente vascular cerebral. E os objetivos específicos são, descrever as principais tecnologias assistivas utilizadas na neuroreabilitação de pacientes pós AVC, investigar o uso dessas tecnologias assistivas na promoção da independência funcional desses pacientes, avaliar a influência do uso de tecnologias assistivas sobre a qualidade de vida de pacientes acometidos por AVC.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão de literatura do tipo integrativa. A pesquisa foi realizada no período de fevereiro a julho de 2026 através de buscas de artigos nas seguintes bases de dados: Scientific Eletronic Library Online (SCIELO), Literatura LatinoAmericana e do

Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), PubMed e Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

Foram empregados os seguintes descritores em português: Tecnologias Assistivas, Acidente Vascular Cerebral, Neuroreabilitação, Hemiparesia e em inglês: Assistive Technology, Stroke, Neurorehabilitation, Hemiparesis. As estratégias de buscas foram adaptadas para cada base de dados, utilizando descritores controlados (MeSH e DeCS) combinados por operadores booleanos AND e OR.

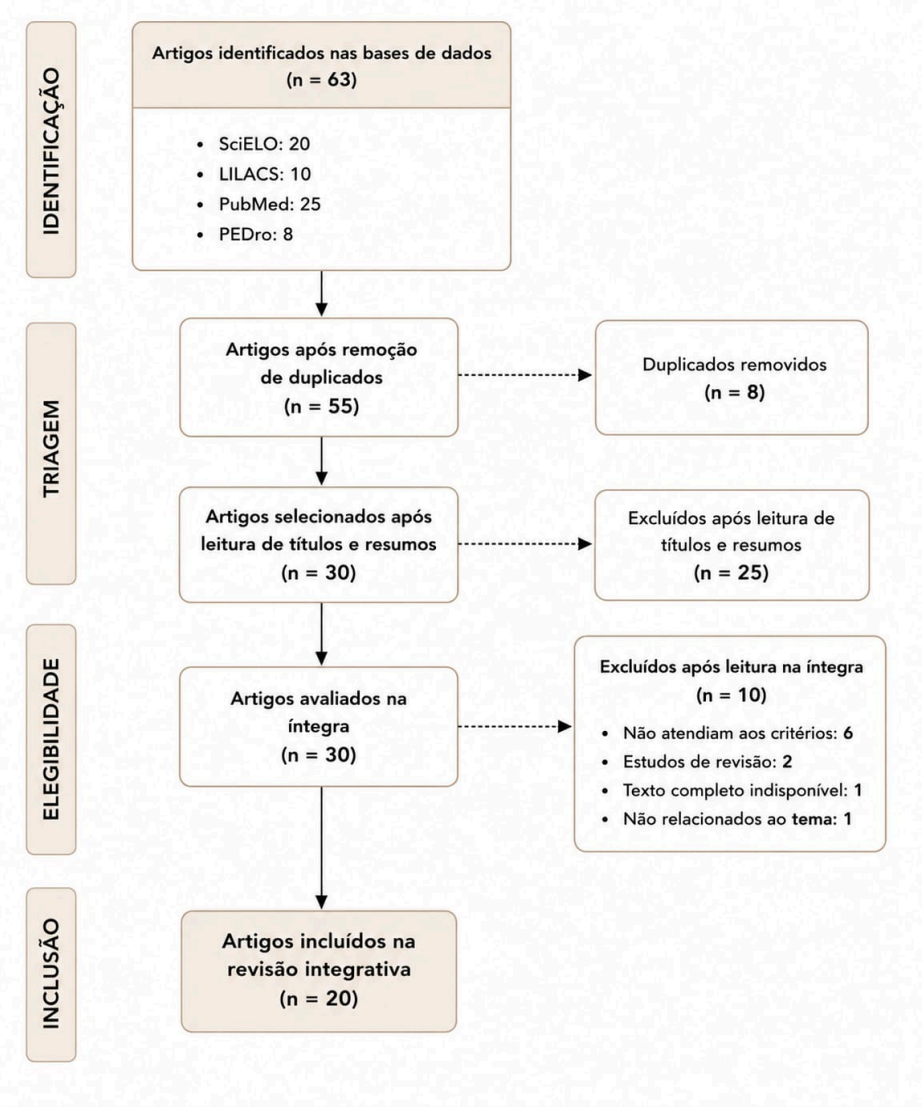
Utilizou-se a seguinte estratégia de busca: ("Tecnologia Assistiva" OR "Recursos de Tecnologia Assistiva") AND ("Acidente Vascular Cerebral" OR "AVC") AND ("Reabilitação Neurológica" OR "Neuroreabilitação").

Incluíram-se artigos que tenham relação com o tema proposto, publicados em português, inglês ou espanhol no período de 2016 a 2026 e excluídos estudos duplicados, estudos de revisão de literatura e aqueles que não estiverem disponíveis na íntegra.

A amostra final foi analisada segundo os autores, objetivo do estudo, amostra, e principais achados.

2.1. Fluxograma

Figura 1. Fluxograma de seleção de busca dos artigos.



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudos selecionados foram organizados no Quadro 1, considerando autor e ano de publicação, tipo de estudo, objetivo, amostra e resultados. Após a apresentação do quadro, os achados foram analisados e discutidos de acordo com os principais desfechos identificados nos estudos, com ênfase na recuperação da função motora, equilíbrio, marcha, força, destreza manual, independência funcional, desempenho nas atividades de vida diária, adesão e participação dos pacientes.

Quadro 1. Síntese dos estudos incluídos na revisão integrativa sobre tecnologias assistivas no processo de neuroreabilitação de pacientes pós AVC.

Ano e autor	Tipo de estudo	Objetivo do estudo	Amostra	Resultados
1. Aguilera-Rubio et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado, simples-cego	Avaliar os efeitos de realidade virtual de baixo custo associada à terapia convencional na recuperação do membro superior após AVC crônico.	36 adultos com AVC crônico (>6 meses), divididos em: 18 no grupo experimental (VR) e 18 no controle; ambos os sexos, foi realizado 2 sessões por semana de 60 minutos cada uma, durante 8 semanas, total de 16 sessões.	O grupo de VR melhorou força de preensão, observados através de testes e escalas de avaliação funcional como BBT, ARAT e DASH. O controle também melhorou BBT e DASH, porém em menor magnitude. A diferença entre grupos foi principalmente no subteste D do ARAT.
2. Huang et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado, paralelo, com avaliador cego	Investigar se a realidade virtual imersiva (imVR) acrescenta benefícios à reabilitação convencional em pacientes com AVC subagudo.	40 pacientes, 20 no grupo imVR e 20 no controle. Foram feitas 5 sessões por semana durante 3 semanas. O grupo imVR recebeu 30 minutos de imVR + 30	No grupo imVR observou-se melhor resultado da recuperação motora e na independência funcional através da escala FMA-UE e no Índice de

			minutos convencional, enquanto o controle recebeu 60 minutos convencional.	Barthel em 3 e 12 semanas. O grupo controle também apresentou melhora, porém de forma inferior.
3. Frolov et al. (2017)	Ensaio clínico randomizado	Verificar se o uso de BCI, tecnologia que capta estilos elétricos, baseado em imaginação motora para controlar um exoesqueleto de mão melhora a recuperação motora após AVC.	74 pacientes pós AVC subaguda/crônico, sendo 55 no grupo BCI e 19 no grupo controle, foram realizadas 10 sessões de até 40 minutos cada.	O grupo BCI melhorou preensão, pinça e movimentos globais; houve melhora de 21,8% no ARAT e 36,4% no FMA, contra 5,1% e 15,8%, respectivamente, no controle.
4. Aramaki et al. (2019)	Estudo de viabilidade, pré/pós, com métodos mistos	Avaliar a viabilidade de uma realidade virtual centrada no paciente e seus efeitos sobre desempenho ocupacional, participação e	10 pacientes com AVC subagudo/crônico e hemiparesia, adultos. Foram feitas sessões de 40 minutos/dia 3 vezes por semana durante 12 semanas.	Houve melhora significativa e clinicamente relevante no desempenho e na satisfação ocupacional através da tabela COPM, que avalia a dificuldade do paciente e a sua

