

## 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

### SISTEMA MICROCONTROLADO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES EM SINAIS DE ELETROMIOGRAFIA UTILIZANDO MACHINE LEARNING PARA CONTROLE DE PRÓTESE

JOSÉ VICTOR COELHO<sup>1</sup>, MATHEUS MASCARENHAS<sup>2</sup>,  
GABRIEL DE SOUZA PEREIRA GOMES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Matemática, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São José dos Campos, jose.victor@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Docente do Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, Orientador PIBIFSP, IFSP, Câmpus São José dos Campos, [mascarenhas@ifsp.edu.br](mailto:mascarenhas@ifsp.edu.br).

<sup>3</sup> Colaborador Externo, Genesis Pesquisa e Desenvolvimento, gabriel.gomes@genesis-dataculture.com.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.13.00.00-6 Engenharia Biomédica

**RESUMO:** Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de identificação de padrões em sinais de eletromiografia (EMG) utilizando inteligência artificial (IA) para o controle de próteses. A EMG é uma ferramenta promissora para interpretar os sinais musculares e promover o controle preciso de próteses, melhorando a mobilidade e qualidade de vida de indivíduos com amputações. O sistema desenvolvido utiliza o sensor AD8232, um microcontrolador ESP32 e eletrodos de superfície, seguindo as diretrizes SENIAM para aquisição de sinais EMG do bíceps braquial. As amostras de dados foram processadas e analisadas com o uso de machine learning, especificamente o modelo Ridge Classifier, visando identificar padrões musculares de forma eficiente. Embora o protótipo inicial tenha enfrentado desafios, como a má transferência de dados e variações biológicas entre os usuários, ajustes no posicionamento dos eletrodos resultaram em leituras mais precisas. Os resultados demonstram o potencial da EMG para controle de próteses, destacando a necessidade de contínuas calibrações e aprimoramentos no sistema para atender diferentes biotipos e proporcionar um controle mais intuitivo e eficaz.

**PALAVRAS-CHAVE:** sinal muscular; machine learning; bioengenharia.

### PATTERN RECOGNITION SYSTEM IN ELECTROMYOGRAPHY SIGNALS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR PROSTHETIC CONTROL

**ABSTRACT:** This article presents the development of a pattern recognition system in electromyography (EMG) signals using artificial intelligence (AI) for prosthetic control. EMG is a promising tool for interpreting muscle signals and promoting precise control of prostheses, improving mobility and quality of life for individuals with amputations. The proposed system employs the AD8232 sensor, an ESP32 microcontroller, and surface electrodes, following SENIAM guidelines for acquiring EMG signals from the biceps brachii. The data samples were processed and analyzed using machine learning, specifically the Ridge Classifier model, aiming to efficiently identify muscle patterns. Although the initial prototype faced challenges, such as poor data transfer and biological variations among users, adjustments in electrode positioning resulted in more accurate readings. The results demonstrate EMG's potential for prosthetic control, highlighting the need for continuous calibration and system improvements to accommodate different body types and provide more intuitive and effective control.

**KEYWORDS:** muscle signal; machine learning; bioengineering. muscle signal; machine learning; bioengineering.

## INTRODUÇÃO

A eletromiografia (EMG), segundo Reaz, Hussain e Mohd-Yasin (2006), é um método utilizado para o monitoramento da atividade elétrica muscular, sendo aplicada em diversos campos, como a medicina, biomecânica, neurociências, esportes, robótica e próteses. O atual projeto foca na área de próteses, com o objetivo de desenvolver um protótipo que a partir da identificação dos sinais eletromiográficos de um indivíduo, realize a movimentação de uma prótese.

Segundo Mukkamala e Vala (2024), as próteses são essenciais para restaurar a mobilidade e independência de pessoas com amputações, impactando diretamente sua qualidade de vida. Elas não apenas devolvem a capacidade funcional para atividades cotidianas, mas também oferecem benefícios psicológicos, ao reduzir a sensação de perda e aumentar a autoestima. Com o avanço tecnológico, as próteses modernas buscam replicar movimentos naturais de maneira eficiente.

No entanto, o desenvolvimento de próteses enfrenta desafios significativos. A criação de sistemas de controle precisos é um dos maiores obstáculos, pois exige a interpretação dos sinais elétricos gerados pelo corpo e a tradução desses sinais em movimentos adequados. Além disso, ruídos nos sinais e a necessidade de respostas rápidas e em tempo real dificultam a construção de próteses que sejam tanto funcionais quanto confortáveis.

A eletromiografia (EMG) surge como uma solução promissora para melhorar o controle das próteses. Ao captar os sinais elétricos gerados pelos músculos, a EMG permite que a prótese responda diretamente à intenção do usuário. Com a ajuda de inteligência artificial, é possível identificar padrões nos sinais musculares e ajustar os movimentos da prótese em tempo real, proporcionando um controle mais intuitivo e eficiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O projeto seguirá conforme o trabalho de Ekroth (2023) e Karlık (2014), e envolverá o desenvolvimento de um protótipo para a aquisição de sinais EMG, e posteriormente para classificação e atuação a partir dos sinais, por meio de um dispositivo portátil. O sistema contará com o sensor AD8232, um microcontrolador ESP32 e eletrodos de superfície para a execução das atividades. Posteriormente, será desenvolvida uma aplicação para armazenar e classificar as amostras obtidas. A classificação será focada no bíceps braquial do braço direito. Os eletrodos não invasivos serão posicionados conforme as diretrizes da SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles): um eletrodo, de cor amarela, é posicionado no pulso, servindo como referência, e dois eletrodos de leitura serão colocados no músculo, com as cores indicando a posição; vermelho, na linha entre o acrômio medial e a fossa cubital, a  $\frac{1}{3}$  da fossa cubital; verde, posicionado abaixo do eletrodo anterior, com a distância de 40 mm entre os centros dos eletrodos.

Exportamos as amostras da leitura serial para uma série de arquivos de dados, que serão posteriormente processados e analisados com a linguagem Python e a biblioteca de análise de dados Pandas. Com as amostras adquiridas, realizaremos a extração de características (feature extraction), obtendo métricas como desvio padrão, média, valores máximo e mínimo. Em seguida, os dados serão normalizados para garantir que estejam no mesmo nível de referência, evitando enviesar os resultados.

Empregaremos o processo de machine learning para a identificação dos movimentos musculares a partir da leitura dos sinais EMG, utilizando o modelo Ridge Classifier para tal fim, por conta de seu potencial de aplicabilidade, devido ao fato de demandar menos recursos e processamento, tornando-o mais adequado para ser usado em um sistema embarcado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro protótipo foi desenvolvido utilizando uma *proto board*, visando um modelo mais compacto e organizado em questão das conexões entre o sensor EMG e o microcontrolador, demonstrado na figura 1.

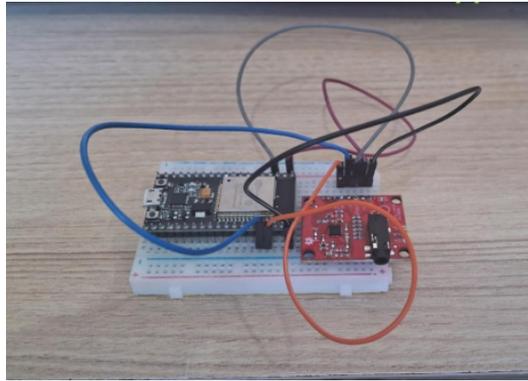


FIGURA 1: Primeiro protótipo.

Todavia, não foi possível realizar leituras dos sinais EMG a partir desse modelo, provavelmente por conta de uma má transferência de dados ocasionada pelo uso da *protoboard*, logo, foi necessário removê-la, conectando o sensor e o microcontrolador diretamente, de acordo com a figura 2.

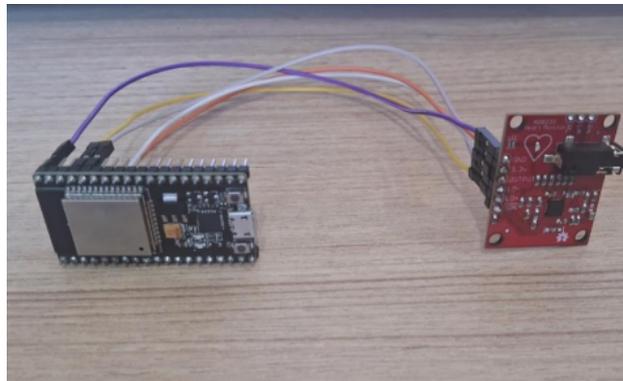


FIGURA 2: Segundo protótipo.

Este modelo permitiu a realização de leitura e coleta dos sinais de eletromiografia, e a análise do sinal em diferentes posições, como mostrado na figura 3.

Durante o processo de aquisição de amostras para o treinamento do modelo de IA, houveram dificuldades quanto a leitura para indivíduos diferentes, principalmente em relação ao posicionamento dos eletrodos, por conta das diferenças biológicas de cada um, apresentando diferenças no sinal EMG e formatos de músculo diferentes, dificultando a disposição dos eletrodos de forma correta sobre a superfície. Posteriormente, constatou-se um equívoco quanto acerca das recomendações da SENIAM, e a partir disso foram identificadas as recomendações corretas a respeito das localizações dos sensores, possibilitando a realização de leituras mais precisas e evitando o gasto indevido dos eletrodos.

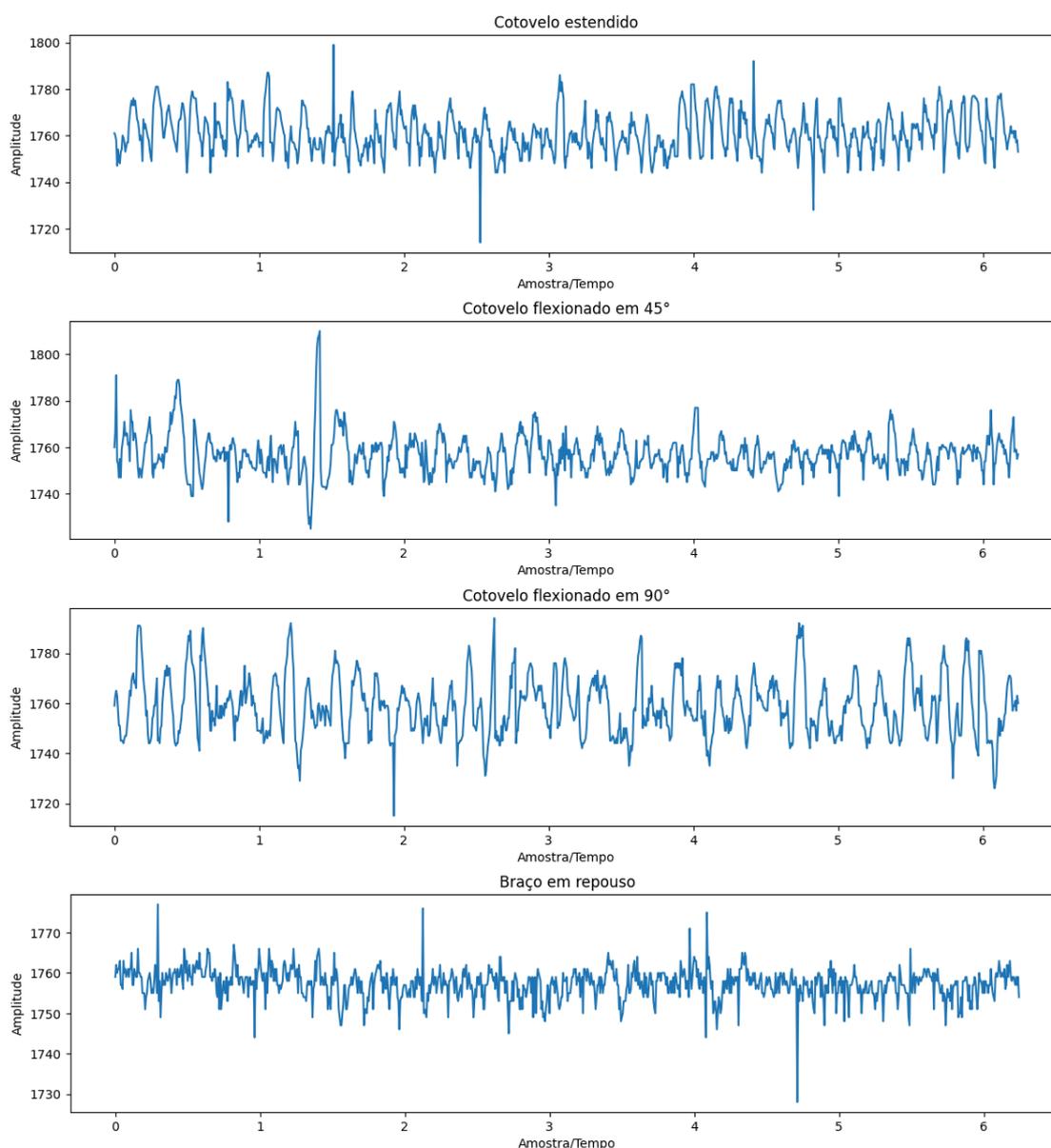


FIGURA3: Sinais EMG em quatro posições diferentes.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste protótipo de controle de próteses baseado em sinais EMG trouxe resultados promissores, apesar dos desafios enfrentados. O uso da eletromiografia para a identificação de padrões musculares mostrou-se promissor durante o desenvolvimento do projeto, comprovando que essa é uma ferramenta valiosa para o controle de próteses em sistemas embarcados.

Durante o projeto, surgiram dificuldades relacionadas às diferenças biológicas entre os usuários, especialmente quanto ao posicionamento dos eletrodos. Essas variações afetaram a precisão das leituras iniciais, mas, após a revisão das diretrizes da SENIAM e a aplicação correta das recomendações, foi possível melhorar a qualidade das amostras e otimizar o desempenho do sistema.

Esses ajustes mostraram a importância de um processo contínuo de calibração para atender às necessidades específicas de cada usuário. O projeto reafirma o potencial das próteses controladas por EMG e aponta para a importância de futuros aprimoramentos, tanto na precisão das leituras quanto no conforto e adaptação do protótipo para diferentes biotipos. O resultado final oferece uma base sólida para que, com mais refinamentos, se avance rumo a próteses mais intuitivas, eficientes e personalizadas.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

M.M. e G.S.P.G contribuíram com a supervisão e definição da metodologia do projeto. J.V.C procedeu com a pesquisa, metodologia e redação do trabalho. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP) pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa e pelo apoio financeiro recebido pelo Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica e Tecnologia do IFSP (PIBIFSP).

## REFERÊNCIAS

EKROTH, L. C.; MASCARENHAS, M.; GOMES, G. de S. P. Sistema de aquisição e análise de dados de eletroencefalografia. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSP, XIV, 2023. Anais [...]. Disponível em: <https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xivconict/paper/view/9934>. Acesso em: 28 jun. 2024.

KARLIK, B. Machine learning algorithms for characterization of EMG signals. **International Journal of Information and Electronics Engineering**, v. 4, 2014. DOI: 10.7763/IJIEE.2014.V4.433.

MUKKAMALA, N.; VALA, S. Functional mobility in individuals with lower limb amputation: an observational study. **Cureus**, v. 16, n. 1, e52759, 2024. DOI: 10.7759/cureus.52759.

REAZ, M. B. I.; HUSSAIN, M. S.; MOHD-YASIN, F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. **Biological Procedures Online**, v. 8, n. 1, p. 11–35, dez. 2006.