EFEITOS DOS EXERCÍCIOS NO SOLO E NA ÁGUA SOBRE PARÂMETROS BAROPODOMÉTRICOS EM PESSOAS COM OSTEOARTROSE DE JOELHO

Brislei Maria de Oliveira Paula, Carlos Eduardo Oliveira da Silva, Diogo Goes Tavares, Luís Filipe Beloni, Fernanda Pupio Silva Lima.

Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensoriomotora - Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, brislei.maria@gmail.com

Resumo

A osteoartrose (OA) de joelho é uma condição degenerativa associada à dor e limitações funcionais. O fortalecimento muscular é importante para reduzir assimetrias e a sobrecarga do lado contralateral à lesão. O objetivo do estudo foi comparar a oscilação postural de pessoas com OA antes e após a aplicação de um protocolo fisioterapêutico no solo e no ambiente aquático. Foram realizadas avaliações baropodométricas antes e após um único atendimento. No sentido latero/lateral, observou-se redução da diferença na distribuição de carga em 80% dos participantes após o tratamento na água e em 40% após o tratamento no solo, enquanto a redução simultânea da amplitude e da velocidade de oscilação ocorreu em 60% e 40% dos participantes, respectivamente. Conclui-se que ambas as intervenções produziram alterações nos parâmetros avaliados, com mais respostas favoráveis na distribuição de carga e na oscilação postural após a intervenção aquática.

Palavras-chave: Fisioterapia. Osteoartrose. Hidroterapia.

Área do Conhecimento: Fisioterapia

Introdução

A osteoartrose (OA) de joelho é uma condição degenerativa frequente, especialmente em idosos, associada à dor e à limitação funcional. Essas alterações podem comprometer a marcha, a distribuição das cargas nos membros inferiores e o controle postural (Raposo; Ramos; Cruz, 2021).

Alterações nos padrões de pressão plantar e no comportamento do centro de pressão têm sido identificadas em indivíduos com OA de joelho, evidenciando modificações biomecânicas associadas à doença. Nesse contexto, a avaliação das pressões plantares constitui uma ferramenta complementar para a investigação da distribuição de cargas e do controle postural (Lidtke *et al.*, 2010; Panyarachun *et al.*, 2022).

Entre as estratégias fisioterapêuticas empregadas na OA do joelho, destacam-se exercícios de fortalecimento, mobilidade e equilíbrio, realizados tanto em solo quanto em ambiente aquático (Silva, 2008; Wang *et al.*, 2011). A realização de exercícios na água pode reduzir a carga articular em determinados movimentos, favorecendo seu uso no processo de reabilitação (Kutzner *et al.*, 2017). Estudos demonstram benefícios tanto dos exercícios aquáticos quanto dos realizados em solo em indivíduos com OA de joelho, mas, embora existam evidências sobre os benefícios desses exercícios, ainda são necessárias pesquisas que comparem diferentes protocolos e seus efeitos. Nesse contexto, a baropodometria pode contribuir para uma avaliação objetiva das alterações na distribuição das pressões plantares e no equilíbrio postural antes e após as intervenções, possibilitando uma melhor compreensão da efetividade dessas condutas e aprimorando as estratégias fisioterapêuticas.

Diante disso, este estudo teve como objetivo comparar os efeitos imediatos de exercícios fisioterapêuticos realizados no solo e em ambiente aquático em indivíduos com osteoartrose do joelho.

Metodologia

Trata-se de um estudo clínico quantitativo desenvolvido nos Setores de Hidroterapia e de Ortopedia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), em São José dos Campos – SP. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa, sob o parecer nº 7.750.319, e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O estudo incluiu cinco voluntários com diagnóstico de osteoartrose de joelho, com ou sem artroplastia parcial, com idade média de 69,0 ± 7,3 anos, de ambos os gêneros. Todos os participantes

realizaram dois protocolos de intervenção (no solo e na piscina), aplicados com um intervalo de uma semana entre si. Foram excluídos indivíduos com outras disfunções de joelho, bem como com alterações neurológicas ou musculoesqueléticas associadas. Em cada condição, os participantes foram avaliados nos momentos pré e pós-intervenção, que consistiu em um único atendimento. A avaliação foi realizada por meio de baropodometria estática (equipamento BaroScan), com registro de 30 segundos, mensurando-se a distribuição percentual da carga e os parâmetros estabilométricos de amplitude e velocidade de oscilação nos sentidos látero-lateral (L-L) e ântero-posterior (A-P).

