

REVISÃO

Impacto do treinamento locomotor na função motora na esclerose múltipla: Uma revisão sistemática com meta-análise

Impact of locomotor training on motor function in multiple sclerosis: A systematic review with meta-analysis

Gabriela Laraia Pinheiro de Medeiros¹, Luiza de Souza Nunes², Daniela Borges Mielke³, Laura Tomaz Silva⁴, Lara Peron Reis⁵

¹*Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS), Pouso Alegre, MG, Brasil*

²*Faculdade de Medicina de Itajubá (FMIT), Itajubá, MG, Brasil*

³*Centro Universitário Multivix, Vitória, ES, Brasil*

⁴*Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH), Belo Horizonte, MG, Brasil*

⁵*Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO), Teresópolis, RJ, Brasil*

Recebido em: 10 de Julho de 2026; Aceito em: 20 de Julho de 2026.

Correspondência: Gabriela Laraia Pinheiro de Medeiros, gabilaraia@gmail.com

Como citar

Medeiros GLP, Nunes LS, Mielke DB, Silva LT, Reis LP. Impacto do treinamento locomotor na função motora na esclerose múltipla: Uma revisão sistemática com meta-análise. Fisioter Bras. 2026;27(6):4183-4197. doi: [10.62827/fb.v27i6.1218](https://doi.org/10.62827/fb.v27i6.1218).

Resumo

Introdução: A esclerose múltipla é uma doença crônica marcada por processos inflamatórios e degenerativos que resultam em uma desmielinização e dano axonal progressivo. Como consequência, os portadores dessa doença frequentemente apresentam alterações motoras, dificuldades na marcha, fadiga persistente e déficits cognitivos, fatores que impactam a autonomia e pioram a qualidade de vida do paciente. **Objetivo:** Descreveu-se os efeitos das diferentes modalidades de treinamento locomotor para recuperação funcional e neuroplasticidade em pacientes com esclerose múltipla. **Métodos:** Realizada uma revisão sistemática com metanálise. Foram incluídos estudos publicados entre 2022 e

2026 envolvendo adultos com Esclerose Múltipla submetidos a intervenções locomotoras. A busca foi realizada em bases de dados. A certeza da evidência foi avaliada pelo Grading of Recommendations Assessment Development and Evaluation system (GRADE). *Resultados:* Foram incluídos quatro estudos, compreendendo três ensaios clínicos randomizados e um estudo prospectivo controlado, totalizando 232 participantes sendo que todos preencheram os critérios de inclusão. A heterogeneidade metodológica foi considerável. A maioria dos estudos apresentou baixo risco de viés, embora algumas preocupações metodológicas tenham sido identificadas em parte dos estudos. *Conclusão:* O treinamento locomotor é uma intervenção promissora para estimular a neuroplasticidade e melhorar a função motora em pacientes com esclerose múltipla. Estratégias complementares, como assistência robótica e treinamento intervalado, podem potencializar esses efeitos. Os achados sugerem que a fisioterapia baseada no movimento favorece adaptações neurais positivas, resultando em ganhos funcionais e maior independência.

Palavras-chave: Esclerose Múltipla; Neuroplasticidade; Atividade Motora.

Abstract

Introduction: Multiple sclerosis (MS) is a chronic disease characterized by inflammatory and degenerative processes that lead to demyelination and progressive axonal damage. As a consequence, individuals with MS frequently experience motor impairments, gait disturbances, persistent fatigue, and cognitive deficits, which negatively affect autonomy and quality of life. In this context, therapeutic approaches aimed at stimulating neuroplasticity play a fundamental role, as they may enhance compensatory neural mechanisms, help preserve locomotor function, and reduce the functional impact of the disease. *Objective:* The effects of different locomotor training modalities on functional recovery and neuroplasticity in patients with multiple sclerosis were described. *Methods:* A systematic review with meta-analysis was conducted. Studies published between 2022 and 2026 involving adults with multiple sclerosis undergoing locomotor interventions were included. A database search was performed. The certainty of the evidence was assessed using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) system (GRADE). *Results:* Three randomized controlled trials and one prospective controlled study involving 232 participants met the inclusion criteria. Considerable methodological heterogeneity was observed among the studies. Most studies presented low risk of bias, with some concerns identified in one randomized controlled trial. Overall, locomotor training interventions demonstrated favorable effects on gait performance, mobility, functional capacity, and markers of neuroplasticity. *Conclusion:* Locomotor training is a promising intervention for enhancing neuroplasticity and improving motor function in patients with multiple sclerosis. Complementary strategies, such as robotic-assisted therapy and interval training, may further potentiate these effects. The findings suggest that movement-based physiotherapy promotes positive neural adaptations, resulting in functional gains and greater independence.

Keywords: Multiple Sclerosis; Neuronal Plasticity; Motor Activity.

Introdução

A esclerose múltipla (EM) é uma doença inflamatória e neurodegenerativa crônica do sistema nervoso central, caracterizada por desmielinização, perda axonal e acúmulo progressivo de incapacidade, com destaque para déficits de marcha, fadiga e comprometimento cognitivo [1]. As alterações de marcha e equilíbrio estão entre os sintomas mais incapacitantes da doença, e associam-se à redução na qualidade de vida e na independência funcional. Nesse contexto, intervenções capazes de modular a neuroplasticidade e preservar a função locomotora apresentam grande relevância clínica e em saúde pública [2].

Do ponto de vista epidemiológico, a EM é uma das principais causas de disfunção neurológica em adultos jovens e, ao longo de sua evolução, cerca de 50% das pessoas com EM necessitarão de auxílio para marcha em 15 a 25 anos após o início da doença [2]. A progressão da incapacidade decorre tanto da atividade inflamatória associada aos surtos quanto dos mecanismos neurodegenerativos independentes da atividade inflamatória. Associadamente, variáveis como idade mais avançada, maior deficiência prévia e maior carga de lesões cerebrais configuram importantes fatores de risco para piora de incapacidade motora ao longo da doença [3]. Além disso, diferentes fenótipos cognitivos, que vão desde cognição preservada até comprometimento severo, associam-se à duração da doença, à forma progressiva e a um maior dano cerebral, reforçando a complexidade da carga funcional e a necessidade de estratégias de reabilitação específicas [4].

