



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica submetido
para avaliação no Edital 04/2022

Título do projeto: Estudo de Técnicas de Pré-Processamento e Remoção de Artefatos em EEG para BCI

Palavras-chave do projeto: BCI; pré-processamento; remoção de artefatos; EEG; imagética motora; filtros; frequência.

Área do conhecimento do projeto: Processamento de sinais

Sumário

1 Resumo	2
2 Introdução e Justificativa	3
3 Objetivos	5
4 Metodologia	6
5 Cronograma de atividades	7
Referências	8

1 Resumo

Este projeto de Iniciação Científica (IC) se insere no contexto de pré-processamento de sinais de eletroencefalografia (EEG), visando a sua utilização em interfaces cérebro-computador baseados em imagética motora (alterações nos sinais cerebrais que ocorrem quando uma pessoa imagina estar fazendo um movimento). A atividade cerebral pode ser captada de forma não invasiva através de eletrodos colocados no escalpo. A partir do processamento desses dados captados é possível identificar padrões associados a uma intenção do usuário, e assim comandar sistemas físicos e/ou computacionais, caracterizando assim a BCI. As possibilidades de aplicação de BCIs são diversas, com maior foco em reabilitação e melhora da qualidade de vida de pessoas com deficiências severas, mas a técnica também possui promissora aplicação na área de entretenimento, como em jogos em realidade virtual. Porém, os potenciais medidos no escalpo são de baixíssima intensidade e facilmente distorcidos por sinais não oriundos da atividade cerebral, como o piscar de olhos e seu movimento de sacada, movimento dos músculos da face, do escalpo e também o batimento cardíaco. Esses sinais indesejados são chamados artefatos, e precisam primeiramente ser removidos do sinal bruto de EEG para que seja possível aplicar os algoritmos de classificação e assim realizar, efetivamente, a interação cérebro-máquina. É justamente nesta etapa que este projeto visa focar, já que essa fase de pré-processamento exige diversos conhecimentos específicos sobre as diversas técnicas disponíveis no que diz respeito a seus efeitos, melhores aplicações e funcionamento.

2 Introdução e Justificativa

A interação cérebro-computador (do inglês, *Brain Computer Interface – BCI*) ocorre quando o cérebro se comunica com um dispositivo externo sem o uso de suas vias normais, que são os nervos e músculos periféricos (MÜLLER-PUTZ et al., 2011). Essa comunicação então passa a ser direta, sem a mediação de hardwares como teclados e mouses. BCIs possuem diversas possibilidades de aplicações, estando entre elas a classificação de doenças mentais, o uso terapêutico através do *neurofeedback*, a reabilitação motora após acidente vascular cerebral, o controle de dispositivos do dia a dia para pacientes com dificuldades motoras não passíveis de reabilitação, e desenvolvimento de próteses neurais que possibilitam algum tipo de *feedback* sensorial para pessoas com alguns tipos de deficiência. Além disso, outra aplicação em evidência explora a BCI na área do entretenimento, como input para jogos de computador, dando ao jogador mais uma forma de interação (KEROUS et al., 2017)(ZHANG, 2020).

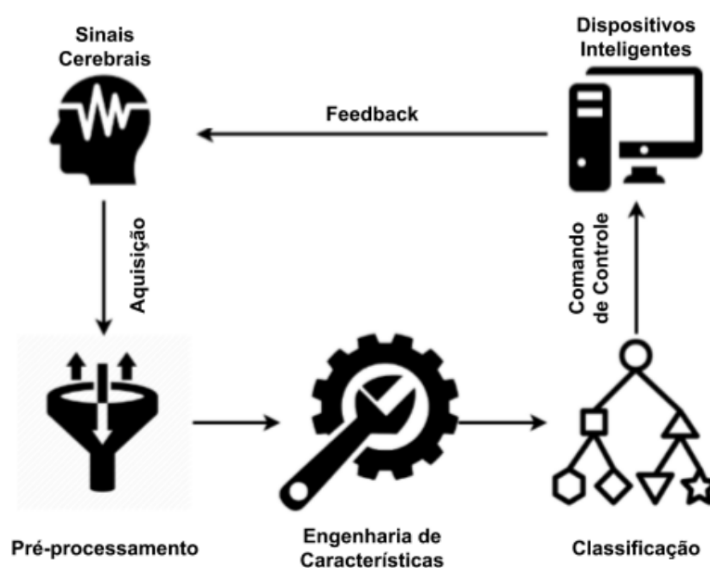
A técnica mais utilizada em BCIs para captar a atividade cerebral é a eletroencefalografia (EEG), e a transformação da atividade neural captada por ela em um comando interpretável pelo computador é feita por uma inteligência artificial (IA) treinada para isso. Diferentes abordagens para implementar uma BCI já foram propostas na literatura (SCOPEL, 2020), e um dos principais paradigmas se baseia na imagética motora.

