

# Uso de neuro-interfaces nos processos de reabilitação de membros superiores em pacientes vítimas de AVC: uma mini revisão integrativa

Wesley Lima Guimarães<sup>1</sup>, Ana Paula Beirigo Barbosa<sup>1</sup>, Gerley Adriano Miranda Cruz<sup>1</sup>, Marcus Kalyel Ferreira Godoi<sup>1</sup>, Salvador Rassi Filho<sup>1</sup>, Jalsi Tacon Arruda<sup>2</sup>

1. Discente do curso de medicina da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA.

2. Docente do curso de medicina da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA.

**RESUMO:** O processo de reabilitação física envolvendo problemas neurológicos segue de diversos entraves para os pacientes. A utilização da interface cérebro-computador (BCI - Brain-Computer Interfaces) é de grande importância para garantir maior segurança, qualidade e eficácia durante o tratamento. No entanto, há uma lacuna na literatura científica envolvendo tal temática, dificultando a decisão dos profissionais da saúde de utilizá-la como base durante o cuidado. Este estudo responde à seguinte pergunta: “neuro-interfaces podem influenciar o processo de reabilitação em pacientes com disfunções motoras?”. Foi realizada uma mini revisão integrativa utilizando as bases de dados do PubMed, BVS (Biblioteca Virtual de Saúde) e Google Scholar, onde foram encontrados 328 artigos, sendo 5 selecionados para o trabalho. Utilizaram-se como critérios de inclusão estudos primários realizados nos últimos 5 anos em língua inglesa, e como critérios de exclusão, qualquer estudo que não fosse primário. Considerando seus resultados, é possível inferir que, mesmo sendo utilizadas diferentes metodologias, o tratamento envolvendo BCI trouxe significativos retornos para pacientes portadores de lesões motoras. Conclui-se que o uso de tecnologias associado ao tratamento convencional é bastante positivo e que as pesquisas dentro do campo são promissoras.

**Palavras-chave:** Brain-Computer Interfaces. Rehabilitation. Electroencephalography.

## INTRODUÇÃO

O processo de reabilitação envolve uma série de procedimentos e protocolos que tem como finalidade melhorar a funcionalidade motora do paciente. Dentre os procedimentos, a fisioterapia é encarada como um elemento crucial nesse processo <sup>1</sup>.

É visível cotidianamente os grandes desafios e obstáculos vivenciados por vários pacientes que enfrentam o processo de reabilitação, seja por eventos traumáticos ou por comorbidades associadas à evolução de algumas patologias<sup>7,8</sup>.

Partindo dos problemas supracitados, o uso da tecnologia pode ser encarado como uma ferramenta atenuante para os contratempos comumente vivenciados por esse grupo de indivíduos. Nesse contexto, as inovações tecnológicas na área médica desempenham um papel crucial ao permitir diagnósticos mais precisos por meio de exames como ressonância magnética e tomografia, e ao viabilizar tratamentos mais avançados e menos invasivos, como cirurgias robóticas e terapias genéticas.

As experimentações científicas na área médica são essenciais para desenvolver e aprimorar novos tratamentos, entender melhor as doenças e validar tecnologias médicas. Elas garantem a eficácia, segurança e qualidade das intervenções médicas, contribuindo significativamente para o avanço da medicina.

Após destacar a relevância da tecnologia na medicina, é crucial reconhecer as lacunas na literatura médica referentes às estratégias para promover a reabilitação por meio de neurointerfaces não invasivas e como as inovações tecnológicas podem mitigar essas deficiências.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo trata-se de uma mini revisão Integrativa de Literatura, para responder a seguinte questão norteadora: "Como as neurointerfaces podem influenciar os processos de reabilitação de pacientes com disfunções neuromotoras?".

Para o desenvolvimento das estratégias de pesquisa adotadas, foram utilizados descritores disponibilizados na plataforma "Descritores em Ciências da Saúde" (DeCS) e os seguintes descritores foram adotados: Brain-Computer Interfaces (Interfaces Cérebro-Computador); Rehabilitation (Reabilitação) e Electroencephalography (Eletroencefalografia). Todos os termos foram utilizados apenas na Língua Inglesa.

Com a finalidade de realizar a composição analítica do acervo em destaque, foram conduzidas pesquisas nas seguintes bases de dados: United States National Library of Medicine (PubMed), BVS (Biblioteca Virtual de Saúde) e Google Scholar.