No nível fisiopatológico, a alteração no mecanismo de Potenciação de Longa Duração (LTP) associa-se à pior evolução na forma remitente-recorrente (EMRR) e constitui um marco das formas

progressivas, refletindo redução de plasticidade sináptica. Nesse sentido, o exercício físico e reabilitação são abordagens centrais para promover a plasticidade, sendo capazes de aumentar a expressão de LTP-like em pacientes fisicamente ativos e após programas intensivos, com associação entre magnitude de LTP e ganhos funcionais. Esses efeitos parecem mediar-se por aumento de neurotrofinas, como o BDNF, e modulação de vias inflamatórias e neurodegenerativas [5].

O treinamento locomotor inclui intervenções centradas na marcha, como treino aeróbico em caminhada, treino intervalado em velocidade de pico, circuitos tarefa-orientados e abordagens sensório-motoras ou baseadas em realidade virtual. Protocolos tarefa-orientados supervisionados combinados a programas domiciliares mostraram melhorar capacidade de marcha, velocidade, mobilidade funcional, fadiga e consumo de oxigênio muscular em pessoas com EM com marcha independente [6]. De forma semelhante, o treinamento intervalado de alta intensidade baseado na velocidade de pico foi seguro, factível e produziu maiores ganhos de capacidade aeróbia que caminhada contínua em intensidade moderada em indivíduos com fadiga acentuada e disfunção de marcha [1]. Intervenções sensório-motoras e de realidade virtual, que combinam treino de equilíbrio em múltiplas superfícies, tarefas dinâmicas e componentes de marcha com tarefas cognitivas, também demonstraram melhorar velocidade de marcha, qualidade de vida e sono [7]. Em nível neural, exercícios aeróbicos e resistidos, em baixa e alta intensidade, aumentam marcadores de neuroplasticidade em diferentes populações, incluindo pessoas com EM, e tais melhorias associam-se principalmente a ganhos motores [8].

Abordagens baseadas em imagética motora (*motor imagery*, MI) da marcha, frequentemente associadas a pistas rítmicas auditivas (música, metrônomo, comandos verbais), ativam áreas cerebrais semelhantes às aquelas recrutadas durante a marcha real e estimulam interação sensório-motora [9]. Ensaios recentes em EM com MI guiada por música, treino de marcha com pistas rítmicas e sua combinação demonstraram que todas as modalidades produzem grandes melhorias ao longo do tempo em velocidade e distância de caminhada, sem diferença clara de superioridade entre si e sem eventos adversos graves [10]. Em pessoas com EM progressiva, o treinamento por imagética motora de movimentos manuais promoveu aprendizado motor e aumento da excitabilidade cortical, sem induzir fadigabilidade, ao contrário do treino motor físico, que desencadeou queda de desempenho e sinais de fadiga central [11].

Apesar das crescentes evidências sobre o papel benéfico do exercício na EM, permanecem

questões sobre qual modalidade, intensidade e dose de treinamento locomotor são mais eficazes para modular a neuroplasticidade e otimizar a função motora em diferentes estágios da doença. Existe heterogeneidade entre os estudos, com resultados conflitantes para alguns testes, além de dados escassos e inconclusivos para determinados desfechos funcionais [2, 12]. Ademais, muitos ensaios focam em desfechos clínicos sem mensurar diretamente marcadores de neuroplasticidade, ou avaliam plasticidade em grupos mistos de pacientes neurológicos, limitando inferências específicas para EM [8]. Estudos de imagética motora e treino com pistas auditivas mostram benefícios relevantes, mas não demonstram superioridade clara entre protocolos, dificultando a identificação de mecanismos específicos [10, 9]. Descreveu-se os efeitos de diferentes modalidades de treinamento locomotor sobre a função motora e neuroplasticidade em pacientes com EM, oferecendo bases para otimizar protocolos de reabilitação.

Métodos

Trata-se de uma revisão sistemática com metanálise com síntese quantitativa exploratória, conduzida de acordo com as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). Visando garantir rigor metodológico, transparência e reprodutibilidade, o protocolo foi elaborado previamente e submetido e registrado no International Prospective Register of Systematic Reviews PROSPERO, sob o número CRD420261419161, mantido pelo National Institute for Health Research (NIHR/University of York).

A pergunta norteadora deste estudo foi: “Qual o impacto do treinamento locomotor na neuroplasticidade e função motora em pacientes adultos com Esclerose Múltipla?”.

Segundo o modelo PICO, a pergunta norteadora desta revisão sistemática com metanálise foi formulada da seguinte forma: Pacientes adultos com Esclerose Múltipla; Intervenções fisioterapêuticas baseadas em treinamento locomotor (ex: treinamento de marcha, treinamento assistido por robô, treinamento de equilíbrio com neuromodulação); Cuidados usuais, ausência de intervenção ou outras modalidades terapêuticas; Marcadores de neuroplasticidade (ex: atividade cortical, conectividade cerebral, excitabilidade neural) e desfechos funcionais (ex: equilíbrio, marcha, função motora, velocidade de marcha, fadiga).

A busca bibliográfica foi realizada em junho de 2026 nas bases de dados eletrônicas PubMed/

MEDLINE, Cochrane Library e LILACS/BVS. Foram considerados estudos publicados entre 2022 e 2026 que avaliaram os efeitos de intervenções locomotoras sobre a função motora, a marcha e/ou marcadores de neuroplasticidade em indivíduos adultos com Esclerose Múltipla. Não houve restrição de idioma.