		engajamento.		percepção de desempenho. A participação social apresentou mudança estatística, mas sem relevância clínica, motivação e engajamento também melhoraram.
5. Huo et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado, simples-cego	Comparar o treinamento de marcha com exoesqueleto robótico unilateral ao treinamento convencional em pacientes com AVC subagudo.	40 pacientes divididos em grupo robótico e grupo controle. O grupo robótico realizou sessões de 30 minutos por dia, 5 vezes por semana durante 4 semanas, total de 20 sessões. O controle fez 30 minutos, 2 vezes por dia, 5 dias por semana.	Os grupos foram avaliados por meio das escalas BBS, FMA-LE, FAC, mBI Sendo observada melhora significativa para o grupo robótico, no equilíbrio, controle da marcha e independência funcional. O grupo controle também melhorou velocidade e cadência, mas com menores ganhos funcionais.

6. Yeung et al. (2018)	Ensaio clínico randomizado, duplo-cego	Investigar os efeitos de uma AFO robótica com assistência à dorsiflexão na recuperação da marcha após AVC crônico.	19 pacientes, divididos em grupo placebo (10) e grupo robótico (09), realizaram 20 sessões, por aproximadamente 5 semanas, cada sessão com 3 tarefas de 10 minutos com duração de até 1 hora.	Todos do grupo robótico alcançaram nível ≥5 na escala FAC (avalia a independência da marcha do paciente), apresentaram melhora da recuperação motora, velocidade da marcha, aceitação de carga e contato do calcanhar. O grupo placebo apresentou redução da ADM do membro afetado durante a fase de balanço.
7. Chen et al. (2023)	Ensaio clínico randomizado	Comparar o treinamento de movimentos antropomórficos assistido por exoesqueleto (EAMT) à terapia convencion	80 pacientes foram divididos em dois grupos, sendo 40 grupo robótico e 40 grupo controle, ambos realizaram cerca de 20	O EAMT produziu maior ganho no FMA-UE: +14,73 pontos contra +9,90 no controle, com diferença ajustada de 4,51 pontos. Também

		al para reduzir o comprometimento motor do membro superior após AVC.	sessões, 5 dias por semana por 4 semanas, cada sessão com duração de até 45 minutos.	houve maiores ganhos em braço superior e punho/mão e melhora superior no Índice de Barthel. Os dois grupos melhoraram a participação social, sem diferença significativa entre os grupos.
8. Zanona et al. (2023)	Ensaio clínico randomizado	Investigar os efeitos de BCI combinado à prática mental e terapia ocupacional sobre função do membro superior, atividades de vida diária e participação.	44 participantes, 23 no grupo experimental e 21 no controle; intervenção de 1 hora/dia, 5 vezes/semana, durante 2 semanas para ambos os grupos.	Os grupos foram avaliados por meio das escalas FIM, MAL-AOM/QOM, BBT, JHFT. Dessa forma, o grupo experimental e o grupo controle tiveram grande relevância nos resultados, dando mais destaque para o experimental, mesmo não

				havendo diferença significativa entre grupos após intervenção.
9. Ma et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado controlado	Investigar os efeitos de um programa de reabilitação baseado em BCI e imaginação motora sobre função do membro superior e ativação cortical em pacientes com hemiplegia crônica.	Havia 46 pacientes elegíveis, mas houve 6 perdas após o início da pesquisa, resultando em 40 analisados, sendo 20 no BCI e 20 no controle. Foram feitas 10 sessões de 40 minutos, por 2 semanas para ambos os grupos.	O grupo BCI apresentou maior melhora da função motora do membro superior e alterações de ativação cortical em regiões motoras, frontais, parietais e visuais. O controle apresentou mudanças funcionais e corticais menores.
10. Rodríguez-Hernández et al. (2023)	Ensaio clínico prospectivo, randomizado, simples-cego	Avaliar se uma realidade virtual específica associada à fisioterapia e terapia ocupacional convencional produz benefícios superiores à terapia	46 participantes, 43 concluíram. Foram feitas 15 sessões com duração de 150 minutos, 5 dias por semana durante 3 semanas para	O grupo experimental apresentou maior redução do tônus do punho, aumento do FMA-UE e aumento do ARAT. O controle também melhorou

		convencional.	ambos os grupos.	tônus, FMA-UE e ARAT, mas em menor magnitude.
11. Sun et al. (2026)	Ensaio clínico randomizado controlado	Avaliar a eficácia de um programa de realidade virtual autoguiada e baseada em jogos na recuperação motora do membro superior após AVC isquêmico leve a moderado.	84 participantes, 42 no grupo VR e 42 no controle. O grupo VR realizou 20 minutos adicionais de treinamento com VR e o controle 20 minutos de adicionais de treinamento convencional, o protocolo foi realizado 6 dias por semana durante 6 semanas.	A VR promoveu maior melhora no FMA-UE, força de extensão do cotovelo e Índice de Barthel. 44,7% do grupo VR atingiu o esperado mínimo do FMA-UE, contra 2,6% no controle. Os ganhos permaneceram após 6 semanas.
12. Zhang et al. (2024)	Ensaio piloto randomizado, simples-cego	Investigar a eficácia do exoesqueleto REX sobre equilíbrio e função de membros inferiores em pacientes com AVC subagudo.	24 pacientes, 12 no grupo robótico receberam treinamento com robô e 12 no grupo controle receberam reabilitação em leito verticalizado.	Ambos os grupos melhoraram, mas o grupo robótico apresentou maiores ganhos em equilíbrio, controle postural e estabilidade dinâmica. Função motora e

				independência também melhoraram, porém sem diferença significativa entre grupos.
13. Song et al. (2024)	Estudo prospectivo de braço único	Avaliar se um aplicativo com vídeos assíncronos pode ampliar a reabilitação domiciliar e melhorar a função do membro superior e a qualidade de vida.	Estudo com 23 participantes, foi realizado um período inicial de 2 semanas sem o aplicativo, seguido por 4 semanas de intervenção com o EngageHealth. Dos 23 participantes, 5 usaram por 17 dias, 6 por 9-16 dias e 12 por menos de 9 dias.	De acordo com a tabela UE-FM houve melhora mediana de 4 pontos no aspecto da função motora de membros superiores e de 15 pontos na função da mão para uso de atividades do cotidiano pela tabela de avaliação SIS. O aplicativo apresentou boa aceitação, porém mais da metade dos participantes apresentaram baixa adesão.