Para cada base de dados foi empregada uma combinação diferente de descritores e operadores lógicos. Para a base de dados PubMed foi utilizada a combinação "(Brain-Computer Interfaces) and (Rehabilitation) and (Electroencephalography)". Para a base de dados Google Scholar utilizada "allintitle: Brain Computer Interfaces Rehabilitation", isto é, todos os descritores utilizados foram encontrados no título do Artigo. Para a base de dados BVS foi empregada a combinação "(Brain-Computer Interfaces) and (Rehabilitation) and (Electroencephalography)".

Após a busca nas bases de dados foram encontrados 328 artigos. Foram utilizados como critérios de inclusão: estudos primários publicados nos últimos 5 anos em língua inglesa, com acesso completo, gratuitos, e como exclusão dissertação de mestrado, tese de doutorado e relatos de experiência. Ao final, foram incluídos 5 artigos na mini revisão de literatura.

## RESULTADOS

Em ambos os artigos, envolvidos no acervo da presente revisão, a análise escolhida foi enquadrada como quantitativa. Apesar de serem identificadas diferentes metodologias de estudo, as métricas utilizadas para validação da funcionalidade de interfaces cérebro-computador se assemelham em diversos aspectos. A padronização das estratégias de pesquisa, quando essa temática é desenvolvida, permite que, em estudos revisionais, o viés e outros parâmetros limitantes sejam diluídos, visto que são usados diferentes instrumentos e grupos amostrais. A **tabela 1** sintetiza a investigação envolvida na coleta em destaque.

**Tabela 1: Catálogo organizado por tabela referente aos artigos selecionados para análise**

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusão</b>
Liu, <i>et al.</i> , 2023.	Investigar os efeitos do treinamento de interface cérebro-computador baseado em imagens motoras (MI-BCI) na função e reflexo dos membros superiores em pacientes com acidente vascular cerebral com hemiplegia.	Cerca de 93% dos pacientes completaram a etapa de treinamento. Comparado com o grupo controle, o Grupo BCI obteve um aumento significativo na pontuação na escala FMA-UE (8.0 pontos). Além disso, houve uma redução no tempo de resposta total, acompanhada por um aumento na taxa de acertos.	O conceito MI-BCI combinado com técnicas tradicionais de reabilitação pode melhorar a função motora em pacientes com AVC.
Liao, <i>et al.</i> , 2023.	Comparar o MI-BCI combinado com fisioterapia versus apenas fisioterapia em pacientes com AVC isquêmico, mostrando maior eficácia do MI-BCI na melhoria da função motora pós-AVC.	O grupo MI mostrou melhores resultados funcionais pós-reabilitação em comparação com o grupo controle, incluindo maiores aumentos nos escores totais e específicos da FMA, bem como no escore do MAS e na TCNC.	O treinamento MI-BCI é mais eficaz que a reabilitação padrão pós-AVC, indicando a viabilidade da reabilitação neural ativa, com a gravidade da condição do paciente como um fator importante.
Flesher <i>et al.</i> , 2021.	O estudo tem como objetivo melhorar a função motora em pacientes com tetraplegia através do desenvolvimento de uma interface cérebro-computador	A adição de percepções táteis através de uma interface cérebro-computador bidirecional permitiu a indivíduos com tetraplegia melhorarem significativamente o desempenho com membros	As percepções táteis induzidas pelo ICMS melhoraram drasticamente o desempenho da tarefa, sugerindo que abordagens que imitam circuitos