Os descritores controlados foram selecionados a partir do Medical Subject Headings (MeSH) e dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), combinados com termos livres, para maximizar a sensibilidade da busca como “Multiple Sclerosis”, “Locomotion”, “Gait Training”, “Neuroplasticity”, “Neuronal Plasticity”, “Exercise Therapy”, “Physical Therapy Modalities”, “Rehabilitation”.

A string de busca completa utilizada no PubMed foi «Multiple Sclerosis»[MeSH Terms] OR «Multiple Sclerosis» AND «Gait Training»[MeSH Terms] OR «Locomotion»[MeSH Terms] OR «Exercise Therapy»[MeSH Terms] OR «Physical Therapy Modalities»[MeSH Terms] OR «Rehabilitation»[MeSH Terms] OR «Gait Training» OR «Locomotor Training» OR «Walking» AND

«Neuroplasticity»[MeSH Terms] OR «Neuronal Plasticity»[MeSH Terms] OR «Neuroplasticity» AND «randomized controlled trial»[Publication Type] AND «2022»[PDat] : «2026»[PDat].

Foram incluídos estudos que atenderam aos seguintes critérios: participantes adultos (≥ 18 anos) com diagnóstico de Esclerose Múltipla; Intervenções baseadas em treinamento locomotor, treinamento de marcha, exercício físico estruturado ou estratégias de reabilitação motora; Avaliação de desfechos relacionados à marcha, função motora, fadiga, qualidade de vida e/ou neuroplasticidade; Estudos publicados entre 2022 e 2026; Ensaios clínicos randomizados ou estudos prospectivos controlados com dados originais.

Foram excluídos estudos que: Não apresentavam grupo comparador ou não forneciam dados originais relacionados aos desfechos de interesse; envolveram populações pediátricas; não abordaram treinamento locomotor; eram protocolos de estudo ou sem resultados completos; eram duplicatas.

O processo de seleção foi documentado em um fluxograma PRISMA 2020.

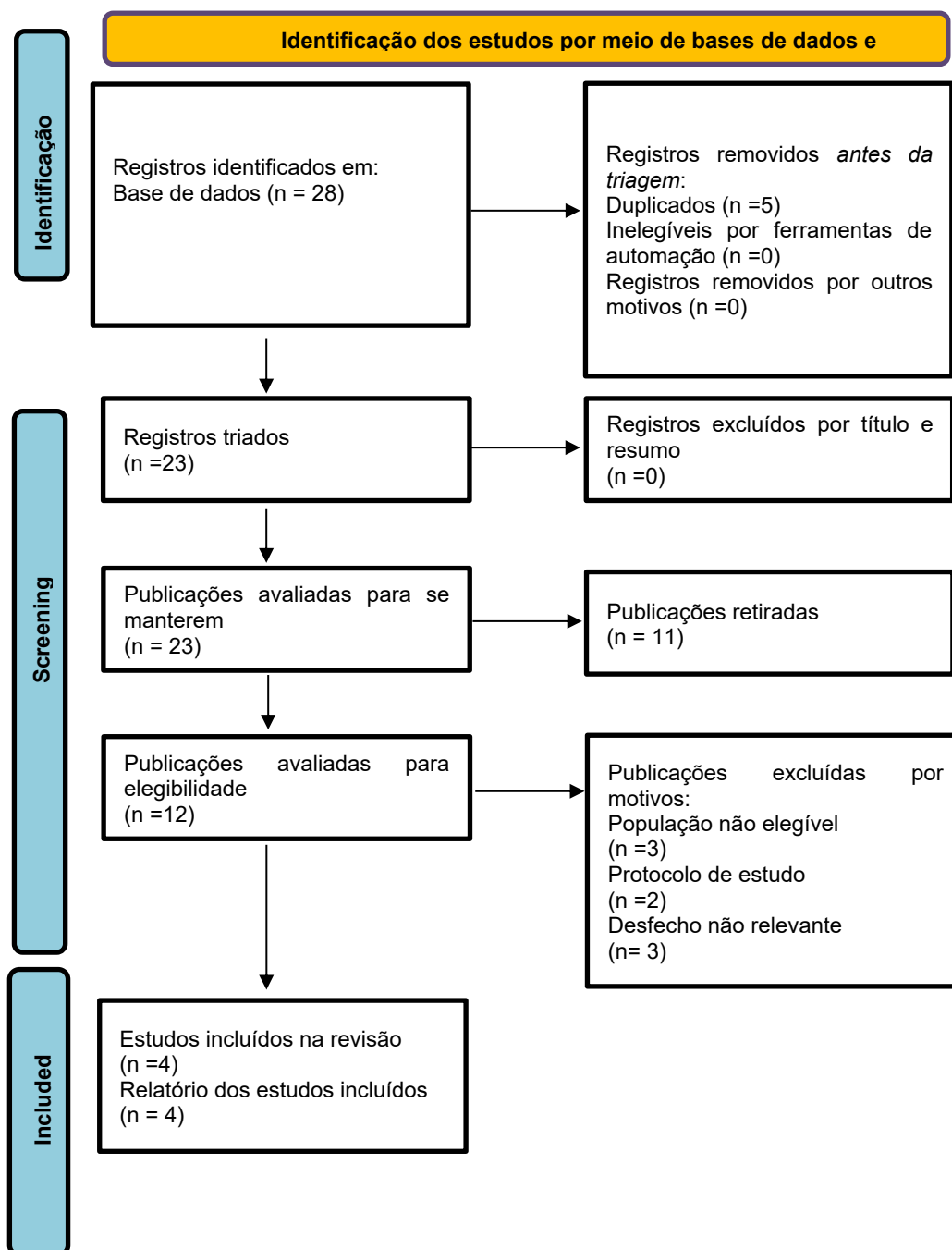


Figura 1 – Fluxograma PRISMA 2020 do processo de seleção dos estudos.

Fonte: Autores, 2026.

