

## EXOESQUELETO SUPERIOR FOCADO EM FISIOTERAPIA

### UPPER EXOSKELETON FOCUSED ON PHYSIOTHERAPY

**Caio Sene da Silva**  
**Jhonatas Levi Gonçalves dos Santos**  
**Lucas Duarte da Fonseca**  
**Thiago Nagy**  
**Orlando Rosa Junior**

#### RESUMO

A reabilitação de pacientes com comprometimento motor nos membros superiores, decorrente de AVC, traumas e doenças neuromusculares, enfrenta limitações nas terapias convencionais quanto à intensidade e repetibilidade. Exoesqueletos robóticos surgem como alternativa promissora, oferecendo assistência controlada, repetição intensiva e ajustes personalizados, favorecendo a neuroplasticidade. Este projeto propõe o desenvolvimento de um exoesqueleto para a articulação do cotovelo, leve, ergonômico, ajustável a diferentes biotipos e de baixo custo. O sistema será capaz de executar protocolos de movimento passivo e ativo-assistido, com controle preciso de torque e monitoramento em tempo real. A proposta busca superar barreiras de custo, adaptabilidade e complexidade das soluções comerciais, ampliando o acesso à reabilitação de qualidade em diferentes contextos clínicos.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, automação, inclusão

#### ABSTRACT

The rehabilitation of patients with motor impairments in the upper limbs, resulting from stroke, trauma, and neuromuscular diseases, faces limitations in conventional therapies regarding intensity and repeatability. Robotic exoskeletons emerge as a promising alternative, offering controlled assistance, intensive repetition, and personalized adjustments, fostering neuroplasticity. This project proposes the development of an exoskeleton for the elbow joint that is lightweight, ergonomic, adjustable to different body types, and low-cost. The system will be capable of executing passive and active-assisted movement protocols with precise torque control and real-time monitoring. The proposal aims to overcome cost, adaptability, and complexity barriers of commercial solutions, expanding access to high-quality rehabilitation in different clinical contexts.

**Keywords: assistive technology, automation, inclusion**

## 1 INTRODUÇÃO

A reabilitação de pacientes com comprometimento motor dos membros superiores, causada por condições como acidente vascular cerebral (AVC), lesões medulares, traumas ortopédicos e doenças neuromusculares, representa um desafio importante, pois impacta diretamente a independência e a qualidade de vida (FORBRIGGER et al., 2023). As terapias convencionais, embora essenciais, apresentam limitações quanto à intensidade, repetibilidade e monitoramento, o que restringe resultados mais expressivos. Nesse cenário, exoesqueletos robóticos

surgem como alternativa promissora, oferecendo suporte mecânico controlado para assistência passiva e resistência gradual, favorecendo a neuroplasticidade (DOS SANTOS et al., 2024), além de permitir mais repetições, feedback em tempo real e ajustes personalizados (CAVALCANTI et al., 2022). O problema central consiste em superar desafios da fisioterapia tradicional, como baixa intensidade e precisão dos exercícios, e das soluções comerciais, que apresentam alto custo, peso elevado, baixa adaptabilidade e complexidade operacional, desenvolvendo um equipamento funcional, acessível, ergonômico e de fácil utilização em diferentes contextos clínicos.

### 1.1 Objetivo(s)

Desenvolver um exoesqueleto robótico para reabilitação da articulação do cotovelo, utilizando um sistema, que seja funcional, leve, ajustável a diferentes biotipos e de baixo custo, capaz de executar protocolos controlados de movimento passivo e ativo-assistido.