14. Li et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado, simples-cego	Investigar o efeito adicional de um robô de reabilitação da mão com feedback de força associado ao treinamento orientado à tarefa.	44 pacientes, 22 no grupo experimental e 22 no controle. Ambos receberam 40 minutos por dia de reabilitação convencional do MMSS adicionalmente, o experimental realizou 20 minutos por dia de treinamento orientado à tarefa assistido por robô, enquanto o controle realizou 20 minutos por dia de treinamento orientado à tarefa com auxílio do terapeuta. O protocolo ocorreu 5 vezes/semana durante 4 semanas.	O grupo experimental apresentou maiores melhorias em função da mão, força de preensão, controle motor e ADM ativa. O grupo controle também melhorou esses desfechos, além de controle voluntários e mais independência funcional do membro. Não houve diferença tão significativa de resultado entre os grupos.
15. Jo et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado,	Comparar terapia do espelho com	45 pacientes, distribuídos em 3 grupos: terapia de	A terapia do espelho com VR de 360° produziu

	paralelo, com avaliador cego	realidade virtual imersiva de 360° à terapia do espelho tradicional e à fisioterapia convencional.	espelho com VR (15); terapia de espelho tradicional (15); controle com terapia convencional (15). O protocolo foi realizado com sessões 3x por semana com duração de 30 minutos, durante 4 semanas.	maiores melhorias de acordo com as escalas de avaliação FMA-UE, MFT e BBT, além de maior satisfação, motivação e engajamento. A terapia do espelho tradicional também melhorou, gerando mais independência e funcionalidade porém em menor magnitude; o controle não apresentou melhora significativa.
16. Prontvai et al. (2025)	Ensaio clínico randomizado	Comparar terapia robótica de alta intensidade, exergaming e treinamento convencional de agilidade sobre marcha, equilíbrio e	33 pacientes divididos em 3 grupos: robótico (11); agilidade (11); exergaming (11). Todos realizaram 5 sessões por semana durante 3 semanas com 30 minutos por sessão.	O grupo robótico melhorou passos, largura da passada e estabilidade postural. O grupo de exergaming melhorou equilíbrio, comprimento da passada esquerda e

		resistência após AVC.		fases da marcha. O grupo de agilidade também apresentou ganhos em medidas de equilíbrio e suporte. Todos melhoraram resistência, equilíbrio e velocidade da marcha.
17. Wang et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado	Avaliar a eficácia de uma reabilitação baseada em BCI em pacientes com AVC isquêmico.	296 pacientes de 17 centros na China; 150 no grupo BCI e 146 no controle. O grupo BCI recebeu treinamento por 30 minutos/dia, 5 dias/semana, por 1 mês; o controle recebeu reabilitação tradicional por 30 minutos/dia, no mínimo 5 dias/semana, durante 1 mês.	O grupo BCI apresentou aumento médio de 13,17 pontos na escala FMA-UE, contra 9,83 no controle, com diferença significativa a favor do BCI. A frequência de eventos adversos foi semelhante entre os grupos.
18. Abdelraouf et al. (2025)	Estudo comparativo	Comparar os efeitos de uma luva robótica	Foram incluídos 49 pacientes, sendo 25 para	A luva robótica apresentou maiores

	randomizado	macia e da terapia do espelho sobre função da mão e recuperação motora após AVC.	luvas robóticas e 24 para terapia de espelho no acompanhamento de 6 meses. Ambos receberam fisioterapia convencional por 45 minutos, 5 dias/semana, durante 8 semanas.	ganhos, força de preensão e independência funcional, mantendo os benefícios aos 6 meses. A terapia do espelho também melhorou os desfechos após a intervenção, mas não manteve ganhos significativos até 6 meses.
19. Qian et al. (2025)	Ensaio piloto randomizado	Comparar terapia do espelho, luva robótica e a combinação das duas estratégias na recuperação do membro superior após AVC.	52 pacientes divididos em três grupos: Terapia de espelho (16); Terapia robótica (18); grupo combinado (18). O tratamento ocorreu 5 vezes por semana durante 4 semanas.	Todos os grupos melhoraram tendo como ganho recuperação motora, independência funcional e controle de movimento. O grupo combinado apresentou resultados superiores ao grupo terapia do espelho de acordo com a escalas: FMA-UE,

				Brunnstrom do membro superior/mão e FIM, que avaliam funcionalidade e independência funcional.
20. Sheehy et al. (2025)	Ensaio de viabilidade randomizado, paralelo, com avaliador cego	Avaliar a viabilidade, segurança e aceitabilidade de telereabilitação domiciliar com VR não imersiva em comparação a atividades. realizadas em iPad após a alta da reabilitação.	20 participantes, 11 no grupo VR e 9 no grupo iPad. O protocolo foi realizado 5 dias por semana com duração de 30 minutos, durante 6 semanas.	A maioria aprendeu a utilizar o sistema VR, demonstrando boa aceitação e percebeu benefícios. Houve melhora em várias medidas de equilíbrio, marcha e função. O grupo iPad também apresentou melhora ao longo do tempo. O estudo foi principalmente de viabilidade e segurança, não de eficácia definitiva.

Os estudos incluídos nesta revisão mostraram que as tecnologias assistivas, em conjunto com a reabilitação convencional, podem contribuir para diferentes áreas da recuperação funcional após o acidente vascular cerebral (AVC), principalmente na função motora dos membros superiores e inferiores, no equilíbrio, na marcha, na força, na destreza manual e na independência funcional. No geral, os resultados favorecem o uso dessas tecnologias, mas o tamanho dos benefícios variou entre os estudos e nem todos os estudos encontraram diferenças significativas entre os grupos. Essa variação parece estar ligada às características clínicas dos participantes, ao estágio pós-AVC, ao tipo de tecnologia utilizada, à frequência e à duração das intervenções e à forma como o recurso tecnológico foi combinado à terapia convencional. Essa diferença entre os estudos também se observa em outras pesquisas, que mostram resultados promissores para diferentes tecnologias utilizadas na reabilitação neurológica, mas apontam diferenças importantes entre protocolos e populações estudadas (Bargeri *et al.*, 2023).

Entre os recursos avaliados, a realidade virtual apresentou resultados significativos, especialmente na recuperação funcional do membro superior. Nos estudos de Aguilera-Rubio *et al.* (2024), Huang *et al.* (2024) e Rodríguez-Hernández *et al.* (2023), o uso da realidade virtual em conjunto com a terapia convencional associou-se à melhorias em diferentes aspectos da função motora. Aguilera-Rubio *et al.* (2024) registrou melhora da força de preensão, destreza manual e função do membro superior no grupo que utilizou realidade virtual. O grupo controle também melhorou em alguns resultados. Esse dado indica que a terapia convencional ainda consegue promover a recuperação funcional e que a tecnologia pode servir de apoio, ampliando as opções de treinamento, mas sem substituir as estratégias fisioterapêuticas tradicionais.

Alguns estudos apoiam essa interpretação. Uma revisão sistemática e meta-análise com 55 estudos e 2.142 participantes mostrou que a realidade virtual traz benefícios para a função motora do membro superior, a independência funcional, a qualidade de vida, a espasticidade e a destreza manual em comparação com a terapia convencional. Os autores notaram que diferentes níveis de imersão produzem efeitos distintos. Ambientes totalmente imersivos trouxeram maior ganho na função motora global, enquanto abordagens não imersivas apresentaram melhores resultados na destreza manual fina (Soleimani *et al.,* 2024).

Os resultados sobre realidade virtual imersiva também corroboram com a literatura, em uma revisão sistemática e meta-análise de dez estudos com 324 participantes, observaram melhoras claras na independência funcional e na função do membro superior, com ganhos no Fugl-Meyer Assessment. Tais dados têm relação com o estudo de Huang *et al.* (2024), ao mostrar que a realidade virtual imersiva, aliada à reabilitação convencional, trouxe maiores ganhos na função do membro superior e na independência funcional do que apenas a terapia convencional. Essa semelhança indica que ambientes virtuais que oferecem maior imersão e interação podem favorecer a repetição de tarefas e aumentar o envolvimento do paciente durante a intervenção. Mesmo assim, ainda é possível afirmar que um certo nível de imersão seja sempre melhor que os demais (Kiper *et al.*, 2024).

Apesar da maioria dos resultados terem sido positivos, os estudos analisados mostraram melhora nos dois grupos, mas nem todos os desfechos apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Isso aparece, por exemplo, em Aguilera-Rubio *et al.* (2024), em que algumas medidas melhoraram em ambos os grupos e houve

diferença apenas em certos componentes da avaliação. Resultados assim ajudam a entender os efeitos das tecnologias assistivas, pois mostram que uma melhora após a intervenção tecnológica não prova que ela é melhor em relação à fisioterapia convencional. Outros estudos também mostram tais variação, já que a efetividade da realidade virtual parece depender de fatores como o tipo de imersão, o tempo do tratamento, a fase do AVC e as características funcionais dos participantes (Soleimani *et al.,* 2024). Por isso, é preciso analisar os resultados considerando a tecnologia como parte de um plano individualizado de reabilitação, e não como uma intervenção isolada capaz de gerar melhores resultados para todos os pacientes.