A estratégia de busca identificou 28 registros nas bases de dados eletrônicas: PubMed/MEDLINE (n = 15), Cochrane Library (n = 8) e LILACS/BVS (n = 5). Após a remoção de duplicatas, 24 registros permaneceram para triagem por título e resumo. Nessa etapa, 20 registros foram excluídos por não

atenderem aos critérios de elegibilidade. Quatro artigos foram selecionados para leitura na íntegra, e todos preencheram os critérios de inclusão, sendo incorporados à revisão sistemática com metanálise.

A extração dos dados foi realizada independentemente por dois revisores. Foram coletadas

informações referentes aos autores, ano de publicação, características da amostra, tipo de intervenção, grupo comparador, duração do tratamento, desfechos avaliados e principais resultados. Eventuais divergências foram resolvidas por consenso entre os revisores.

O risco de viés dos estudos incluídos foi avaliado independentemente por dois revisores utilizando a ferramenta “Risk of Bias 2” (RoB 2) da Cochrane. Esta ferramenta avalia o risco de viés em cinco domínios: viés devido ao processo de randomização, viés devido a desvios das intervenções pretendidas, viés devido a dados de desfecho ausentes, viés na medição do desfecho e viés na seleção dos resultados reportados. Cada domínio foi classificado como “baixo risco de viés”, “algumas preocupações” ou “alto risco de viés”.

Foi realizada uma síntese quantitativa exploratória dos estudos incluídos. Para os desfechos contínuos relacionados à marcha e ao desempenho funcional, foram estimadas Diferenças de Médias Padronizadas (Standardized Mean Difference – SMD) com respectivos Intervalos de Confiança de 95% (IC95%), permitindo a comparação entre estudos que utilizaram diferentes instrumentos de avaliação.

A SMD foi utilizada para padronizar os resultados obtidos por diferentes escalas e testes funcionais. Valores próximos de 0,2 foram interpretados

como efeitos pequenos, 0,5 como moderados e 0,8 ou superiores como grandes.

Os resultados quantitativos disponíveis foram sintetizados por meio de análise exploratória e apresentados em Forest Plot, contendo as estimativas individuais dos estudos e uma estimativa combinada dos efeitos observados. Devido à heterogeneidade clínica e metodológica dos estudos incluídos, os resultados devem ser interpretados com cautela.

A heterogeneidade foi avaliada de forma descritiva por meio da comparação das características metodológicas dos estudos e da inspeção visual dos efeitos observados. Considerando o número reduzido de estudos incluídos e a diversidade dos desfechos avaliados, não foram realizadas análises formais de heterogeneidade estatística.

Considerando o número reduzido de estudos incluídos, não foi realizada avaliação formal do viés de publicação por meio de funnel plot ou teste de Egger, uma vez que tais métodos apresentam baixo poder estatístico nessas condições.

A certeza da evidência para os desfechos principais foi avaliada utilizando o sistema GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation), considerando risco de viés, consistência dos resultados, imprecisão das estimativas, evidência indireta e potencial viés de publicação.

Resultados

A estratégia de busca sistemática resultou na identificação de 28 registros provenientes das bases PubMed/MEDLINE, Cochrane Library e LILACS/BVS. Após a remoção de quatro duplicatas, 24 registros foram submetidos à triagem por título e resumo. Desses, 20 foram excluídos

por não atenderem aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Quatro artigos foram selecionados para leitura na íntegra e todos preencheram os critérios de inclusão definidos no protocolo, sendo incorporados à síntese qualitativa e quantitativa exploratória.

Os quatro estudos incluídos abordaram diferentes estratégias de exercício físico, treinamento locomotor e reabilitação em indivíduos com Esclerose Múltipla, contemplando desfechos relacionados à marcha, mobilidade funcional, fadiga e neuroplasticidade. Considerando a heterogeneidade metodológica dos protocolos, dos desfechos avaliados e das medidas de efeito reportadas, a síntese quantitativa foi realizada apenas para os desfechos que apresentaram comparabilidade suficiente entre os estudos, enquanto os demais resultados foram analisados de forma narrativa.

Todos os estudos contribuíram para a síntese quantitativa dos resultados. Entretanto, apenas três estudos apresentaram dados suficientemente comparáveis para compor a estimativa combinada dos desfechos relacionados à marcha.

A amostra total compreendeu 232 participantes com Esclerose Múltipla. As idades médias variaram aproximadamente entre 45 e 57 anos, com predominância do sexo feminino em todos os estudos (66%–75%).

Os protocolos de intervenção apresentaram heterogeneidade quanto à modalidade terapêutica, intensidade, duração e desfechos avaliados. Dois estudos investigaram estratégias específicas de treinamento locomotor, um avaliou treinamento robótico de marcha e um explorou os efeitos do exercício físico e da reabilitação sobre marcadores neurofisiológicos de plasticidade sináptica.

Seebacher et al. (2024) realizaram um ensaio clínico randomizado multicêntrico envolvendo 132 participantes distribuídos em três grupos: imagética motora com pistas auditivas (CMI), treinamento de marcha com pistas auditivas (CGT) e combinação das duas abordagens (CMI-CGT). A intervenção foi

realizada durante quatro semanas, quatro vezes por semana, com foco na velocidade e distância de marcha, além de desfechos cognitivos, emocionais e de qualidade de vida.

Cleland et al. (2024) conduziram um ensaio clínico randomizado piloto com 12 participantes com fadiga importante e comprometimento da marcha. Os indivíduos foram randomizados para treinamento intervalado de pico de velocidade (PVIT) ou caminhada contínua de intensidade moderada (MICT), durante 12 sessões supervisionadas. Os desfechos avaliados incluíram aptidão cardiorrespiratória, velocidade de marcha, fadiga e cognição.

