

# Pré-processamento e Processamento de Sinais Cerebrais Adquiridos via SSVEP: Uma Abordagem com Redes Neurais

Arthur Augusto de Queiroz Gomes  
*Ciências Fundamentais*  
2<sup>o</sup>FUND  
São José dos Campos, SP, Brazil

Felipe Keller Baltor  
*Engenharia Eletrônica*  
ELE25  
São José dos Campos, SP, Brazil

Julio Cesar Coelho de Amorim  
*Engenharia Eletrônica*  
ELE25  
São José dos Campos, SP, Brazil

Marcelo Melo de Oliveira  
*Engenharia da Computação*  
COMP25  
São José dos Campos, SP, Brazil

## Abstract—

**Index Terms**—eletroencefalografia, SSVEP, MLP, extração de características, classificação, aprendizado de máquina, análise de sinais, Transformada Rápida de Fourier

## I. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como foco a classificação de dados de potenciais evocados visuais estimulados por frequência (SSVEP) em um experimento de seleção de teclas através de um teclado virtual, no qual os estímulos visuais são apresentados em frequências específicas [1].

A motivação deste estudo está em aprender e aplicar técnicas de processamento de sinais com redes neurais para a classificação de respostas cerebrais no contexto de interfaces BCI. Com isso, nesse projeto, busca-se consolidar os conhecimentos adquiridos na disciplina de processamento de sinais com redes neurais por meio da exploração prática das etapas de pré-processamento, extração de características e aprendizado de máquina.

Por fim, os objetivos específicos deste trabalho são: aplicar técnicas de pré-processamento para remover ruídos dos sinais de EEG, implementar algoritmos de extração de características que destaquem as frequências associadas aos estímulos visuais, utilizar uma Rede Neural Perceptron Multicamadas (MLP) para classificar as frequências dos estímulos visuais com base nas respostas cerebrais.

## II. METODOLOGIA

### A. Base de dados utilizada

A base de dados utilizada foi criada no artigo referenciado como [1], e está disponível no seguinte link: <http://bci.med.tsinghua.edu.cn/download.html>. O conjunto de dados consiste em dados de eletroencefalografia (EEG) de 64 canais coletados com uma taxa de amostragem de 250 Hz em 35 sujeitos saudáveis enquanto realizavam uma tarefa de seleção de teclas em uma tela guiada por indicações visuais. O teclado virtual

era composto por 40 estímulos visuais, em que as frequências de estimulação variaram de 8 Hz a 15,8 Hz, com intervalos de 0,2 Hz, e a diferença de fase entre duas frequências adjacentes era de 0,5 pi. Para cada sujeito, os dados incluíram 6 repetições para todos os 40 estímulos. Os dados estão disponíveis no formato .mat, em um array 4-D de dimensão [64, 1500, 40, 6] e neste projeto, foi utilizado o paciente 2. Além disso, Não houve pré-processamento inicial além do que será detalhado na seção de pré-processamento.

### B. Pré-processamento dos Dados

O pré-processamento dos dados foi realizado utilizando Python. Inicialmente, aplicou-se método de filtragem referência de média comum (CAR) [2] para a remoção de ruído comum aos 64 eletrodos, como descrito na equação abaixo:

$$V_{filtered,i}[t] = V_i[t] - \frac{1}{64} \sum_{j=1}^{64} V_j[t] \quad (1)$$

Após essa filtragem, os dados foram preparados para as etapas subsequentes de extração de características e classificação.

### C. Extração de Características

Para a extração de características, foram usados os dados dos eletrodos: Pz, PO5, PO3, POz, PO4, PO6, O1, Oz e O2. A matriz de características foi organizada de maneira que cada linha representa uma combinação de janela de tempo em uma das 6 repetições e a frequência observada pelo paciente, enquanto cada coluna correspondeu ao resultado da Transformada Rápida de Fourier (FFT) nas frequências de classificação, 8 Hz, 9 Hz, 10 Hz, 11 Hz, 12 Hz, 13 Hz e 14 Hz, para cada um dos eletrodos. Dessa forma, foi obtida uma matriz de dimensão [120, 63]. Com essa matriz, é possível extrair um subconjunto de componentes que capturam a relevante das frequências para a análise, dado que o paradigma utilizado é o Potencial Evocado Visual Estimulado por Frequência (SSVEP).

#### D. Classificação

A classificação dos dados foi realizada utilizando uma Rede Neural Perceptron Multicamadas (MLP). A arquitetura da MLP consistiu em uma camada de entrada correspondente ao número de 63 características extraídas com funções de ativação Sigmoid. Nesse sentido, o treinamento da MLP foi realizado utilizando um conjunto de dados dividido em 70% para treinamento e 30% para validação. O modelo foi avaliado por meio das métricas de acurácia e matriz de confusão.

#### REFERENCES

- [1] Y. Wang, X. Chen, X. Gao, and S. Gao, "A benchmark dataset for SSVEP-based brain-computer interfaces". IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 25, no. 10, pp. 1746–1752, Oct. 2017, doi: 10.1109/TNSRE.2016.2627556.
- [2] G.G. Molina, D. Zhu, "Optimal spatial filtering for the steady state visual evoked potential: BCI application". In: Fifth International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER), 2011, pp. 156–160.