	que simula sensações táteis da mão, utilizando um canal aferente adicionado à interface existente.	robóticos, reduzindo pela metade os tempos de tentativa em uma avaliação clínica de membros superiores.	sensorio-motores conhecidos terão um grande impacto futuro nos BCIs, especialmente para indivíduos com lesões medulares.
Mengjiao et al., 2021.	Em pacientes com AVC, comparar a eficiência do uso de Neuro-interfaces e tDCS nos processos de reabilitação.	Os resultados apresentados sugerem melhora significativa dos grupos MI-BCI e MI-BCI + tDCS na função motora pós intervenção, sem diferença significativa entre os grupos.	Certos padrões de vulnerabilidade adquiridos durante um AVC foram parcialmente normalizados após a intervenção com o Grupo MI-BCI, não mostrando diferença significativa no grupo MI-BCI + tDCS.
Brunner et al., 2024.	O estudo analisou se o treinamento com BCI é mais eficaz que a terapia convencional para melhorar a função motora do membro superior após AVC e se pacientes com CST preservado se beneficiam mais.	Dos 35 pacientes analisados, apenas 10 mostraram melhora significativa no ARAT após 3 meses, sem diferenças entre os grupos BCI e controle ( $p = 0,382$ ). A integridade do CST foi o único preditor significativo para a melhoria da função motora do membro superior ( $p = 0,007$ ).	Este estudo pioneiro examinou o treinamento com BCI na fase subaguda, mostrando que a integridade do CST foi crucial para a melhoria do membro superior, independentemente da intervenção, sugerindo a necessidade de estudos maiores com pacientes com CST preservado.

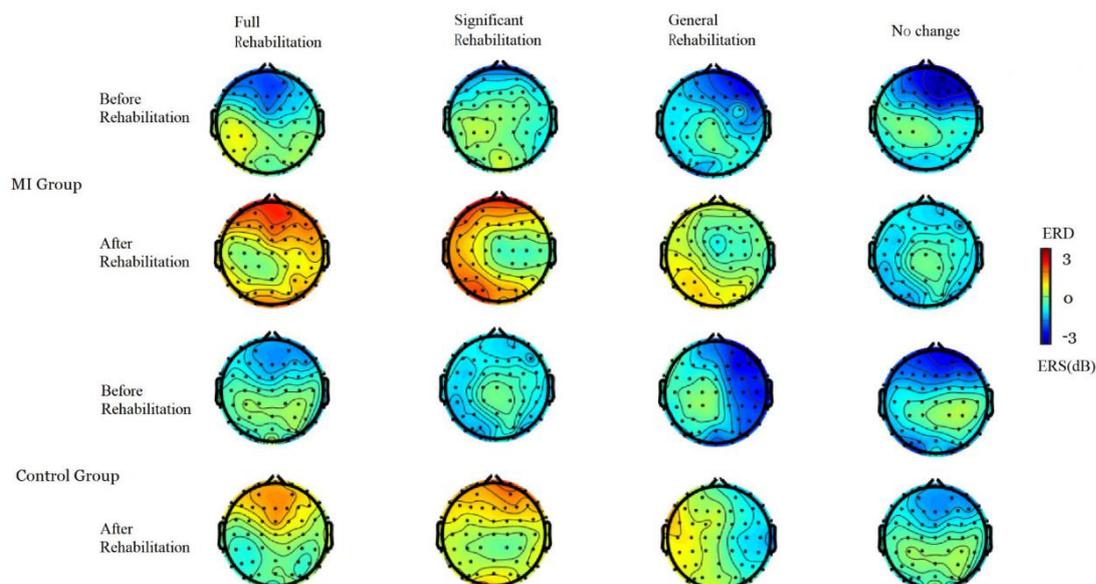
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Eminentemente, Liu, et al.<sup>1</sup> propõe avaliar o impacto de tais tecnologias na função e atenção dos membros superiores em pacientes com Acidente Vascular Cerebral (AVC) e hemiplegia. O uso de interfaces cérebro-computador baseado em imagens motoras demonstrou uma grande viabilidade dentro das métricas adotadas de avaliação. As variáveis “tempo de resposta da rede alerta”, “resposta da rede orientadora” e o “número de correções” não somente apresentaram saídas positivas, como permitiram elucidar a possibilidade de adaptações quanto às especificidades de cada paciente. As métricas utilizadas pelo estudo demonstraram a eficiência do uso de neuro-interfaces aliadas às técnicas de reabilitação convencionais. A métrica FMA-UE (Functional Movement Analysis of the Upper Extremity), que, de forma geral, analisa a qualidade do movimento em membros superiores, demonstrou um aumento de 11 pontos no grupo BCI, contra 4 pontos no grupo de reabilitação convencional. As métricas WMFT (Wolf Motor Function Test) e MBI (Modified Barthel Index), que avaliam a qualidade do movimento, bem como a dependência do paciente para realizar determinada tarefa, também demonstraram variações entre os grupos de Reabilitação Convencional e BCI, sendo 8.0 pontos; 95% CI, 6.0 para 11.0;  $P < 0.001$  no grupo WMFT e 17.0 pontos; 95% CI, 12.0 para 21.0;  $P < 0.001$  no grupo MBI.