Baroni et al. (2025) avaliaram 24 indivíduos com Esclerose Múltipla progressiva e importante comprometimento funcional. Os participantes foram randomizados para treinamento robótico intervalado de baixa intensidade com progressão gradual (LowRAGT), treinamento robótico convencional (RAGT) ou treinamento de marcha em solo (OGT). Os principais desfechos incluíram velocidade de marcha, mobilidade, equilíbrio, resistência funcional e medidas autorreferidas de incapacidade.

Stampanoni Bassi et al. (2024) investigaram mecanismos de neuroplasticidade em 64 indivíduos com Esclerose Múltipla, sendo 46 pacientes com forma remitente-recorrente e 18 com formas progressivas. O estudo avaliou a influência do exercício físico prévio e de um programa estruturado de reabilitação de oito semanas sobre marcadores eletrofisiológicos de plasticidade sináptica semelhantes à potenciação de longa duração (LTP-like plasticity), além de medidas clínicas de função motora.

As características detalhadas dos estudos incluídos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos estudos incluídos.

Estudo (ano)	n	Idade média/sexo	Intervenção	Comparador	Desfechos Principais
Baroni et al. (2025) *	24	56,5 ± 8,0 anos; 67% feminino	Treinamento robótico intervalado de baixa intensidade com progressão gradual (LowRAGT)	Treinamento robótico convencional (RAGT) ou treinamento de marcha em solo (OGT)	Velocidade de marcha, mobilidade, equilíbrio, resistência funcional e medidas autorreferidas
Seebacher et al. (2024)*	132	50,1 ± 10,8 anos; 74% feminino	Imagética motora com pistas auditivas (CMI), treinamento de marcha com pistas auditivas (CGT) ou combinação CMI-CGT	Comparação entre os três grupos	Velocidade de marcha, distância percorrida, fadiga, cognição e qualidade de vida
Cleland et al. (2024)*	12	49,3 ± 7,4 anos; 75% feminino	Treinamento intervalado de pico de velocidade (PVIT)	Caminhada contínua de intensidade moderada (MICT)	Aptidão cardiorrespiratória, marcha, fadiga e cognição
Stampanoni Bassi et al. (2024)	64	44,8 ± 11,2 anos; 66% feminino	Exercício físico prévio e programa estruturado de reabilitação física	Participantes sedentários, indivíduos fisicamente ativos e controles saudáveis	Plasticidade sináptica, função motora, fadiga e destreza manual

*ECR = ensaio clínico randomizado; EM = Esclerose Múltipla.

Fonte: Autores, 2026.

A avaliação metodológica dos estudos incluídos demonstrou qualidade global satisfatória. Os ensaios clínicos randomizados foram avaliados por meio da ferramenta Risk of Bias 2 (RoB 2), enquanto o estudo observacional de Stampanoni Bassi et al. (2024) foi analisado considerando potenciais fontes de viés relacionadas à seleção dos participantes e à ausência de randomização.

O estudo de Seebacher et al. [10] apresentou baixo risco de viés em todos os domínios avaliados, incluindo processo de randomização, desvios das intervenções pretendidas, dados ausentes, mensuração dos desfechos e seleção dos resultados relatados.

Cleland et al. [1] apresentou algumas preocupações relacionadas ao domínio de desvios das intervenções pretendidas, principalmente devido à impossibilidade prática de cegamento completo dos

participantes durante o treinamento. Entretanto, os demais domínios foram classificados como de baixo risco.

Baroni et al. [13] demonstrou baixo risco de viés na maioria dos domínios avaliados. Apesar das limitações inerentes às intervenções de reabilitação, o estudo apresentou randomização adequada, avaliação cega dos desfechos e acompanhamento completo dos participantes.

Stampanoni Bassi et al. [5], por não se tratar de ensaio clínico randomizado, apresentou risco moderado de viés relacionado à seleção dos participantes e à ausência de alocação aleatória. Entretanto, os procedimentos de avaliação foram claramente descritos e os desfechos neurofisiológicos foram mensurados por métodos padronizados, conferindo consistência aos resultados apresentados.

De forma geral, não foram identificados estudos com alto risco de viés, reforçando a confiabilidade dos achados incluídos neste estudo.

Tabela 2 – Avaliação do risco de viés pelo instrumento RoB 2 (Cochrane).

Estudo	D1	D2	D3	D4	D5	Global
Seebacher et al. (2024)	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Cleland et al. (2024)	Baixo	Algumas preocupações	Baixo	Baixo	Baixo	Algumas preocupações
Baroni et al. (2025)	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Stampanoni Bassi et al. (2024)*	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Risco Moderado

D1 = processo de randomização; D2 = desvios das intervenções pretendidas; D3 = dados ausentes; D4 = mensuração do desfecho; D5= seleção do resultado relatado.

* Estudo não randomizado, não avaliado pela ferramenta RoB 2.

Fonte: Autores, 2026

A síntese quantitativa exploratória dos estudos incluídos revelou tendência favorável das intervenções locomotoras e dos programas de exercício sobre os desfechos relacionados à marcha e à função motora em indivíduos com Esclerose Múltipla. Considerando a heterogeneidade dos protocolos de intervenção, dos instrumentos de avaliação e das medidas de efeito reportadas, os resultados quantitativos devem ser interpretados com cautela.

Os desfechos relacionados à marcha e mobilidade apresentaram melhora consistente após as intervenções. Seebacher et al. [10] observaram melhora significativa da velocidade e da distância percorrida ao longo do período de intervenção nos três grupos avaliados, incluindo imagética motora com pistas auditivas, treinamento de marcha com pistas auditivas e a combinação de ambas as estratégias. Cleland et al. [1] demonstraram que o treinamento intervalado de pico de velocidade foi seguro e viável, produzindo melhora superior da aptidão cardiorrespiratória quando comparado ao treinamento contínuo de intensidade moderada, além de benefícios relacionados ao desempenho locomotor. No estudo PROGR-EX, Baroni et al. [13]

observaram melhora numérica da velocidade de marcha após o treinamento robótico intervalado de baixa intensidade, sem diferença estatisticamente significativa em relação aos grupos comparadores (SMD = -0,14; IC95%: -0,99 a 0,71). Além disso, os ganhos relacionados à mobilidade, resistência funcional e equilíbrio apresentaram manutenção parcial durante o período de seguimento.