A imagética motora é a tarefa mental na qual o sujeito imagina que está fazendo uma ação motora. Nesse momento em que está sendo imaginado o movimento de uma parte do corpo, a atividade cerebral é muito similar a quando o movimento realmente está sendo realizado, e não apenas imaginado (ALOTAIBY et al., 2015). Dessa forma, seria possível identificar, a partir dos registros do EEG, uma mudança no padrão cerebral do indivíduo, associando o padrão identificado a um comando específico a ser realizado pela BCI.

A caracterização da imagética motora a partir do sinal de EEG pode ser feita explorando-se a chamada sincronização relacionada a evento (*event-related synchronization - ERS*) e dessincronização relacionada a evento (*event-related desynchronization - ERD*). Essas ERS e ERD são variações do sinal nas bandas alfa e beta (faixas de frequências entre 7.5-13 Hz e 13-26 Hz, respectivamente), que podem ser detectadas principalmente nos sinais captados na região do córtex motor (SCOPEL, 2020). O aumento e a diminuição da atividade nessas bandas e a janela de tempo em que ocorrem podem ser representantes de um movimento corporal específico, e assim serem explorados em sistemas BCI (GREGORY; GEORGE; GEORGE, 2018)

De qualquer forma, seja qual for o processo mental explorado para implementar a interface, a extração da informação relevante para a BCI a partir os sinais de EEG é normalmente dividida em cinco estágios: aquisição do sinal, processamento/melhoramento do sinal, extração da característica, classificação, e a interface de controle (NICOLAS-ALONSO; GOMEZ-GIL, 2012), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama em blocos de uma interface cérebro-computador.



Fonte: SCOPEL *apud* ZHANG (2020)

O uso do EEG como forma de aquisição dos sinais relacionados à atividade cerebral tem suas vantagens, como ser uma técnica não invasiva e também menos custosa do que a magnetoencefalografia (MEG) ou a imagem por ressonância magnética funcional (do inglês, *Functional Magnetic Resonance Imaging* - fMRI). O EEG também possui uma boa resolução temporal (KEROUS et al., 2017), porém sua resolução espacial e a razão entre sinal e ruído são baixas (HUANG et al., 2012).

Os potenciais medidos pelo EEG possuem amplitudes baixas, e está sujeito à contaminação por sinais não oriundos da atividade cerebral, como o piscar de olhos e seu movimento de sacada, movimento dos músculos da face, do escalpo e também o batimento cardíaco. Esses sinais indesejados são chamados artefatos, e precisam primeiramente ser removidos do sinal bruto de EEG. Por esse motivo, a etapa de pré-processamento dos sinais é essencial para que se garanta que as etapas subsequentes tenham acesso apenas à informação relevante relacionada à atividade cerebral.

Para identificar a intenção do usuário, o sistema deve realizar uma classificação dos sinais, a fim de associar um determinado padrão mental do indivíduo a um comando específico a ser realizado. Para isso, em geral, a interface extrai um conjunto de valores a partir dos sinais brutos que caracterizam o estado mental, denominadas *features* ou características, que são posteriormente classificados para determinar qual comando foi escolhido.