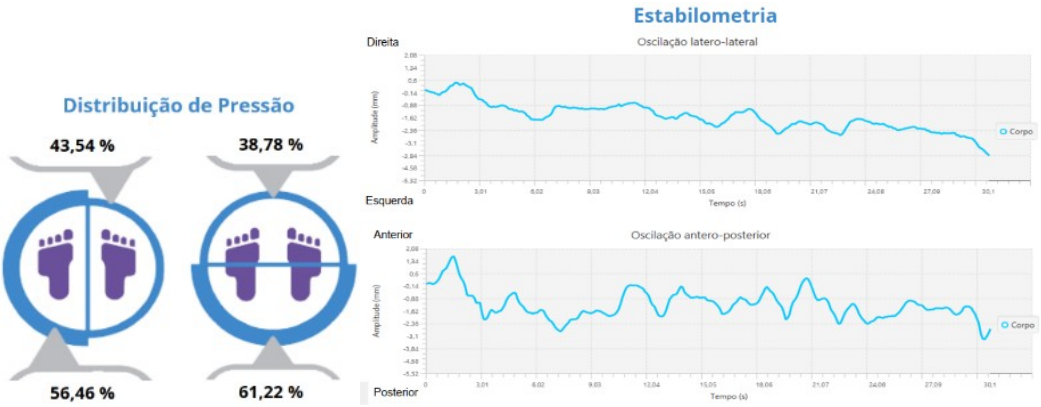
O protocolo fisioterapêutico, elaborado especificamente pelos pesquisadores deste estudo, foi aplicado de forma idêntica em ambos os ambientes. Os atendimentos consistiram em exercícios de marcha, mobilidade de quadril, fortalecimento dos membros inferiores (incluindo extensão isométrica do joelho e fortalecimento dos adutores), sentar e levantar, equilíbrio unipodal e alongamentos. Para garantir a padronização entre as condições, mantiveram-se constantes o número de séries, as repetições e o tempo de execução, respeitando-se os intervalos de repouso conforme a tolerância individual. As condutas foram realizadas com o auxílio de uma faixa elástica, com duração de 50 minutos por atendimento. Especificamente na intervenção aquática, a imersão ocorreu ao nível do processo xifoide, a uma temperatura controlada de 33,5 °C.

Para a análise dos dados, calculou-se, para cada participante, a variação entre os momentos PÓS e PRÉ (Δ = PÓS − PRÉ) e, posteriormente, obteve-se a mediana das cinco variações em cada condição. No sentido L-L, considerou-se a diferença absoluta entre os percentuais de carga dos membros esquerdo e direito. No sentido A-P, o desvio foi calculado em relação às referências de 45% anterior e 55% posterior, conforme Ohlendorf *et al.* (2020). A interpretação individual da distribuição L-L considerou também a lateralidade da osteoartrose, avaliando-se a aproximação do equilíbrio entre os membros e, nos casos unilaterais, a participação do membro acometido. Para a oscilação L-L, considerou-se redução quando a amplitude e a velocidade diminuíram simultaneamente no mesmo participante, enquanto as alterações no sentido predominante da oscilação foram analisadas de forma descritiva.

Resultados

A Figura 1A apresenta os dados gerados pelo software do baropodômetro BaroSys referentes à análise da distribuição de pressão látero-lateral (L-L) e ântero-posterior (A-P), enquanto a Figura 1B mostra os gráficos do movimento de oscilação em ambos os sentidos, obtidos de um dos participantes do estudo.

Figura 1 – 1A: Análise da distribuição de pressão. 1B: Análise da estabilometria.



Fonte: Adaptado do Software BaroSys.

Os valores da Tabela 1 correspondem à mediana da variação PÓS–PRÉ entre os cinco participantes. Valores negativos indicam redução e valores positivos, aumento. A diferença L-L representa a assimetria entre os membros, e o desvio A-P foi calculado em relação à referência 45% anterior 55% posterior. L-L = latero-lateral; A-P = ântero-posterior; p.p. = pontos percentuais.

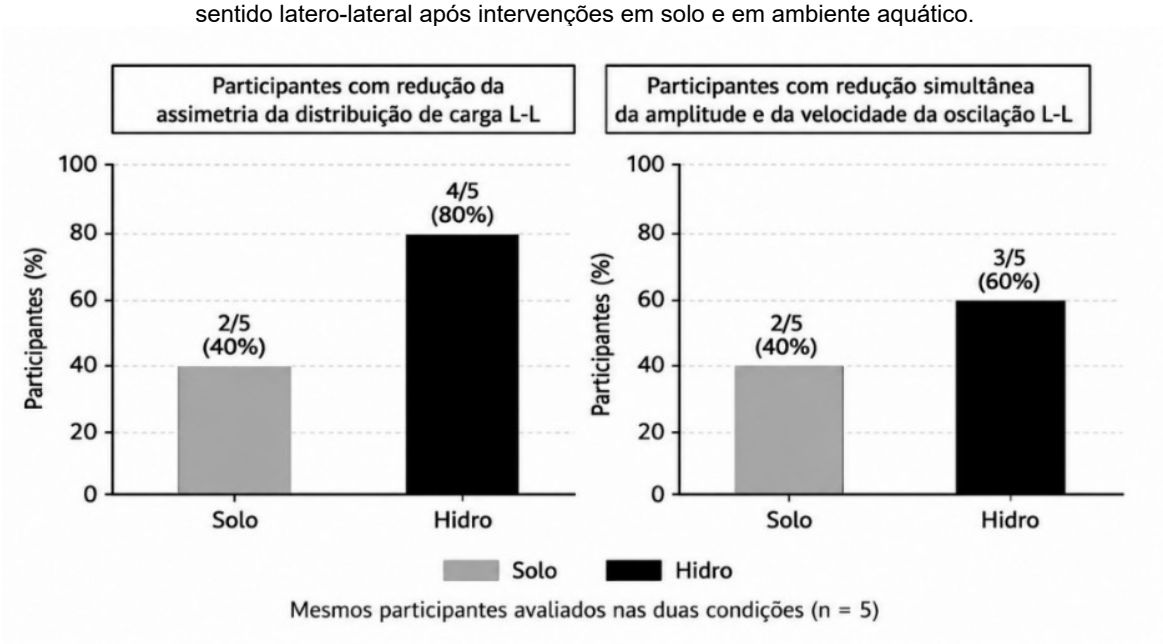
Tabela 1 – Variação dos parâmetros baropodométricos e estabilométricos após as intervenções em solo e em ambiente aquático

Parâmetro	Solo: mediana Δ PÓS−PRÉ	Hidro: mediana Δ PÓS−PRÉ	Solo: redução, n (%)	Hidro: redução, n (%)
Diferença absoluta da distribuição L-L (p.p.)	**+5,20**	**−5,44**	**2 (40%)**	**4 (80%)**
Amplitude L-L (mm)	**+1,56**	**−0,17**	**2 (40%)**	**3 (60%)**
Velocidade L-L (mm/s)	**+0,07**	**−0,09**	**2 (40%)**	**3 (60%)**
Desvio A-P em relação à referência 45/55 (p.p.)	**+0,50**	**−1,37**	**2 (40%)**	**3 (60%)**
Amplitude A-P (mm)	**−2,05**	**+0,86**	**4 (80%)**	**2 (40%)**
Velocidade A-P (mm/s)	**+0,29**	**+0,15**	**2 (40%)**	**2 (40%)**

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Observou-se redução dos parâmetros latero-laterais após a intervenção aquática (Figura 2), indicando um padrão mais consistente de resposta nessa condição. Esse comportamento foi identificado tanto na distribuição de carga entre os membros quanto nos parâmetros relacionados à oscilação postural, evidenciando diferenças na resposta dos participantes aos dois ambientes de intervenção. Como os mesmos cinco participantes foram submetidos às condições em solo e em hidroterapia, as frequências obtidas representam respostas intraindividuais e não grupos independentes. Dessa forma, os resultados de cada condição foram interpretados separadamente, preservando a comparação entre os diferentes ambientes de exercício.

Figura 2 – Proporção de participantes com redução dos parâmetros baropodométricos e estabilométricos no sentido latero-lateral após intervenções em solo e em ambiente aquático.



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Na análise individual (Tabela 2), verificou-se a redistribuição de carga, relacionada à redução da oscilação postural, em dois dos cinco participantes após a intervenção em solo e em quatro dos cinco após a intervenção aquática. Nos casos unilaterais, essas respostas envolveram a aproximação da distribuição de carga entre os membros, considerando a participação do membro acometido, enquanto, nos casos bilaterais, foram caracterizadas por maior centralização da distribuição. As alterações no sentido predominante da oscilação L-L apresentaram comportamento variável entre os participantes.

Tabela 2 – Respostas individuais da distribuição de carga e da oscilação latero-lateral após as intervenções

Participante	OA	Redistribuição de carga	Oscilação L-L (PRÉ → PÓS)
		SOLO	
P1	Esquerda	**Favorável** – redução da sobrecarga no membro com OA	Esquerda → Direita
P2	Bilateral	**Desfavorável** – menor centralização	Esquerda → Esquerda
P3	Esquerda	**Desfavorável** – menor carga no membro com OA	Esquerda → Direita
P4	Direita	**Favorável** – maior carga no membro com OA	Esquerda-Direita → Centro
P5	Bilateral	**Desfavorável** – menor centralização	Centro → Esquerda
		HIDROTERAPIA	
P1	Esquerda	**Favorável** – redução da sobrecarga no membro com OA	Esquerda → Centro
P2	Bilateral	**Favorável** – maior centralização	Esquerda → Centro
P3	Esquerda	**Favorável** – redução da sobrecarga no membro com OA	Esquerda → Esquerda
P4	Direita	**Desfavorável** – menor carga no membro com OA	Centro-Esquerda → Centro-Direita
P5	Bilateral	**Favorável** – maior centralização	Centro-Esquerda → Direita

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Discussão

O principal achado deste trabalho indica que o ambiente aquático atuou como facilitador do controle postural e da simetria mecânica dos participantes avaliados, superando os resultados observados no solo. Confirmando a hipótese inicial, a flutuabilidade, a temperatura aquecida da água e a resistência hidrodinâmica reduziram a assimetria na distribuição de carga entre os membros e atenuaram as oscilações corporais.

A análise do comportamento látero-lateral apresenta grande relevância clínica, uma vez que a osteoartrose (OA) do joelho está frequentemente associada a déficits proprioceptivos, redução da força muscular e alterações do equilíbrio. Hassan *et al.* (2001), por exemplo, identificaram maior instabilidade articular, além de perdas na propriocepção e na força do quadríceps em indivíduos com essa condição. Nesta investigação, a avaliação da amplitude e da velocidade dos deslocamentos permitiu mapear os padrões singulares em ambas as condições de intervenção. Para a síntese aqui apresentada, considerou-se a redução simultânea dessas duas variáveis, evitando interpretar, isoladamente, mudanças no sentido predominante da oscilação como indicativas de melhora. Dessa forma, a análise individual complementou os dados quantitativos e evidenciou a variabilidade dos resultados entre os participantes.