Outro ponto a ser observado nos estudos sobre realidade virtual foi que ela pode ajudar o paciente a ser mais participativo, ficar mais motivado e se envolver no processo. Aramaki *et a*l., (2019) observaram melhoras relevante no desempenho e na satisfação ocupacional após o uso da realidade virtual, voltada para o paciente e também citaram efeitos sobre a motivação e o engajamento durante o tratamento. Esse achado amplia o entendimento sobre como as tecnologias assistivas funcionam, já que a recuperação após o AVC não depende só da melhora dos parâmetros motores. O paciente precisa conseguir participar das atividades propostas e usar os ganhos da terapia em situações do dia a dia. Por isso, ferramentas que aumentam a interação podem ajudar o paciente a participar mais das sessões e criar mais chances de praticar os movimentos.

O uso de tecnologias com interface cérebro-computador (BCI) também mostrou bons resultados nos estudos analisados. Frolov *et al*., (2017), Zanona *et al*., (2023), Ma *et al.,* (2024) e Wang *et al.,* (2024)

estudaram diferentes formas de usar a BCI junto com prática motora e reabilitação convencional. Frolov *et al.* (2017) viram melhoras em componentes ligados à preensão, pinça e movimentos amplos no grupo que fez treinamento com BCI e exoesqueleto. Zanona et al. (2023) encontraram avanços em medidas de independência funcional, uso do braço e destreza manual.

No estudo multicêntrico de Wang *et al.,* (2024), com 296 participantes, o grupo que recebeu intervenção baseada em BCI teve mais ganhos no Fugl-Meyer Assessment, Action Research Arm Test e Wolf Motor Function Test do que o grupo com intervenção convencional. Esses dados sugerem que unir intenção motora, feedback e execução do movimento pode ser uma estratégia promissora para estimular a recuperação funcional do membro superior.

Os resultados identificados nesta revisão corroboram com Zhang *et al.,* (2024), que fizeram uma meta-análise com 25 estudos e encontraram um efeito positivo, pequeno da BCI na função motora do membro superior após AVC. Eles também notaram que o tempo total de treinamento pode mudar os resultados, indicando que diferentes intensidades de tratamento não dão sempre as mesmas respostas. Já um estudo mais específico sobre BCI junto com estimulação elétrica funcional mostrou efeito moderado na recuperação do membro superior, o que indica que juntar diferentes tecnologias pode melhorar os resultados em alguns casos (Ren *et al.,* 2024). Assim, a diferença na força dos efeitos entre os estudos pode estar ligada não só à própria BCI, mas também à combinação com vários tipos de feedback, estimulação elétrica, dispositivos robóticos e treinamento convencional.

O uso de dispositivos robóticos voltados para a marcha e o membro inferior também trouxeram resultados importantes nos estudos analisados, Huo *et al.,* (2024) notaram que o treinamento com exoesqueleto robótico melhorou o equilíbrio, a função motora do membro inferior, capacidade de andar, independência funcional e os parâmetros da marcha em pacientes com AVC subagudo. Zhang *et al.,* (2024) também observou avanços no equilíbrio, desempenho funcional, na estabilidade postural e na atividade muscular após o treinamento com exoesqueleto. No estudo de Prontvai *et al.,* (2025), os três grupos avaliados tiveram melhora em diferentes aspectos da marcha e do equilíbrio, mas os padrões de evolução mudaram conforme o tipo de treinamento. Esses achados mostram que o treinamento robótico pode ajudar em vários aspectos da mobilidade. Porém, a efetividade desse recurso não deve ser analisada só pela comparação entre tecnologias, mas também levando em conta o perfil do paciente e os objetivos funcionais definidos.

A literatura apresenta resultados semelhantes, Lee e Kim (2025), em revisão sistemática de 23 ensaios clínicos randomizados envolvendo 907 indivíduos, identificaram que o treinamento robótico associado à reabilitação convencional promoveu melhora significativa da função da marcha, velocidade da marcha, equilíbrio e desempenho nas atividades de vida diária. Os autores observaram ainda, que os resultados variaram de acordo com o tipo de dispositivo, sendo os sistemas de plataforma final particularmente favoráveis em determinados grupos de pacientes na fase subaguda. Esses achados fortalecem os resultados observados nos estudos de Huo *et al.,* (2024) e Zhang *et al.,* (2024), sugerindo que a utilização de dispositivos robóticos pode ser especialmente relevante durante

períodos nos quais o paciente apresenta dificuldade para realizar determinados padrões de marcha de forma independente.

Entretanto, assim como ocorreu com a realidade virtual e a BCI, os resultados relacionados à robótica não foram homogêneos. Um estudo sobre treinamento robótico da marcha em pacientes com AVC subagudo também identificou benefícios sobre a função dos membros inferiores, mas destacou diferenças relacionadas aos protocolos e às características dos dispositivos utilizados (Hu *et al.,* 2024). Embora a robótica possa aumentar a intensidade e a repetição dos movimentos, sua aplicação deve estar associada a objetivos funcionais claros. O fisioterapeuta continua sendo responsável por avaliar a capacidade do paciente, selecionar o dispositivo adequado, ajustar os parâmetros do treinamento e determinar quando o recurso tecnológico deve ser utilizado em conjunto com outras estratégias terapêuticas.

Outro recurso identificado nos estudos foi a terapia do espelho, especialmente quando associada a tecnologias de realidade virtual, Jo *et al.,* (2024) verificaram que a utilização da realidade virtual em 360° associada ao conceito da terapia do espelho proporcionou melhorias na função do membro superior, destreza manual e desempenho motor, além de favorecer aspectos relacionados à satisfação, motivação e engajamento. A terapia do espelho convencional também produziu melhora, embora com menor magnitude, enquanto o grupo submetido à fisioterapia convencional apresentou resultados mais limitados. Esse resultado sugere que o feedback visual proporcionado pela terapia do espelho pode ser potencializado quando associado a recursos tecnológicos que aumentem a interação do paciente com a atividade.

A literatura apresenta evidências favoráveis para essa estratégia, Saragih *et al.,* (2025) identificaram melhoras significativas das funções motoras dos membros superiores e das funções das mãos após terapia do espelho. Os autores observaram ainda que os resultados foram mais favoráveis quando a intervenção era realizada com maior frequência e durante períodos de até quatro semanas. Esse achado apresenta relação com os resultados de Jo *et al.,* (2024), onde foi indicando que a intensidade e a frequência do treinamento podem contribuir para a resposta funcional. Além disso, estudos que associaram terapia do espelho à estimulação elétrica demonstraram resultados superiores aos observados com terapia do espelho isolada para alguns parâmetros de recuperação motora, sugerindo que a combinação de estratégias pode potencializar determinados mecanismos de recuperação (Pan *et al.,* 2024).

Os estudos incluídos também demonstraram a expansão das tecnologias assistivas para o ambiente domiciliar Song *et al.,* (2024) investigaram a utilização de um aplicativo para realização de exercícios após o AVC e observaram melhora na função do membro superior e da mão. Entretanto, foi identificada importante variação na utilização do aplicativo entre os participantes, com parte considerável, apresentando baixa adesão ao longo do período de intervenção. Esse resultado demonstra que a disponibilidade de uma tecnologia não garante por si só, sua utilização adequada ou sua efetividade clínica. A adesão pode ser influenciada pela familiaridade com o recurso, motivação, dificuldade de utilização, suporte profissional e percepção de benefício pelo paciente.