Cabe ressaltar que a qualidade dos sinais captados tem grande impacto na capacidade da interface realizar corretamente a classificação do estado mental do indivíduo, e dessa forma, realizar adequadamente o pré-processamento dos sinais é fundamental. Operações tipicamente associadas à etapa de pré-processamento são: divisão das amostras coletadas em janelas de dados, com ou sem sobreposição, para análise de trechos de interesse do sinal; filtragem para remoção de ruído e também realce da faixa de frequências de interesse; interpolação de dados faltantes ou ruidosos; e a remoção de artefatos (GREGORY; GEORGE;

GEORGE, 2018). Para esta última tarefa, diferentes técnicas de processamento já foram desenvolvidas (RAHMAN et al., 2015), e mesmo assim, trabalhos recentes apontam que ainda há pesquisa sendo realizada na área (XIE; ONIGA, 2020).

Assim, este projeto de iniciação científica tem como foco as técnicas de pré-processamento, em especial as técnicas de remoção de artefatos, de sinais de EEG, visando a utilização em sistemas BCI. O período da iniciação científica deverá proporcionar um momento de aprendizado e treinamento em técnicas de processamento de sinais, utilizando materiais e carga horária adequada para que esse conhecimento possa ser adquirido e aplicado em futuras pesquisas, colaborando para o desenvolvimento da área como um todo.

3 Objetivos

Este projeto tem como objetivo investigar técnicas de pré-processamento de sinais de EEG, visando o uso posterior dos sinais em interfaces cérebro-máquina. O conhecimento adquirido pelo aluno será também usado em seus próprios projetos, visto que o mesmo possui interesse em dar continuidade aos estudos em nível de mestrado e doutorado, também inseridos na área de BCI.

Como objetivos específicos, temos:

- Realizar um estudo sobre o EEG: suas bases fisiológicas, forma de aquisição, e as suas limitações;
- Realizar um estudo sobre processamento de sinais de tempo discreto, visando a compreensão das técnicas de projeto de filtros digitais e sua implementação computacional;
- Implementar técnicas básicas de pré-processamento de sinais de EEG, como o janelamento e remoção de ruído por meio de filtragem digital, e aplicá-los a sinais proveniente de bases de dados disponíveis online;
- Estudar, implementar e comparar técnicas para remoção de artefatos, baseadas, por exemplo, em filtros adaptativos e análise por componentes independentes;
- Implementar blocos de extração de características e classificação simples, a fim de verificar a efetividade das técnicas de remoção de artefatos em termos de erros de classificação.

3.1 Viabilidade de execução do projeto:

Os dados de EEG que serão utilizados estão disponíveis digitalmente, não sendo necessário a aquisição dos mesmos (e consequentemente, a necessidade do aval do Comitê de Ética). A capacitação será feita usando materiais bibliográficos disponíveis na internet, livros e cursos. O processamento dos dados poderá ser feito em qualquer computador que possua especificações mínimas para tal (tanto o *notebook* pessoal do aluno quanto os computadores do laboratório são mais do que suficientes), assim, não serão necessários outros materiais para que esta pesquisa seja realizada.

4 Metodologia

O projeto será executado seguindo as etapas abaixo, relacionadas com os objetivos específicos apresentados anteriormente.

4.1 Capacitação em sinais de EEG

Em um primeiro momento, o aluno deverá realizar um estudo dirigido sobre a natureza dos sinais de EEG e a forma de sua aquisição. Isso envolve não apenas a compreensão das bases fisiológicas do EEG, mas também aspectos práticos relacionados ao registro dos sinais. A UFABC conta com alguns equipamentos de EEG, que podem ser utilizados nesta etapa do estudo. Cabe destacar que não está prevista a aquisição de sinais de voluntários, já que este não é o escopo deste projeto. Isso, entretanto, não impede que o aluno acompanhe o processo de aquisição de EEG de participantes em outras pesquisas ocorrendo concomitantemente.

4.2 Estudo sobre ferramentas computacionais

Ferramentas computacionais também serão utilizadas nesta capacitação em EEG. Para isso, o aluno também deverá realizar um estudo sobre linguagem de programação e pacotes computacionais adequados (no caso, duas opções viáveis são Python e Matlab) para que possa manipular os dados de EEG disponibilizados em bases de dados abertas. O aluno deverá, por exemplo, ser capaz de: importar dados de EEG já coletados e visualizar esses dados para compreender suas características e identificar artefatos intensos, como os causados pelo piscar dos olhos; realizar manipulações simples com os sinais.

O estudo das ferramentas computacionais também será útil para avaliar simuladores para geração de sinais de EEG sintéticos, incluindo a simulação de ruídos e artefatos, para que esses sinais possam ser utilizados na fase de avaliação da eficiência das diferentes técnicas de pré-processamento.

4.3 Capacitação em técnicas de pré-processamento de sinais de EEG

Após a familiarização com os sinais de EEG, o aluno passará a estudar sobre as técnicas de pré-processamento. Serão utilizados livros, artigos científicos da área, cursos online, vídeos e também reuniões com o professor orientador, para que seja possível uma compreensão robusta das diferenças entre as técnicas e suas aplicações e efeitos.

Diferentes técnicas estão fortemente embasadas na teoria de processamento de sinais, e dessa forma se faz necessário realizar um estudo dirigido sobre o processamento de sinais de tempo discreto, englobando conceitos como: relação entre o sinal de tempo contínuo e de tempo discreto por meio da amostragem, representação no domínio da frequência e estruturas de filtros digitais.

4.4 Comparação de técnicas de remoção de artefatos

As técnicas estudadas na etapa anterior para identificação e remoção de artefatos serão implementadas e serão comparadas utilizando os sinais gerados artificialmente e bases de dados disponíveis. O desempenho das diferentes técnicas serão avaliados em termos de métricas apropriadas, como o erro quadrático médio e a probabilidade de detecção dos artefatos.

Referências

- ALOTAIBY, T. et al. A review of channel selection algorithms for EEG signal processing. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, v. 2015, n. 1, 6 dez. 2015.
- GREGORY, Kalogiannis; GEORGE, Kapsimani; GEORGE, Hassapi. An EEG pre-processing technique for the fast recognition of motor imagery movements. In: *2016 IEEE biomedical circuits and systems conference (BioCAS)*. IEEE, 2016.
- HUANG, Dandan, et al. Electroencephalography (EEG)-Based Brain-Computer Interface (BCI): A 2-D Virtual Wheelchair Control Based on Event-Related Desynchronization/Synchronization and State Control. *IEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. Volume 20, número 3, 2012.
- KEROUS, Bojan; SKOLA, Filip; LIAROKAPIS, Fotis. EEG-based BCI and video games: a progress report. *Springer-Verlag*. Reino Unido, 2017.
- LUCCAS, et al. Guidelines for recording/analyzing quantitative EEG and evoked potentials. *Part II: Clinical aspects*. Arquivos De Neuro-Psiquiatria, 1999.
- MÜLLER-PUTZ, Gernot R. Et al. Tools for brain-computer interaction: a general concept for a hybrid BCI. *Frontiers in neuroinformatics*. 2011.
- NICOLAS-ALONSO, Luis Fernando; GOMEZ-GIL, Jaime. Brain Computer Interfaces, a Review. *Sensors*. Espanha, 2012.
- RAHMAN, F. A.; OTHMAN, M. F.; SHAHARUDDIN, N. A. A review on the current state of artifact removal methods for electroencephalogram signals. 2015 10th Asian Control Conference: Emerging Control Techniques for a Sustainable World, ASCC 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 8 set. 2015.
- SCOPEL, Maurício Mussato. Reconhecimento de imagética motora utilizando eletroencefalografia. Orientador: Prof. Dr. André Gustavo Adami. 2020. 111 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, área de Conhecimentos de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/9690/TCC%20Mauricio%20Mussatto%20Scopel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 maio 2022.
- XIE, Y.; ONIGA, S. A Review of Processing Methods and Classification Algorithm for EEG Signal. *Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering*, v. 13, n. 1, p. 23–29, 1 set. 2020.
- ZHANG, R. Virtual reality games based on brain computer interface. In: *Proceedings - 2020 International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction, ICHCI 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1 dez. 2020.