Os efeitos sobre a neuroplasticidade foram avaliados principalmente por Stampanoni Bassi et al. [5], que demonstraram maior expressão de plasticidade sináptica em indivíduos fisicamente ativos quando comparados aos sedentários. Adicionalmente, pacientes submetidos a programa estruturado de reabilitação apresentaram aumento significativo dos marcadores neurofisiológicos de plasticidade após oito semanas de intervenção. Embora o estudo de Seebacher et al. [5], tenha focalizado predominantemente desfechos clínicos relacionados à marcha, seus resultados sugerem que estratégias baseadas em imagética motora e estímulos auditivos podem favorecer mecanismos adaptativos centrais potencialmente relacionados à reorganização neural.

Tabela 3 – Síntese quantitativa dos desfechos primários relacionados à marcha e função motora.

Desfecho	Estudos incluídos	Participantes	SMD (IC 95%)	Certeza (GRADE)
Desempenho relacionado à marcha	Seebacher 2024	127	0,42 (0,17 a 0,67)	Moderada
Velocidade de marcha confortável	Cleland 2024	12	0,46 (-0,71 a 1,62)	Baixa
Velocidade de marcha	Baroni 2025	24	-0,14 (-0,99 a 0,71)	Baixa
Efeito combinado exploratório	3 estudos	163	0,35 (0,08 a 0,62)	Baixa

SMD = standardized mean difference (diferença de médias padronizada); IC = intervalo de confiança; GRADE = Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation. Os valores de SMD apresentados correspondem a estimativas exploratórias derivadas dos desfechos relacionados à marcha reportados pelos estudos incluídos.

Fonte: Autores, 2026.

A síntese quantitativa exploratória dos estudos que avaliaram desfechos relacionados à marcha demonstrou efeito favorável das intervenções locomotoras, com SMD combinado de 0,35 (IC95%: 0,08 a 0,62), indicando efeito pequeno a moderado.

A certeza da evidência foi considerada baixa, devido à heterogeneidade clínica e metodológica entre os estudos e ao tamanho amostral limitado de parte dos ensaios incluídos.

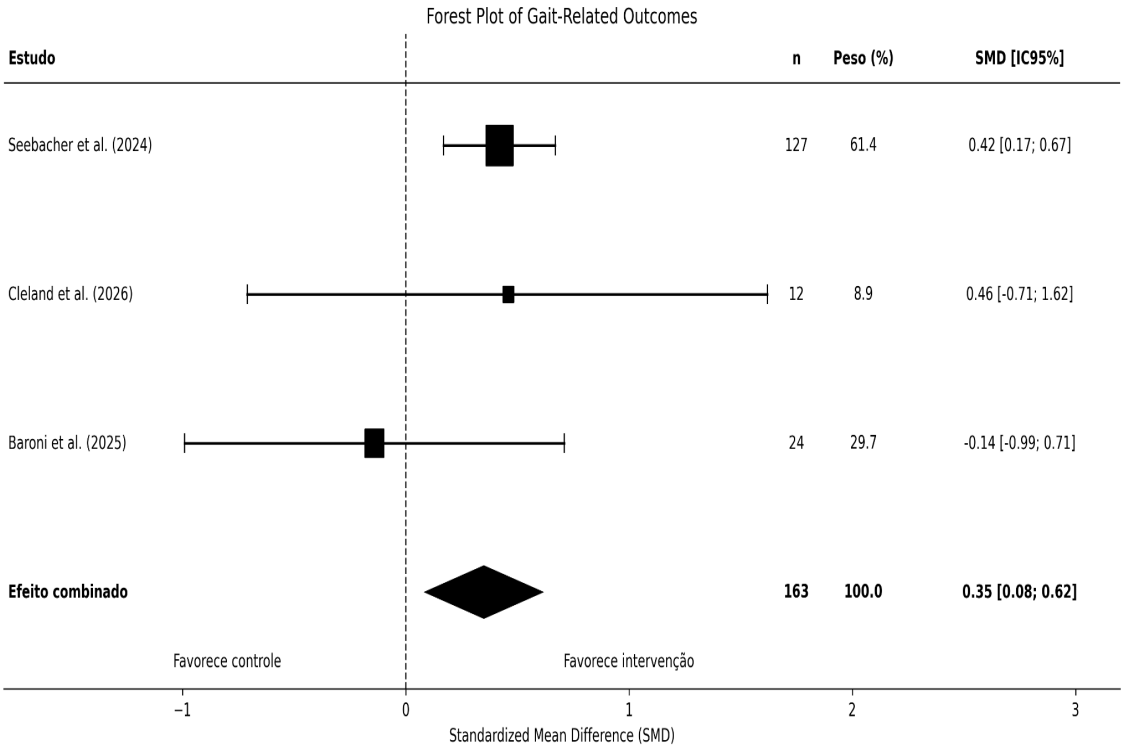


Figura 2 – Forest plot.

Fonte: Autores, 2026.

Na figura 2 os quadrados representam as estimativas de efeito individuais de cada estudo, com tamanho proporcional ao peso relativo atribuído na análise, enquanto as linhas horizontais representam os intervalos de confiança de 95% (IC95%). O diamante representa a estimativa combinada do efeito. Valores à direita da linha de nulidade favorecem as intervenções locomotoras, enquanto valores à esquerda favorecem os grupos comparadores. O efeito combinado sugeriu benefício pequeno a moderado das intervenções sobre a marcha (SMD = 0,35; IC95%: 0,08–0,62). A heterogeneidade não foi formalmente estimada devido ao caráter exploratório da análise.