Essa questão também pode ser observada no estudo de Sheehy *et al.,* (2025), no qual a realidade virtual não imersiva utilizada em telereabilitação apresentou boa aceitação e percepção de benefícios,

e diferenças na quantidade de sessões realizadas entre os participantes. Dessa maneira, embora as tecnologias domiciliares possam ampliar as oportunidades de prática e favorecer a continuidade da reabilitação, sua implementação exige acompanhamento adequado. O recurso tecnológico deve ser compreendido como uma ferramenta dentro de um processo terapêutico, e não como substituto da avaliação e do acompanhamento fisioterapêutico.

Outro aspecto importante observado nos estudos foi a possibilidade de personalização das intervenções, Aramaki *et al.,* (2019) demonstraram que uma abordagem centrada no paciente pode favorecer a satisfação e o envolvimento durante a utilização da realidade virtual. Da mesma forma, os diferentes resultados observados entre os estudos de realidade virtual, BCI, robótica e terapia do espelho demonstram que a mesma tecnologia pode produzir respostas diferentes conforme as características clínicas e funcionais do paciente. Assim, a seleção da tecnologia deve considerar o estágio do AVC, nível de comprometimento motor, capacidade cognitiva, independência funcional, objetivos terapêuticos e possibilidade de participação ativa. A individualização torna-se especialmente relevante porque os estudos incluídos utilizaram diferentes frequências, durações e modalidades de treinamento, dificultando a definição de um protocolo único aplicável a todos os pacientes.

Um ponto importante nos estudos analisados, é como a intensidade e a especificidade do treinamento robótico afetam a recuperação do membro superior. O estudo de Chen *et al.,* (2023), incluído nesta revisão, mostrou dados relevantes ao comparar o treinamento convencional com o treinamento assistido por exoesqueleto

antropomórfico. O grupo experimental teve um aumento médio de 14,73 pontos no Fugl-Meyer Assessment para membro superior, enquanto o grupo convencional teve um aumento de 9,90 pontos. A diferença ajustada entre os grupos foi de 4,51 pontos a favor da intervenção robótica. O protocolo contou com 20 sessões de 45 minutos, focando em movimentos funcionais parecidos com os das atividades do dia a dia.

Esse resultado chama atenção, pois indica que o benefício do recurso robótico pode vir não só da assistência mecânica, mas também da chance de simular padrões de movimento parecidos com os usados em tarefas funcionais. Essa interpretação está de acordo com outras evidências que mostram ganhos do treinamento robótico na função do membro superior e nas atividades de vida diária, principalmente quando a tecnologia se soma a estratégias convencionais e orientadas para a tarefa (de Iaco *et al.,* 2024; Jin *et al.,* 2025).

Essa visão aparece também no estudo de Li *et al.,* (2024), onde o robô de reabilitação da mão com feedback de força foi usado junto com o treinamento orientado à tarefa. Os dois grupos melhoraram a função da mão, força de preensão, amplitude de movimento e desempenho funcional. Porém, o grupo que usou o robô teve resultados melhores em FMA-Hand, ARAT, força de preensão e amplitude ativa de movimento. Não houve diferenças importantes entre os grupos em alguns pontos, como espasticidade, estágio de Brunnstrom e Índice de Barthel.

Essa diferença mostra que o efeito da tecnologia pode aparecer mais em partes motoras específicas do que em medidas gerais de independência funcional. Alguns estudos sobre robótica para

membro superior chegam a resultados parecidos, mostrando benefícios claros na função motora, mas resultados menos constantes nas atividades de vida diária (de Iaco *et al.,* 2024; Jin *et al.,* 2025). Por isso, é preciso combinar o uso do robô com treinamento funcional, já que melhorar uma função corporal não garante que isso passe direto para as tarefas do dia a dia.

Outro resultado importante apareceu no estudo de Sun *et al.*, (2026), que testou uma proposta de realidade virtual autoguiada com jogos em pessoas com AVC isquêmico leve a moderado. A intervenção trouxe melhora maior no FMA-UE, na força de extensão do cotovelo e no Índice de Barthel. No grupo de realidade virtual, 44,7% dos participantes chegaram à diferença clinicamente importante no FMA-UE, enquanto só 2,6% do grupo controle atingiram esse marco. Os benefícios continuaram seis semanas depois. Esses achados ressaltam o que outros estudos de realidade virtual já mostraram na revisão, que uma intervenção parcialmente autogerida pode gerar ganhos não só estatísticos, mas também clínicos

Um estudo de Karimi e Aminzadeh (2026) sobre o uso de realidade virtual em casa mostrou que intervenções sem supervisão não são melhores que os exercícios domiciliares comuns. Já modelos que contam com a supervisão do fisioterapeuta trazem resultados mais promissores. Isso mostra que o papel do profissional ainda é essencial, mesmo com o avanço das tecnologias. Assim, a realidade virtual autoguiada pode ajudar a aumentar a dose terapêutica e a manter o tratamento, mas precisa estar dentro de um plano individualizado, com orientação correta, progressão dos exercícios e acompanhamento da segurança.

A necessidade de individualização também pode ser observada no estudo de Zhang *et al.,* (2024), que avaliou um exoesqueleto robótico para membros inferiores em pacientes com AVC subagudo. Embora ambos os grupos tenham apresentado evolução, o grupo robótico apresentou maiores ganhos na Berg Balance Scale, na Postural Assessment Scale e na estabilidade dinâmica, enquanto as diferenças em FMA-LE e Índice de Barthel não foram significativas entre os grupos. Esse resultado é semelhante ao encontrado em parte da literatura. Uma meta-análise envolvendo 27 estudos e 1.167 participantes demonstrou que o treinamento robótico da marcha pode favorecer comprimento do passo, simetria temporal, distância percorrida no teste de seis minutos e capacidade de deambulação, mas não encontrou superioridade consistente para velocidade da marcha, cadência ou simetria espacial (Chen *et al.,* 2024).

Por outro lado, um estudo específico para pacientes na fase subaguda encontrou resultados favoráveis do treinamento robótico sobre FMA-LE, FAC, equilíbrio, TUG e teste de caminhada de seis minutos, embora não tenha encontrado diferença significativa no teste de caminhada de dez metros (Hu *et al.,* 2024). Essas diferenças reforçam que o efeito do treinamento robótico pode ser específico para determinados componentes da marcha e do equilíbrio, não sendo adequado considerar todos os parâmetros funcionais como equivalentes.

A comparação entre modalidades de treinamento realizada por Prontvai *et al.,* (2025) acrescenta outro elemento à discussão. Os autores compararam terapia robótica de alta intensidade, exergaming e treinamento convencional de agilidade e verificaram que os três grupos apresentaram melhora da resistência, equilíbrio e velocidade da marcha, embora cada modalidade tenha produzido

ganhos específicos. O grupo robótico apresentou melhora em passos, largura da passada e estabilidade postural; o grupo de exergaming apresentou evolução do equilíbrio, comprimento da passada esquerda e fases da marcha; enquanto o grupo convencional também apresentou ganhos em medidas relacionadas ao equilíbrio e suporte. Esse resultado é relevante pois demonstra que a tecnologia não necessariamente supera a intervenção convencional em todos os aspectos. Uma pesquisa envolvendo 11 meta-análises e aproximadamente 9.615 participantes também identificou efeitos positivos dos exergames principalmente sobre equilíbrio e função dos membros superiores, mas destacou importante heterogeneidade metodológica entre os estudos (Fernandes *et al.,* 2025). Assim, o exergaming parece apresentar maior potencial quando utilizado para aumentar o interesse, a repetição e a participação no treinamento, enquanto o fisioterapeuta deve determinar quais componentes da marcha e do equilíbrio necessitam ser trabalhados e como a tecnologia pode complementar o tratamento.