### 1.2 Justificativa

O desenvolvimento de um exoesqueleto para reabilitação do cotovelo justifica-se pela alta incidência de condições que comprometem a funcionalidade do membro superior, como sequelas de AVC — principal causa de incapacidade em adultos —, traumas ortopédicos, lesões esportivas e doenças neuromusculares, sendo que cerca de 85% dos pacientes pós-AVC apresentam déficits motores e apenas 11% recuperam-se totalmente após seis meses de terapia convencional (Forbrigger *et al.*, 2023). A reabilitação robótica assistida tem mostrado eficácia superior às terapias tradicionais, especialmente em ganho de força, amplitude de movimento e coordenação, potencializando a neuroplasticidade por meio da repetição intensiva de movimentos (dos Santos *et al.*, 2024).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A reabilitação motora dos membros superiores, especialmente após eventos neurológicos e ortopédicos, é um dos maiores desafios da medicina física e reabilitação. Cerca de 85% dos sobreviventes de Acidente Vascular Cerebral (AVC) apresentam algum grau de comprometimento funcional no membro superior, afetando diretamente sua independência e qualidade de vida (Forbrigger *et al.*, 2023). As abordagens tradicionais, como a fisioterapia manual, embora essenciais, apresentam limitações em intensidade, repetibilidade e monitoramento objetivo (Callegaro *et al.*, 2010), dificultando resultados mais expressivos. Esses dispositivos operam em modos passivo, ativo-assistido e ativo-resistido, variando do suporte total ao movimento até a imposição de resistência para ganho de força (Cavalcanti *et al.*, 2022).

Apesar dos benefícios, a adoção dos exoesqueletos no mercado é limitada por alto custo, complexidade de operação e baixa adaptabilidade a diferentes biotipos (Mendes *et al.*, 2024). Por isso, cresce a demanda com interfaces simples e intuitivas para configuração de parâmetros como amplitude, velocidade e número de repetições (Cavalcanti *et al.*, 2022).

## 3 METODOLOGIA

A reabilitação de pacientes com comprometimento motor dos membros superiores, comum em casos de AVC, traumas e doenças neuromusculares, é limitada por terapias convencionais de baixa intensidade e repetibilidade (FORBRIGGER *et al.*, 2023). Exoesqueletos robóticos oferecem assistência controlada, favorecendo a neuroplasticidade e possibilitando exercícios personalizados (DOS SANTOS *et al.*, 2024; CAVALCANTI *et al.*, 2022). Este projeto propõe um modelo para o cotovelo, com motor elétrico e engrenagens, leve, ergonômico e adaptável, adequado a diferentes perfis e tipos de reabilitação (BORTHOLUCCI; ROCHA, 2021; CALLEGARO *et al.*, 2010; MENDES *et al.*, 2024). O objetivo é superar limitações de custo, peso, adaptabilidade e complexidade das soluções comerciais, tornando-o acessível e aplicável em diversos contextos clínicos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como o projeto ainda se encontra em fase inicial, não há resultados experimentais ou análises práticas consolidadas, mas os objetivos específicos definidos orientam todas as etapas de construção e implementação do exoesqueleto robótico para reabilitação do cotovelo.

Com o avanço das fases de fabricação, integração e testes, espera-se coletar dados que permitam avaliar a eficácia do sistema, a segurança do paciente e a viabilidade técnica do equipamento. A análise desses resultados possibilitará discutir o impacto potencial da tecnologia no aprimoramento do processo de reabilitação física, especialmente para pacientes com lesões no membro superior, contribuindo para tratamentos mais eficientes, personalizados e baseados em evidências.

#### 5 CONCLUSÃO

O confronto entre o que foi proposto e os resultados efetivamente alcançados será realizado em etapas posteriores da pesquisa, com base em dados obtidos por meio de simulações, testes de bancada e validações experimentais.

Portanto, esta seção será atualizada nas próximas fases do trabalho, conforme a conclusão das etapas de desenvolvimento, integração e validação do sistema proposto.

#### REFERÊNCIAS

BORTHOLUCCI, Lucas; ROCHA, Fernando Henrique Morais. Projeto mecânico de uma prótese exoesquelética para a articulação de cotovelo. In: **CONGRESSO DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSP – CONICT**, 12., 2021. Anais [...]. São Paulo: IFSP, 2021. Disponível em: <https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xiiconict/paper/viewPaper/7841>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CALLEGARO, Mario. Do you know which device your respondent has used to take your online survey? **Survey Practice**, v. 3, n. 6, p. 1-12, 2010. Disponível em: <https://www.surveypractice.org/article/2988-do-you-know-which-device-your-respondent-has-used-to-take-your-online-survey>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CATEN, Carla Samara da Silva et al. Percepção de fisioterapeutas,

médicos e pacientes sobre equipamentos de movimentação passiva contínua – CPM. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 176-182, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299387931>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CAVALCANTI, P. E. F. et al. Three-step preoperative sequential planning for pulmonary valve replacement in repaired tetralogy of Fallot. **European Journal of Cardio-Thoracic Surgery**, Oxford, v. 59, n. 2, p. 333-340, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa346>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ejcts/article-abstract/59/2/333/5998412>. Acesso em: 15 ago. 2025.