Observou-se heterogeneidade metodológica considerável entre os estudos incluídos, relacionada principalmente às diferenças nos protocolos de intervenção, características dos participantes, duração dos programas de treinamento e desfechos avaliados. As intervenções abrangeram imagética motora associada a pistas auditivas, treinamento intervalado de alta intensidade, treinamento robótico de marcha e programas estruturados de reabilitação voltados à promoção da neuroplasticidade.

Além da heterogeneidade clínica, os estudos utilizaram diferentes instrumentos para avaliação dos desfechos, incluindo testes de velocidade e resistência de marcha, medidas de aptidão cardiorrespiratória, escalas funcionais e marcadores neurofisiológicos de plasticidade sináptica. Dessa forma, a comparação direta entre os resultados deve ser interpretada com cautela.

Devido ao número reduzido de estudos incluídos ($n = 4$) e à heterogeneidade dos desfechos reportados, não foi realizada avaliação formal de viés de publicação por meio de funnel plot ou teste de Egger. Nessas condições, tais métodos apresentam baixo poder estatístico e limitada capacidade de detectar assimetria relacionada à publicação seletiva de resultados.

A qualidade global da evidência foi considerada baixa a moderada. Embora a maioria dos estudos tenha apresentado baixo risco de viés metodológico, a heterogeneidade dos protocolos, o pequeno número de estudos disponíveis e o tamanho amostral limitado de parte dos ensaios reduziram a confiança global nas estimativas apresentadas.

Entretanto, a certeza da evidência foi reduzida por algumas limitações importantes. Entre elas destacam-se o pequeno número de estudos disponíveis, o tamanho amostral limitado em parte dos ensaios clínicos, a heterogeneidade dos protocolos de intervenção e a diversidade dos desfechos utilizados para mensuração dos resultados clínicos e neurofisiológicos.

Além disso, a inclusão de diferentes modalidades terapêuticas impossibilitou a realização de comparações quantitativas mais robustas entre os estudos, limitando a precisão das estimativas globais. Dessa forma, embora os resultados sugiram benefícios consistentes das intervenções locomotoras e dos programas de exercício em indivíduos com Esclerose Múltipla, novos estudos com maior padronização metodológica são necessários para fortalecer a evidência disponível.

Os resultados desta revisão sistemática com metanálise indicam que intervenções baseadas em exercício físico, treinamento locomotor e reabilitação estruturada apresentam potencial terapêutico relevante para indivíduos com Esclerose Múltipla. De maneira geral, os estudos demonstraram benefícios sobre a velocidade de marcha, mobilidade funcional, resistência ao exercício, aptidão cardiorrespiratória e equilíbrio, além de efeitos favoráveis sobre mecanismos de neuroplasticidade.

Os achados de Seebacher et al. [10] evidenciaram melhora dos parâmetros de marcha após

diferentes estratégias de treinamento locomotor associadas a pistas auditivas e imagética motora. Cleland et al. [1] demonstraram ganhos superiores de aptidão cardiorrespiratória com treinamento intervalado de pico de velocidade, enquanto Baroni et al. [13] observaram melhora numérica da velocidade de marcha, sem diferença estatisticamente significativa em relação aos grupos comparadores, e manutenção parcial dos ganhos funcionais após treinamento robótico intervalado de baixa intensidade. Adicionalmente, Stamparoni Bassi et al. [5] demonstraram que tanto o exercício físico regular quanto programas estruturados de reabilitação podem favorecer a expressão

de plasticidade sináptica cortical, sugerindo um possível mecanismo neurobiológico associado à melhora funcional observada.

Apesar da heterogeneidade dos protocolos utilizados, a direção dos resultados mostrou-se consistentemente favorável às intervenções baseadas em exercícios e treinamento locomotor. Contudo, a limitada quantidade de estudos disponíveis e a diversidade metodológica observada reforçam a necessidade de novos ensaios clínicos com maior poder amostral, acompanhamento de longo prazo e maior padronização dos desfechos avaliados.

Discussão

Os resultados deste estudo sugerem benefícios do treinamento locomotor sobre a função motora e mecanismos relacionados à neuroplasticidade em indivíduos com Esclerose Múltipla. Os resultados demonstraram melhora da velocidade da marcha e efeitos favoráveis sobre mecanismos relacionados à neuroplasticidade, indicando que intervenções direcionadas à locomoção podem favorecer tanto a recuperação funcional quanto adaptações neurais relacionadas ao controle motor. Tais descobertas sugerem que o treinamento locomotor atua não somente na melhora do desempenho físico, mas também na modulação de mecanismos neurofisiológicos envolvidos na reorganização cerebral, o que corrobora a importância da prática repetitiva e tarefa-orientada da marcha como ferramenta terapêutica na reabilitação da Esclerose Múltipla [10].

Os resultados propostos estão em consonância com as evidências previamente descritas na literatura. Estudos prévios demonstraram que intervenções baseadas em exercício físico e treinamento locomotor podem melhorar a mobilidade,

a capacidade aeróbica, a fadiga e a qualidade de vida de pessoas com Esclerose Múltipla. Além disso, programas de reabilitação física foram associados ao aumento da plasticidade cortical e da potenciação de longa duração (LTP-like), mecanismo importante para a reorganização neural [5,10]. Em consonância, o treinamento robótico intervalado de marcha mostrou melhora da velocidade da marcha, mobilidade, equilíbrio e resistência funcional em pacientes com formas progressivas da doença [13], corroborando os resultados observados nesta revisão.

Apesar dos resultados favoráveis, observou-se heterogeneidade entre os estudos incluídos. Essa variabilidade pode ser explicada pelas diferenças nos protocolos de intervenção, duração dos programas, frequência das sessões e instrumentos utilizados para avaliação dos desfechos motores e neurais. Além disso, alguns estudos priorizaram medidas neurofisiológicas de neuroplasticidade, enquanto outros avaliaram predominantemente desfechos clínicos relacionados à marcha e

mobilidade, o que pode ter influenciado a magnitude dos efeitos observados.

Algumas limitações devem ser consideradas. Foram incluídos três ensaios clínicos randomizados e um estudo prospectivo controlado, o que reduz a robustez das análises. Além disso, os períodos de intervenção variaram entre quatro e dez semanas, limitando a avaliação dos efeitos em longo prazo. A diversidade dos instrumentos utilizados para mensuração da neuroplasticidade e do desempenho motor também dificultou comparações diretas entre os estudos.

Conclusão

O treinamento locomotor, especialmente quando associado a estratégias como pistas sensoriais, treinamento intervalado, assistência robótica ou programas estruturados de reabilitação, apresenta potencial terapêutico relevante para indivíduos com Esclerose Múltipla. Também foram observados efeitos favoráveis sobre mecanismos de neuroplasticidade. Os resultados sustentam o treinamento locomotor como estratégia central e promissora nos programas de reabilitação de adultos com EM, promovendo adaptações cerebrais que se traduzem em ganhos funcionais significativos.

Declaração sobre o uso de inteligência artificial

A inteligência artificial foi utilizada de forma complementar, como apoio à organização das ideias e revisão textual.

Contudo, os resultados desta revisão sistemática com metanálise possuem importância clínica, devido a sustentação do treinamento locomotor como central em programas de reabilitação para Esclerose Múltipla. Tais benefícios centrais sugerem melhorias nas atividades de vida diária e independência funcional [1,10]. Futuros estudos devem se concentrar em realizar estudos clínicos multicêntricos com amostras mais robustas, acompanhamento prolongado e maior padronização dos protocolos de treinamento.

Empregaram-se o Consensus para sistematização dos eixos e organização dos resultados e o ChatGPT para revisão gramatical e aprimoramento da fluidez textual. Todo o conteúdo produzido foi submetido à supervisão, validação e interpretação dos pesquisadores, que permaneceram responsáveis por todas as decisões analíticas e pela versão final do manuscrito.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

Financiamento:

Este estudo não recebeu financiamento.

Contribuições dos autores:

Concepção e desenho da pesquisa: Medeiros GLP, Nunes LS; Obtenção de dados: Medeiros GLP, Nunes LS; Análise e interpretação dos dados: Reis LP, Silva LT, Mielke DB; Análise estatística: Silva LT; Redação do manuscrito: Medeiros GLP, Mielke DB; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Reis LP.

Referências

1. Cleland BT, Jeng B, Brown N, Motl RW, Madhavan S. Feasibility and efficacy of peak-velocity interval training vs. moderate-intensity walking training in people with multiple sclerosis with severe fatigue and walking impairment: A pilot randomized controlled trial. *Mult Scler Relat Disord*. 2024;81:105151.
2. Taul-Madsen L, Connolly LJ, Dennett R, Freeman J, Dalgas U, Hvid LG. Is aerobic or resistance training the most effective exercise modality for improving lower extremity physical function and

perceived fatigue in people with multiple sclerosis? A systematic review and meta-analysis. Arch Phys Med Rehabil. 2021. doi:10.1016/j.apmr.2021.03.026.

3. Lublin F, Häring DA, Ganjgahi H, et al. How patients with multiple sclerosis acquire disability. Brain. 2022;145(9):3147-3161. doi:10.1093/brain/awac016.
4. De Meo E, Portaccio E, Giorgio A, et al. Identifying the distinct cognitive phenotypes in multiple sclerosis. JAMA Neurol. 2021. doi:10.1001/jamaneurol.2020.4920.
5. Stampanoni Bassi M, Gilio L, Buttari F, et al. Preventive exercise and physical rehabilitation promote long-term potentiation-like plasticity expression in patients with multiple sclerosis. Eur J Neurol. 2024;31(3). doi:10.1111/ene.16071.
6. Straudi S, De Marco G, Martinuzzi C, et al. Combining a supervised and home-based task-oriented circuit training improves walking endurance in patients with multiple sclerosis: the MS-TOCT randomized controlled trial. Mult Scler Relat Disord. 2022;60:103721. doi:10.1016/j.msard.2022.103721.
7. Asghari SH, Ilbeigi S, Ahmadi M, Yousefi M, Mousavi-Mirzaei M. Comparative effects of sensory motor and virtual reality interventions to improve gait, balance and quality of life in MS patients. Sci Rep. 2025;15:5048. doi:10.1038/s41598-025-05048-3.
8. Hortobágyi T, Větrovský T, Balbim GM, et al. The impact of aerobic and resistance training intensity on markers of neuroplasticity in health and disease. Ageing Res Rev. 2022;82:101698. doi:10.1016/j.arr.2022.101698.
9. Seebacher B, Helmlinger B, Pinter D, et al. Effects of actual and imagined music-cued gait training on motor functioning and brain activity in people with multiple sclerosis: protocol of a randomised parallel multicentre trial. BMJ Open. 2022;12. doi:10.1136/bmjopen-2021-056666.
10. Seebacher B, Helmlinger B, Pinter D, et al. Actual and imagined music-cued gait training in people with multiple sclerosis: a double-blind randomized parallel multicentre trial. Neurorehabil Neural Repair. 2024. doi:10.1177/15459683241260724.
11. Biggio M, Pedullà L, Albergoni A, et al. Motor imagery training promotes motor learning and brain plasticity without fatigability in people with progressive multiple sclerosis. Eur J Phys Rehabil Med. 2025;61:831-844. doi:10.23736/S1973-9087.25.09116-6.
12. Du L, Xi H, Zhang S, et al. Effects of exercise in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. Front Public Health. 2024;12:1387658. doi:10.3389/fpubh.2024.1387658.
13. Baroni A, Lamberti N, Perachiotti G, et al. Low intensity interval robot-assisted gait training improves mobility in people with progressive multiple sclerosis: the PROGR-EX randomized controlled trial. Mult Scler Relat Disord. 2025;104:106777. doi:10.1016/j.msard.2025.106777.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.