Os resultados do estudo de Wang *et al.,* (2024) mostram a importância de combinar tecnologia com terapia convencional. O estudo incluiu 296 participantes em 17 centros. O grupo que usou BCI teve aumento médio de 13,17 pontos no FMA-UE. O grupo controle teve aumento de 9,83 pontos. A diferença favoreceu a intervenção tecnológica. O tamanho da amostra e a participação de vários centros tornam esses resultados mais sólidos do que os de estudos pilotos menores. Pesquisas recentes de outros grupos também mostram benefícios da BCI na função motora e nas atividades de vida diária. Porém, alguns resultados, como a destreza fina medida pelo ARAT, não são sempre melhores (Zhang *et al.,* 2024).

Esse contraste mostra que a BCI pode ajudar mais em certos aspectos da recuperação motora, mas nem todos os componentes da função manual vão responder do mesmo jeito. A manutenção dos resultados ao longo do tempo também merece atenção, Abdelraouf *et al.,* (2025) demonstraram que a utilização de luvas robóticas macias proporcionou maiores ganhos no Box and Block Test, força de preensão e FMA-UE quando comparada à terapia do espelho, e que esses ganhos permaneceram no acompanhamento de seis meses. Embora o grupo de terapia do espelho também tenha apresentado melhora após a intervenção, não foram observadas mudanças significativas adicionais entre o pós-tratamento e o acompanhamento, enquanto o grupo robótico manteve os ganhos obtidos. Esse resultado acrescenta uma dimensão importante à discussão, pois evidencia que a eficácia de uma tecnologia não deve ser avaliada somente imediatamente após o tratamento. A manutenção dos ganhos é fundamental para determinar se a intervenção realmente contribui para uma recuperação funcional sustentada. Ao mesmo tempo, como se trata de um estudo específico e com amostra relativamente pequena, são necessários estudos maiores para confirmar se essa superioridade de longo prazo se mantém em diferentes populações.

A combinação de tecnologias diferentes também mostrou bons resultados no estudo de Qian *et al*., (2025). Os grupos que fizeram terapia do espelho, usaram a luva robótica ou receberam as duas intervenções juntas tiveram melhora, mas quem fez a associação entre robótica e terapia do espelho teve resultados melhores do que a terapia do espelho sozinha em FMA-UE, estágios de Brunnstrom do membro superior e mão e independência funcional. Esse resultado indica que mecanismos terapêuticos diferentes podem se somar. A terapia do espelho usa o feedback visual e a ilusão de

movimento do membro afetado, enquanto a luva robótica pode ajudar na execução do movimento e aumentar a repetição. Estudos recentes também mostram que juntar realidade virtual e terapia do espelho pode melhorar a função do membro superior e a destreza manual, mas os efeitos sobre o FMA-UE podem não atingir a diferença mínima clinicamente importante (Gao *et al.,* 2025). Portanto, a associação de tecnologias parece promissora, mas precisa ser estudada levando em conta a dose terapêutica, o custo, a disponibilidade dos equipamentos e se realmente é preciso combinar recursos diferentes.

Outro ponto importante que os estudos apontaram, foi a adesão ao tratamento. Song *et al.,* (2024), ao analisar um aplicativo com vídeos assíncronos para exercícios em casa, notaram melhora na função do braço e da mão, mas também constataram que mais da metade dos participantes teve baixa adesão. Tais achados mostram um problema que muitas das vezes passa por despercebido quando se fala em tecnologia na reabilitação: o recurso pode ter potencial, mas isso não garante resultado na prática. Um dispositivo ou aplicativo pode ter boas funções terapêuticas, mas não traz efeito se o paciente não conseguir usá-lo com regularidade. Estudos sobre telereabilitação após AVC mostram que intervenções remotas podem ter resultados funcionais parecidos com o atendimento presencial e, em alguns casos, até ajudar na adesão.(Pitliya *et al.,* 2025).

Essa questão também é observada no estudo de Sheehy *et al.,* (2025), que avaliou a realidade virtual não imersiva em casa após a alta da reabilitação. O recurso foi considerado seguro e viável. Os participantes do grupo de realidade virtual fizeram, em média, 26 sessões, somando cerca de 700 minutos. O grupo controle fez, em

média, 33 sessões e 1.241 minutos. A maioria dos participantes aprendeu a usar o sistema e percebeu benefícios, mas não houve diferença significativa entre os grupos nos principais resultados. Tais achados são importantes para esta revisão, pois mostra que a boa aceitação não garante melhor resultado clínico. A literatura sobre telereabilitação também mostra que o acompanhamento remoto pode ter adesão igual ou até maior que o atendimento presencial em alguns casos. Isso depende do modelo de acompanhamento usado (Simmich *et al.,* 2024). Por isso, ao planejar uma intervenção tecnológica em casa, é preciso considerar não só o recurso, mas também a supervisão, a facilidade de uso, o ambiente doméstico e se o paciente consegue manter uma rotina de exercícios.

Por fim, os estudos incluídos mostram que o uso das tecnologias assistivas devem atender à funcionalidade e às necessidades reais do paciente, e não só à disponibilidade do equipamento. Os estudos analisados apontam que diferentes tecnologias ajudam em partes diferentes da recuperação: realidade virtual e exergames podem aumentar a interação e a repetição; BCI pode aumentar o treino baseado em intenção motora e feedback; robótica pode ajudar com assistência e permitir mais repetições; terapia do espelho pode dar feedback visual; aplicativos e telereabilitação podem manter o tratamento fora do ambiente clínico. Nenhum desses recursos se mostrou melhor em todos os resultados. A literatura também traz resultados positivos junto com diferenças entre instrumentos, protocolos e populações (De iaco *et al.,* 2024; Fernandes *et al.,* 2025; Hu *et al.,* 2024).

4. CONCLUSÃO

De modo geral, os achados desta revisão indicam que os principais potenciais das tecnologias assistivas na neuroreabilitação está na possibilidade de aumentar a intensidade, repetição, especificidade e feedback durante o treinamento motor. A concordância entre os estudos incluídos e a literatura é particularmente evidente em relação à realidade virtual, BCI, treinamento robótico e terapia do espelho. Entretanto, os resultados que não apresentaram diferenças significativas entre os grupos demonstram que a presença de uma tecnologia não garante necessariamente maior recuperação funcional quando comparada à fisioterapia convencional. Dessa forma, os recursos tecnológicos devem ser empregados de maneira complementar, considerando os objetivos estabelecidos pelo fisioterapeuta e as necessidades individuais de cada paciente.

Assim, os resultados desta revisão apoiam o uso de tecnologias assistivas como recursos que complementam a fisioterapia na neuroreabilitação de pessoas após AVC, principalmente quando se busca aumentar a prática motora, fornecer feedback, estimular a participação ativa e ampliar a intensidade do treino. Mas o uso dessas tecnologias precisa se basear em avaliação individual e em objetivos funcionais definidos. A tecnologia, sozinha, não garante o resultado terapêutico; ela só é eficaz quando integrada à intervenção fisioterapêutica, com seleção adequada do paciente, dose adequada de treinamento e adesão ao tratamento.

Conclui-se que as tecnologias assistivas apresentam avanços e evidências científicas favoráveis à neuroreabilitação de pacientes pós-acidente vascular cerebral. Entre os principais recursos identificados, destacaram-se a realidade virtual, as interfaces cérebro-computador, os dispositivos robóticos, os exoesqueletos, a terapia do espelho, os exergames e os recursos de telereabilitação,

utilizados principalmente como estratégias complementares à fisioterapia convencional.

Portanto as tecnologias assistivas, constituem recursos promissores para a neuroreabilitação pós-AVC, podendo ampliar as possibilidades de intervenção fisioterapêutica e contribuir para a recuperação funcional e para diferentes aspectos da qualidade de vida. Entretanto, sua utilização deve ser individualizada e integrada à fisioterapia convencional, considerando as necessidades e capacidades de cada paciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAOUF, O. R. et al. Soft robotic gloves versus mirror therapy: a long-term comparative study on hand function and motor recovery in post-stroke rehabilitation. **Journal of Rehabilitation Medicine,** v. 57, art. jrm43482, 2025. DOI: 10.2340/jrm.v57.43482.