DOS SANTOS, A. P. et al. Robotic physiotherapy in rehabilitation: clinical applicability and perspectives. **Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 218-228, abr./jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.15343/0104-7809.20224602218228>. Disponível em: <https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br/mundodasaude/article/download/634/574>. Acesso em: 15 ago. 2025.

FORBRIGGER, et al. Dados epidemiológicos sobre comprometimento motor do membro superior pós-AVC e recuperação funcional. 2023.

MENDES, Vannessa Duarte. Fatores associados à adaptação protética em pessoas com amputação transtibial e transfemoral: uma revisão de escopo. 2024. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências da Saúde, Natal, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/61055>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SHILPA, A. J. et al. Recent advancements in thermoelectric materials and devices for waste heat recovery applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 185, p. 113623, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.113623>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136085922500124X>. Acesso em: 15 ago. 2025.

## AGRADECIMENTOS SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### Sobre os autores:

---

<sup>i</sup> CAIO SENE

[caio-sene@hotmail.com](mailto:caio-sene@hotmail.com)

Foto

Possui formação em Mecânico de Usinagem pela Escola e Faculdade SENAI Félix Guisard (2022), cursando atualmente a graduação em Tecnologia em Mecatrônica em Taubaté pela Faculdade SENAI Félix Guisard (2025). Tem experiência na área de Usinagem, com ênfase em Programação de Máquinas CNC. É programador CNC na empresa PanMetal responsável pela criação e otimização de programas CNC,

monitoramento da operação das máquinas, realização de ajustes e manutenções, garantia da qualidade e precisão das peças, e o domínio de softwares CAD/CAM.

ii **JHONATAS LEVI**

[jhonatas10@hotmail.com](mailto:jhonatas10@hotmail.com)

Foto Possui formação em eletricista de manutenção pela Escola e Faculdade SENAI Félix Guisard (2020), Técnico em Mecatrônica pela Escola e Faculdade SENAI Félix Guisard (2022) , cursando atualmente a graduação em Tecnologia em Mecatrônica em Taubaté pela Faculdade SENAI Félix Guisard (2025). Tem experiência na área de Eletrônica e Mecatrônica, com ênfase em Programação de CLPs. É Técnico Eletrônico na empresa Gestamp responsável pela otimização de programas CPLs, Manutenção elétrica.

iii **LUCAS DUARTE DA FONSECA**

[lucas.fonseca@sp.senai.br](mailto:lucas.fonseca@sp.senai.br)

Foto Atualmente é instrutor da Escola Faculdade SENAI Félix Guisard, lecionando as disciplinas de manutenção e solda no curso de Aprendizagem Industrial de Mecânico de Manutenção. Tem experiência na área de Solda xxxx, com ênfase em Montagem Mecânica.

iv **THIAGO NAGY**

[thiagonagy@gmail.com](mailto:thiagonagy@gmail.com)

Foto Possui formação em Mecânico de Usinagem pela Escola e Faculdade SENAI Félix Guisard (2021), Técnico de Mecânica pela Escola e Faculdade SENAI Félix Guisard (2023) , cursando atualmente a graduação em Tecnologia em Mecatrônica em Taubaté pela Faculdade SENAI Félix Guisard (2025). Tem experiência na área de Usinagem, com ênfase em Programação de Máquinas CNC. É programador CNC na empresa PanMetal responsável pela criação e otimização de programas CNC, monitoramento da operação das máquinas, realização de ajustes e manutenções, garantia da qualidade e precisão das peças, e o domínio de softwares CAD/CAM.

v **ORLANDO ROSA JUNIOR**

[orlandorosajunior@hotmail.com](mailto:orlandorosajunior@hotmail.com)

Foto Professor e pesquisador no SENAI de Taubaté, mestre em Inovação Tecnológica, com atuação em Automação Industrial, Inteligência Artificial e Tecnologias Educacionais. Mentora a equipe de robótica Sharks #9199 e desenvolve projetos voltados à indústria 4.0, eficiência energética e sustentabilidade.