Ademais, Liao, et al.<sup>2</sup> investiga não somente os parâmetros convencionais para a avaliação motora de pacientes acometidos por AVC, como também explora os efeitos em membros específicos. A visualização de mapas topográficos cerebrais permitiu uma interpretação holística da atividade neural em indivíduos que fizeram uso de tais interfaces. Em termos de reabilitação motora, o treinamento mediante ao uso dessa tecnologia demonstrou uma elevada probabilidade de recuperação. Por meio de métricas como a FMA-UE, o estudo demonstrou diferenças quantitativas entre os grupos MI e Controle (MI =  $16.70 \pm 12.79$ , controle =  $5.34 \pm 10.48$ ).

O autor também demonstra de forma visual as diferenças nas atividades cerebrais entre os grupos MI e Controle (Figura 1). Desta forma, Yu et al.<sup>3</sup> trouxe duas métricas utilizadas para avaliar a densidade de potência espectral (do inglês, power spectral density, PSD) com base nos dados de EEG: A Dessincronização relacionada a eventos (ERD) e Sincronização relacionada a eventos (ERS). Ambas estão relacionadas com a capacidade cerebral de modular informações, isto é, a capacidade do cérebro de regular e controlar processos cognitivos. Durante uma ação motora, em parte da rede neuronal, pequenos grupos de neurônios trabalham de forma relativamente independente ou dessincronizada para realizar determinada ação, ou seja, parte do tecido nervoso está de prontidão para executar determinada ação, isto é uma dessincronização relacionada a eventos (ERD). Essas informações são importantes para identificar o momento e a região do cérebro em que um estímulo neuronal se transforma em uma resposta motora. Assim, índices mais elevados de ERD indicam uma atividade cerebral mais eficiente para a imaginação motora e a ativação muscular.

**Figura 1:** Topografia Cerebral dos grupos MI e Controle



**Fonte:** Liao et al. (Adaptado)

Ao contrário dos dois estudos anteriores, Flesher *et al.*<sup>3</sup> buscou um grupo distinto de condição a ser avaliada, isto é, distante da condição de AVC, e sim pacientes tidos como tetraplégicos. O principal parâmetro observado foi o tempo de teste envolvido na resposta motora de próteses robóticas em membros superiores. Foi identificado uma forte redução, de um tempo médio de 20,9 para 10,2 segundos.

No que envolve o aprimoramento de neuro-interfaces, especialmente quanto à agregação de outros recursos, Hu *et al.*<sup>4</sup> recorre à estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) como forma acelerar o processo de reabilitação. Essa nova metodologia foi preponderante em uma análise estruturada sob uma perspectiva anatômica. Contudo, os resultados demonstraram que essa junção não foi tão efetiva, apenas o uso isolado de uso de interfaces cérebro-computador baseado em imagens motoras se mostrou eficaz.

Por fim, Brunner *et al.*<sup>5</sup> em reforça a capacidade restaurativa de neuro-interfaces somadas a combinação de imagens com feedback visual e estimulação elétrica funcional. Foi investigado o impacto dessa intervenção mediante diferentes abordagens. A partir de um teste não paramétrico não foi observado diferenças significativas, entretanto a regressão logística para o estudo apontou uma forte melhoria em pacientes com dificuldades motoras.

## DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados, o uso de neuro-interfaces nos processos de reabilitação mostrou-se uma ferramenta promissora. Nos casos em que a tecnologia foi aliada aos meios convencionais de reabilitação, houve um aumento da qualidade do tratamento.

Entretanto, Liao, *et al.* <sup>2</sup> menciona que a severidade do quadro clínico individual do paciente pode afetar a efetividade do tratamento utilizando MI-BCI. Segundo Alves e Paz, as sequelas presentes em vítimas de acidente vascular cerebral mais frequentes são sequelas motora, de equilíbrio e coordenação, também apresentando alterações emocionais, sensoriais, comportamentais e da fala <sup>7</sup>. Certamente, há uma variedade de condições clínicas que podem ser tratadas com BCI, cada uma delas apresentando uma singularidade significativa entre os pacientes, por exemplo, o lado acometido pelo AVC, o tipo de tônus muscular nos membros afetados e outras doenças crônicas associadas <sup>8</sup>.