AGUILERA-RUBIO, et al. Use of low-cost virtual reality in the treatment of the upper extremity in chronic stroke: a randomized clinical trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 21, art. 12, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01303-2.

ALCÂNTARA, Janaina Guilhermina. **Tecnologias assistivas para a mobilidade de pessoas com deficiência.** 2020. 50 f. Dissertação (mestrado em administração – gestão em sistema de saúde) - Universidade Nove de Julho,São Paulo.2020.

ARAMAKI, A. L.; SAMPAIO, R. F.; CAVALCANTI, A.; DUTRA, F. C. M. S. e. Use of client-centered virtual reality in rehabilitation after stroke: a feasibility study. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria,** v. 77, n. 9, p. 622-631, 2019. DOI: 10.1590/0004-282X20190103.

BARGERI, S. et al. Effectiveness and safety of virtual reality rehabilitation after stroke: an overview of systematic reviews. **EClinicalMedicine, v.** 64, art. 102220, 2023. DOI: 10.1016/j.eclinm.2023.102220.

BONANNO, Mirjam et al. Assistive technologies for individuals with a disability from a neurological condition: a narrative review on the multimodal integration. **Healthcare, [S. l.],** v. 13, n. 13, p. 1580, 2025. DOI: 10.3390/healthcare13131580. Disponível em: https://www.mdpi.com/2227-9032/13/13/1580.

BORGES, Luís. et al. A importância da reabilitação fisioterápica na qualidade de vida do pós acidente vascular encefálico. **Referências em Saúde,** Goiás, v. 3, n. 01, p. 151– 158, abr,2022. Disponível em: https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/rrsfesgo/article/view/213.

CHEN, S.; ZHANG, W.; WANG, D.; CHEN, Z. How robot-assisted gait training affects gait ability, balance and kinematic parameters after stroke: a systematic review and meta-analysis. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine,** v. 60, n. 3, p. 400–411, 2024. DOI: 10.23736/S1973-9087.24.08354-0.

CHEN, Z.-J.; HE, C.; XU, J. et al. Exoskeleton-assisted anthropomorphic movement training for the upper limb after stroke: the EAMT randomized trial. **Stroke,** v. 54, n. 6, p. 1464-1473, 2023. DOI: 10.1161/STROKEAHA.122.041480.

CIMIRRO, Bernardo Sommer et al. Acidente vascular cerebral: da fisiopatologia à sintomatologia. **In: coletânea acadêmica de medicina.** Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio

Grande do Sul, 2025. Capítulo 30. DOI: 10.59290/978-65- 6029-257-4.30.

Conselho federal de fisioterapia e terapia ocupacional. **Definição – Fisioterapia.** Disponível em: https://www.coffito.gov.br/nsite/?page_id=2341.

Da Silva, Roselene de Assis Gomes. **A atuação do fisioterapeuta na reabilitação neurológica em pacientes de acidente vascular cerebral: uma revisão de literatura.** 2023. 35 f. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade UNRIRB-Parnaíba, Parnaíba.2023.

DAMASCENO, Silas Oliveira et al. Impacto da realidade virtual na funcionalidade e percepção de melhora de indivíduos com hemiparesia crônica: um estudo piloto. **Fisioterapia Brasil,** v. 22, n. 6, p. 859-870, 2021. Disponível em: https://convergenceseditorial.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/4909.

DE IACO, L.; VEERBEEK, J. M.; KET, J. C. F.; KWAKKEL, G. Upper limb robots for recovery of motor arm function in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis. **Neurology,** v. 103, n. 2, art. e209495, 2024. DOI: 10.1212/WNL.0000000000209495.

DE SOUZA FILHO, Marcio Ribeiro et al. Eficácia da combinação do Nintendo Wii® e fisioterapia convencional na independência funcional de indivíduos hemiparéticos pós- acidente vascular cerebral: ensaio clínico randomizado. **Fisioter. Bras,** p. 455-465, 2020. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1283482.

FERNANDES, C. S.; MAGALHÃES, B.; GONÇALVES, F. et al. Exergames for rehabilitation in stroke survivors: umbrella review of meta-analyses. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases,** v. 34, n. 1, art. 108161, 2025. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.108161.

FROLOV, A. A. et al. Post-stroke rehabilitation training with a motor-imagery-based brain-computer interface (BCI)-controlled hand exoskeleton: a randomized controlled multicenter trial. **Frontiers in Neuroscience,** v. 11, art. 400, 2017. DOI: 10.3389/fnins.2017.00400.

GAO, C.; CHEN, Y.; WEI, Y. et al. Combined immersive and nonimmersive virtual reality with mirror therapy for patients with stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Medical Internet Research,** v. 27, art. e73142, 2025. DOI: 10.2196/73142.

GARLET, Andrieli Barbieri et al. Robotic rehabilitation in stroke patients: a protocol of a randomized clinical trial. **Fisioterapia e Pesquisa,** v. 28, p. 483-490, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-2950/21020028042021.

HU, M.-M.; WANG, S.; WU, C.-Q. et al. Efficacy of robot-assisted gait training on lower extremity function in subacute stroke patients: a systematic review and meta-analysis. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 21, art. 165, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01463-1.

HUANG, et al. Immersive virtual reality-based rehabilitation for subacute stroke: a randomized controlled trial. **Journal of Neurology,** v. 271, n. 3, p. 1256-1266, 2024. DOI: 10.1007/s00415-023-12060-y.

HUO, C. et al. Effectiveness of unilateral lower-limb exoskeleton robot on balance and gait recovery and neuroplasticity in patients with subacute stroke: a randomized controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 21, art. 213, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01493-9.

JIN, C.; CHEN, Y.; MA, Y. Effectiveness of robot-assisted task-oriented training intervention for upper limb and daily living skills in stroke patients: a meta-analysis. **Plos One,** v. 20, n. 1, art. e0316633, 2025. DOI: 10.1371/journal.pone.0316633.

JO, S.; JANG, H.; KIM, H.; SONG, C. 360° immersive virtual reality-based mirror therapy for upper extremity function and satisfaction among stroke patients: a randomized controlled trial. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine,** v. 60, n. 2, p. 207-215, 2024. DOI: 10.23736/S1973-9087.24.08275-3.

KARIMI, M. E.; AMINZADEH, M. Home-based virtual reality for upper limb stroke rehabilitation: supervised vs. unsupervised approaches – a systematic review with meta-analysis of unsupervised interventions. **Disability and Rehabilitation,** 2026, p. 1–14. DOI: 10.1080/09638288.2026.2673294.

KIPER, P. et al. Effects of immersive virtual reality on upper-extremity stroke rehabilitation: a systematic review with meta-analysis. **Journal of Clinical Medicine,** v. 13, n. 1, art. 146, 2024. DOI: 10.3390/jcm13010146.

LAVER, Kate E. et al. Realidade virtual para reabilitação de AVC. **Cochrane Database of Systematic Reviews,** Issue 6, art. no. CD008349, 2025. DOI: 10.1002/14651858.CD008349.pub5.

LEE, J. H.; KIM, G. Effectiveness of robot-assisted gait training in stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Clinical Medicine,** v. 14, n. 13, art. 4809, 2025. DOI: 10.3390/jcm14134809.

LEMOS, et al. Fatores de riscos e estratégias de prevenção de acidente vascular cerebral (avc) em idosos, uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação,** [S. l.], v. 11, n. 3, p. 1696–1703, 2025. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/18472.

LI, Y.; LIAN, Y.; CHEN, X. et al. Effect of task-oriented training assisted by force feedback hand rehabilitation robot on finger grasping function in stroke patients with hemiplegia: a randomised controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 21, art. 77, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01372-3.