A maior frequência de melhora nesses índices após a intervenção na água é compatível com os achados de Yennan *et al.* (2010). Ao compararem exercícios aquáticos e de solo em pacientes com OA de joelho, esses autores também observaram uma atenuação mais expressiva da oscilação postural após o treinamento aquático. Embora o período de intervenção adotado por eles tenha divergido do protocolo aqui aplicado, os resultados convergentes apontam para os efeitos terapêuticos específicos do meio aquático no controle motor. Complementarmente, Khruakhorn e Chiwarakranon (2021) demonstraram benefícios tanto da hidroterapia quanto das condutas em solo, reforçando que ambas as modalidades constituem estratégias relevantes no manejo clínico da doença.

Mecanicamente, o comportamento observado no meio aquático está diretamente associado às propriedades físicas da água. O empuxo, ao aliviar o estresse articular, modifica as estratégias compensatórias de apoio comumente adotadas na OA do joelho, favorecendo a reorganização da distribuição de peso entre os membros. Alterações na pressão plantar e no comportamento do centro de pressão (CoP) já foram descritas nessa população, refletindo adaptações biomecânicas decorrentes do comprometimento articular (Lidtke *et al.*, 2010; Panyarachun *et al.*, 2022). Nesse cenário, a lateralidade da patologia torna-se crucial, visto que pacientes com acometimento unilateral tendem a adotar estratégias de descarga distintas das adotadas por pacientes com acometimento bilateral. Assim, a interpretação dos dados baropodométricos deve considerar não apenas a magnitude da assimetria, mas também a condição clínica e o envolvimento de cada membro.

A baropodometria mostrou-se uma ferramenta útil para mapear tais modificações, permitindo avaliar simultaneamente a distribuição das pressões plantares e as oscilações do CoP (Baumfeld *et al.*,

2018; Ntourantonis *et al.*, 2023). O delineamento metodológico de comparar os mesmos participantes em ambos os contextos minimizou vieses de grupos independentes, fazendo com que cada indivíduo atuasse como seu próprio controle. Os achados desta etapa fornecem, portanto, uma base sólida para o acompanhamento longitudinal, permitindo investigar posteriormente a manutenção e a evolução dessas adaptações ao longo do tratamento fisioterapêutico.

Diante do exposto, este estudo ratifica o papel do ambiente aquático como um meio superior ao solo na redução de assimetrias e na atenuação de oscilações corporais em indivíduos com osteoartrose de joelho. A identificação dessas respostas biomecânicas e individuais consolida o uso da baropodometria na prática clínica, abrindo caminho para o desenvolvimento de protocolos fisioterapêuticos mais assertivos, direcionados às necessidades específicas e à lateralidade do acometimento de cada paciente.

Conclusão

Conclui-se que, para a amostra de participantes avaliada, a intervenção no ambiente aquático demonstrou superioridade em relação à no solo na melhora da oscilação postural. O protocolo realizado na água atuou de forma mais expressiva como facilitador do controle motor e da simetria mecânica nos indivíduos estudados, reduzindo as oscilações corporais e a assimetria na distribuição de carga entre os membros inferiores. Esses achados evidenciam o papel terapêutico das propriedades hidrodinâmicas e a importância de condutas personalizadas, considerando a lateralidade do acometimento articular.

Referências

BARTELS, E. M.; JUHL, C. B.; CHRISTENSEN, R.; HAGEN, K. B.; DANNESKIOLD-SAMSØE, B.; DAGFINRUD, H.; LUND, H. Aquatic exercise for the treatment of knee and hip osteoarthritis. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 3, CD005523, 2016. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11350851/. Acesso em: 29 jul. 2026

BAUMFELD, T.; BAUMFELD, D.; PRATS DIAS, C. G.; NERY, C. Advances of baropodometry in human health. **Annals of Musculoskeletal Disorders**, v. 2, n. 2, art. 1011, 2018. Disponível em: https://www.jscimedcentral.com/journal-article-info/Annals-of-Musculoskeletal-Disorders/Advances-of-Baropodometry-in-Human-Health-2470. Acesso em: 29 jul. 2026.

HASSAN, B. S.; MOCKETT, S.; DOHERTY, M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. **Annals of the Rheumatic Diseases**, v. 60, n. 6, p. 612-618, 2001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27007113/. Acesso em: 17 ago. 2026

HS TECHNOLOGY. **Novidades BaroSys 2.0**. BaroScan, Londrina, 2022. Disponível em: https://www.baroscan.com/barosys-novidades/. Acesso em: 17 ago. 2026.

KHRUAKHORN, S.; CHIWARAKRANON, S. Effects of hydrotherapy and land-based exercise on mobility and quality of life in patients with knee osteoarthritis: a randomized control trial. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 33, n. 4, p. 375-383, 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33935364/. Acesso em: 17 ago. 2026.

KUTZNER, I.; RICHTER, A.; GORDT, K.; DYMKE, J.; DAMM, P.; DUDA, G. N.; GÜNZL, R.; BERGMANN, G. Does aquatic exercise reduce hip and knee joint loading? In vivo load measurements with instrumented implants. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, e0171972, 2017. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28319145/. Acesso em: 17 ago. 2026.

LIDTKE, R. H.; MUEHLEMAN, C.; KWASNY, M.; BLOCK, J. A. Foot center of pressure and medial knee osteoarthritis. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 100, n. 3, p. 178-184, 2010. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20479447/. Acesso em: 17 ago. 2026.

NTOURANTONIS, D.; LIANOU, I.; ILIOPOULOS, I.; PANTAZIS, K.; KOROVESSIS, P.; PANAGIOTOPOULOS, E. Static baropodometry for assessing short-term functional outcome after unilateral total knee arthroplasty: exploring correlation between static plantar pressure measurements and self-reported outcomes. **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 21, art. 6917, 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37959381/. Acesso em: 17 ago. 2026.

OHLENDORF, D.; KERTH, K.; OSIANDER, W.; HOLZGREVE, F.; FRAEULIN, L.; ACKERMANN, H.; GRONEBERG, D. A. Standard reference values of weight and maximum pressure distribution in healthy adults aged 18-65 years in Germany. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 39, art. 39, 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33256834/. Acesso em: 17 ago. 2026.

PANYARACHUN, P.; ANGTHONG, C.; JINDASAKCHAI, P.; RAJBHANDARI, P.; RUNGRATTANAWILAI, N. Abnormal foot pressure in older adults with knee osteoarthritis: a systematic review. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, v. 26, n. 17, p. 6236-6241, 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36111924/. Acesso em 29 jul. 2026.

RAPOSO, F.; RAMOS, M.; CRUZ, A. L. Effects of exercise on knee osteoarthritis: a systematic review. **Musculoskeletal Care**, v. 19, n. 4, p. 399-435, 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33666347/. Acesso em: 17 ago. 2026.

SILVA, L. E.; VALIM, V.; PESSANHA, A. P. C.; OLIVEIRA, L. M.; MIYAMOTO, S.; JONES, A.; NATOUR, J. Hydrotherapy versus conventional land-based exercise for the management of patients with osteoarthritis of the knee: a randomized clinical trial. **Physical Therapy**, v. 88, n. 1, p. 12-21, 2008. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17986497/. Acesso em: 17 ago. 2026.

WANG, T. J.; LEE, S. C.; LIANG, S. Y.; TUNG, H. H.; WU, S. F. V.; LIN, Y. P. Comparing the efficacy of aquatic exercises and land-based exercises for patients with knee osteoarthritis. **Journal of Clinical Nursing**, v. 20, n. 17-18, p. 2609-2622, 2011. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21539629/. Acesso em: 17 ago. 2026.

YENNAN, P.; SUPUTTITADA, A.; YUKTANANDANA, P. Effects of aquatic exercise and land-based exercise on postural sway in elderly with knee osteoarthritis. **Asian Biomedicine**, v. 4, n. 5, p. 739-745, 2010. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-aquatic-exercise-and-land-based-exercise-Yennan-Suputtitada/bd27d117e6bd0c7b919e2b7e4d54935b34047e61. Acesso em: 17 ago. 2026.