Ademais, os presentes estudos apresentam certas limitações. Considerando o fato de que são estudos e tecnologias relativamente recentes, o tratamento com BCI ainda não é amplamente pesquisado, tendo limitações como uma amostra de pacientes reduzida decorrente da especificidade inicial do tratamento. Outra limitação, também associada ao tempo, é a falta de informações sobre o uso do tratamento a longo prazo.

## CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, é notório que entre os trabalhos analisados o panorama do uso de neuro-interfaces no processo de reabilitação foi eficiente quanto ao tratamento de sequelas motoras associadas ao AVC. Nesse contexto, – partindo de uma análise holística –, autores como Liu, *et al.* <sup>1</sup>, evidenciaram o fato de que a tecnologia em questão, associada a métodos terapêuticos tradicionais, resultou em uma significativa melhora na função motora dos pacientes. Em suma, ao retomar a pergunta norteadora proposta ("Como as neurointerfaces podem influenciar os processos de reabilitação de pacientes com disfunções neuromotoras?"), os resultados coletados ao longo da coleção corroboram a proposta do presente trabalho.

A análise desenvolvida ao longo do estudo permite o vislumbre de um cenário promissor quanto ao uso de neuro-interfaces que contribui não somente para a reabilitação de pacientes com a mobilidade funcional comprometida, mas para o desenvolvimento de uma sociedade mais inclusiva. Contudo, é perceptível que por se tratar de uma tecnologia recente, existe uma limitação quanto ao número de pacientes que passaram por esse tipo de tratamento. Tal fato restringe a possibilidade de colher resultados em maiores dimensões e evidencia a necessidade de novos estudos com a finalidade de contribuir com a evolução tanto no desenvolvimento quanto nas práticas envolvidas na reabilitação com neurointerfaces.

## REFERÊNCIAS

<sup>1</sup> LIU, Xiaolu *et al.* Effects of motor imagery based braincomputer interface on upper limb function and attention in stroke patients with hemiplegia: a randomized controlled trial. **BMC Neurology**, v. 23, n. 136, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12883-023-03150-5>. Disponível em:

<https://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-023-03150-5>. Acesso em: 25 de março de 2024.

<sup>2</sup> LIAO, Wenzhe et al. Motor imagery brain–computer interface rehabilitation system enhances upper limb performance and improves brain activity in stroke patients: A clinical study. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1117670>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2023.1117670/full>. Acesso em: 25 de março de 2024.

<sup>3</sup> FLESCHER, Sharlene et al. A brain-computer interface that evokes tactile sensations improves robotic arm control. **Science**, v. 372, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abdo380>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abdo380>. Acesso em: 25 de março de 2024.

<sup>4</sup> MENGJIAO, Hu et al. Brain Functional Changes in Stroke Following Rehabilitation Using Brain-Computer Interface-Assisted Motor Imagery With and Without tDCS: A Pilot Study. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.692304>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2021.692304/full>. Acesso em: 24 de março de 2024.

<sup>5</sup> BRUNNER, Iris et al. Brain computer interface training with motor imagery and functional electrical stimulation for patients with severe upper limb palsy after stroke: a randomized controlled pilot trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 21, n. 10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01304-1>. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-024-01304-1>. Acesso em: 25 de março de 2024.

<sup>5</sup> AOH, Yu et al. Event-Related Desynchronization/Synchronization in Spinocerebellar Ataxia Type 3. **Frontiers in Neurology**. v. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00822>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2019.00822/full>. Acesso em: 22 de maio de 2024.

<sup>7</sup> ALVES, Nágila Silva; PAZ, Francisco Adalberto do Nascimento. Análise das principais sequelas observadas em pacientes vítimas de acidente vascular cerebral - AVC. **Revista da FAESF**, Piauí, v. 2, n. 4, p. 25 - 30, 2019. DOI: <https://doi.org/10.58969/25947125.2.4.2018.66>. Disponível em: <https://www.faesfpi.com.br/revista/index.php/faesf/article/view/66>. Acesso em: 22 de maio de 2024.

<sup>8</sup> MARQUES, Jessica Carla et al. Perfil de pacientes com sequelas de acidente vascular cerebral internados em um centro de reabilitação. **Acta Fisiátrica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 144–148, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-0190.v26i3a168160>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/168160>. Acesso em: 18 de maio de 2024.