MA, Z.-Z.; WU, J.-J.; CAO, Z. et al. Motor imagery-based brain-computer interface rehabilitation programs enhance upper extremity performance and cortical activation in stroke patients. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 21, art. 91, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01387-w.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **AVC.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/avc.

MUÑOZ-TOMÁS, M. T. et al. Telerehabilitation as a therapeutic exercise tool versus face-to-face physiotherapy: a systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health,** v. 20, n. 5, art. 4358, 2023. DOI: 10.3390/ijerph2005435.

Nathional heart, lung and blood institute (NHLBI). **Stroke causes and risk factores.** Disponível em: https://www.nhlbi.nih.gov/health/stroke/causes.

PAN, H.; LIU, T. W.; NG, S. S. M. et al. Effects of mirror therapy with electrical stimulation for upper limb recovery in people with stroke: a systematic review and meta-analysis. **Disability and Rehabilitation,** v. 46, n. 24, p. 5660-5675, 2024. DOI: 10.1080/09638288.2024.2310757.

PITLIYA, A.; BIN SIDDIQ, A.; OLI, D. et al. Telerehabilitation in post-stroke care: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Topics in Stroke Rehabilitation,** v. 32, n. 3, p. 323-335, 2025. DOI: 10.1080/10749357.2024.2392439.

PRONTVAI, N.; KÓRA, S.; TÖRŐ, B. et al. Value of robotics: comparison of three different high-intensity training programs for rehabilitation after stroke. **Sensors,** v. 25, n. 24, art. 7667, 2025. DOI: 10.3390/s25247667.

QIAN, J.; LIANG, C.; LIU, R. et al. Combination of robot-assisted glove and mirror therapy improves upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot study. **Frontiers in Neurology,** v. 16, art. 1602896, 2025. DOI: 10.3389/fneur.2025.1602896.

RANZANI, Raffaele et al. Reabilitação neurocognitiva da função manual assistida por robô: um ensaio clínico randomizado sobre recuperação motora em casos de AVC subagudo. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, v.** 17, n. 1, p. 115, 2020. Disponível em: https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-020-00755-9.

REN, C.; LI, X.; GAO, Q. et al. The effect of brain-computer interface controlled functional electrical stimulation training on rehabilitation of upper limb after stroke: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Human Neuroscience, v.** 18, art. 1438095, 2024. DOI: 10.3389/fnhum.2024.1438095.

ROCHA, Gabriela Cornely et al. Efeitos da utilização da realidade virtual não imersiva na reabilitação de membro superior de pacientes acometidos por AVC em um hospital público de Porto Alegre. **Clinical & Biomedical Research,** Porto Alegre, v. 41, n. 1, p. 53-56, 2021.Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/hcpa/article/download/104737/pdf/478192.

RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, et al. Can specific virtual reality combined with conventional rehabilitation improve poststroke hand motor function? A randomized clinical trial. Journal of **NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 20, art. 38, 2023. DOI: 10.1186/s12984-023-01170-3.

ROJO, Ana et al. Effects of a virtual reality cycling platform on lower limb rehabilitation in patients with ataxia and hemiparesis: pilot randomized controlled trial. **JMIR Serious Games,** v. 12, n. 1, p. e39286, 2024. Disponivel em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38180843/.

SANTOS, Ana Maria Farias Luz. Reabilitação de hemiparesia faciobraquiocrural com neuroestimulação não invasiva e realidade virtual: integrando mente e corpo para recuperação funcional-uma revisão crítica. **Asclepius International Journal of Scientific Health**

Science, v. 4, n. 5, p. 71-79, 2025. Disponivel em: https://asclepiushealthjournal.com/index.php/aijshs/article/view/117.

SARAGIH, I. D.; PRIYANTI, R. P.; BATUBARA, S. O.; LEE, B.-I. Effects of mirror therapy on upper limb motor function of patients with stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical Rehabilitation,** v. 39, n. 1, p. 23-34, 2025. DOI: 10.1177/02692155241299211.

SERREZUELA, Ruthber Rodríguez et al. Robotic therapy for the hemiplegic shoulder pain: a pilot study. **Journal of neuroengineering** and rehabilitation, v. 17, n. 1, p. 54, 2020. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7178610/.

SHEEHY, L.; TAILLON-HOBSON, A.; SVEISTRUP, H. et al. Home-based nonimmersive virtual reality training after discharge from inpatient or outpatient stroke rehabilitation: parallel feasibility randomized controlled trial. **JMIR Rehabilitation and Assistive Technology,** v. 12, art. e64729, 2025. DOI: 10.2196/64729.

SIMMICH, J.; ROSS, M. H.; RUSSELL, T. Real-time video telerehabilitation shows comparable satisfaction and similar or better attendance and adherence compared with in-person physiotherapy: a systematic review. **Journal of Physiotherapy,** v. 70, n. 3, p. 181-192, 2024. DOI: 10.1016/j.jphys.2024.06.001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE AVC. 2024. **Fatores de risco para o AVC.** Disponível em: https://avc.org.br/pacientes/fatores-de-risco-para-o-avc-/.

SOLEIMANI, M.; GHAZISAEEDI, M.; HEYDARI, S. The efficacy of virtual reality for upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic

review and meta-analysis. **BMC Medical Informatics and Decision Making,** v. 24, art. 135, 2024. DOI: 10.1186/s12911-024-02534-y.

SONG, A. J.; LUGO, L.; MUCCINI, J. et al. EngageHealth: a mobile device application designed to deliver stroke rehabilitation exercises using asynchronous video recordings. **Frontiers in Stroke,** v. 3, art. 1418298, 2024. DOI: 10.3389/fstro.2024.1418298.

SUN, Y.; SHAO, S.; HUO, F. et al. Effects of self-directed game-based virtual reality program on upper-limb motor recovery in mild-to-moderate ischemic stroke: a randomized controlled trial. European **Journal of Physical and Rehabilitation Medicine,** v. 62, n. 1, p. 11-23, 2026. DOI: 10.23736/S1973-9087.25.09129-4.

WANG, A, et al. Rehabilitation with brain-computer interface and upper limb motor function in ischemic stroke: a randomized controlled trial. **Med,** v. 5, n. 6, p. 559-569.e4, 2024. DOI: 10.1016/j.medj.2024.02.014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Package of interventions for rehabilitation: module 3: neurological conditions.** Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240071131

YEUNG, L.-F.; OCKENFELD, C.; PANG, M.-K. et al. Randomized controlled trial of robot-assisted gait training with dorsiflexion assistance on chronic stroke patients wearing ankle-foot-orthosis. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 15, art. 51, 2018. DOI: 10.1186/s12984-018-0394-7.

ZANONA, A. F, et al. Brain-computer interface combined with mental practice and occupational therapy enhances upper limb

motor recovery, activities of daily living, and participation in subacute stroke. **Frontiers in Neurology,** v. 13, art. 1041978, 2023. DOI: 10.3389/fneur.2022.1041978.

ZHANG, M.; ZHU, F.; JIA, F. et al. Efficacy of brain-computer interfaces on upper extremity motor function rehabilitation after stroke: a systematic review and meta-analysis. **NeuroRehabilitation,** v. 54, n. 2, p. 199-212, 2024. DOI: 10.3233/NRE-230215.

ZHANG, Y.; ZHAO, W.; WAN, C. et al. Exoskeleton rehabilitation robot training for balance and lower limb function in sub-acute stroke patients: a pilot, randomized controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation,** v. 21, art. 98, 2024. DOI: 10.1186/s12984-024-01391-0.

---

[1] Discente do Curso Superior de fisioterapia do Centro Universitário Santa Terezinha - CEST. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Docente do Curso Superior de fisioterapia do Centro Universitário Santa Terezinha - CEST. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Discente do Curso Superior de fisioterapia do Centro Universitário Santa Terezinha - CEST. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail