

Revisão sistemática sobre eletroencefalograma aplicado à engenharia biomédica

A systematic review on electroencephalogram applied to biomedical engineering

RESUMO

Muitos órgãos do corpo humano, como o cérebro, por exemplo, manifestam suas funções através de atividade elétrica. Esta atividade do cérebro produz um sinal chamado de Eletroencefalograma (EEG) que apresenta informações de sua atividade funcional. Esse exame é de extrema importância para a área médica, pois permite diagnosticar e tratar patologias como, por exemplo, a epilepsia. Porém, os equipamentos para aquisição, amplificação e filtragem são de alto custo e às vezes inviáveis para indivíduos de baixa renda. Por este motivo, o presente trabalho primeiramente fez uma revisão sistemática dos principais assuntos que envolvem o EEG, Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquina e Redes Neurais Artificiais para posteriormente ser criado um *software* capaz de filtrar, amplificar e classificar os sinais de EEG por meio de Redes Neurais Artificiais. Assim, os custos com equipamentos hospitalares acabam sendo menores, visto que toda a parte eletrônica do exame será feita de forma digital e não mais analógica.

PALAVRAS-CHAVE: Eletroencefalograma. Engenharia Biomédica. Inteligência Artificial.

ABSTRACT

Many organs of the human body, such as the brain, for example, manifest their functions through electrical activity. This brain activity produces a signal called an electroencephalogram (EEG) that presents information about its functional activity. This exam is extremely important for the medical field, as it allows the diagnosis and treatment of pathologies, such as epilepsy. However, the equipment for acquisition, amplification and filtering is expensive and sometimes unfeasible for low-income individuals. For this reason, the present work first made a systematic review of the main issues involving EEG, Artificial Intelligence, Machine Learning and Artificial Neural Networks to later create software capable of filtering, amplifying and classifying EEG signals through Artificial neural networks. Thus, the cost of hospital equipment ends up being lower, since the entire electronic part of the exam will be done digitally and no longer analogically.

KEYWORDS: Electroencephalogram. Biomedical engineering. Artificial Intelligence.

Lucas Rosalin Chaves de Sousa
lucaschavesdesousa@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Paulo Rogério Scalassara
prscalassara@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O processamento, tratamento e análise dos sinais biológicos tem feito com que os diagnósticos – como aqueles associados ao cérebro humano - na área médica tornem-se cada vez mais confiáveis (VARGHESE, 2009). A Interface Cérebro Máquina (ICM) procura estudar e analisar as atividades cerebrais geradas pelos neurônios (MUSSATTO; SILVA, 2014), funcionando como um meio alternativo ao caminho natural de transmissão dos sinais biológicos.

Uma das metodologias empregadas na obtenção da atividade neural para o uso nas ICMs é a eletroencefalografia (EEG). Por meio dela é medida a variação da tensão elétrica sobre a superfície do escalpo (ALOMARI *et al*, 2014). Mediante a coleta de sinais desse exame é possível identificar padrões da atividade cerebral relacionadas ao estado do paciente. Além disso, permite diagnóstico de doenças e a aplicação no controle e acionamento de dispositivos.

Contudo, para a captação até o controle, por exemplo, de uma prótese é preciso tempo e estudo, os quais são necessários para os estágios intermediários, responsáveis pela amplificação, filtragem e reconhecimento do sinal captado. Para a coleta dos sinais do EEG podem ser utilizados diferentes eletrodos, os mais comuns são os eletrodos de agulha e os de superfície em que estão em contato com o escalpo (caráter não-invasivo). O método não-invasivo tem a vantagem de que não é preciso uma exigência de técnicas cirúrgicas, entretanto a captação dos sinais neurais apresenta mais interferências e a sua resolução é limitada. Visto isso, o tema que o projeto contempla restringiu-se ao estudo sistemático de eletrodos de superfície por eletroencefalograma não-invasivo, obedecendo o Sistema Internacional 10-20 (SILVA, 1196). A captação de sinais – não-invasiva – tem uma grande quantidade de artefatos (ruídos) que acabam distorcendo o sinal e por conta disso a etapa de filtragem é fundamental para o funcionamento confiável do dispositivo eletrônico (NIEDERMEYER; SILVA, 2005). Por fim, após o tratamento do sinal cerebral, esse pode ser então classificado em comandos de inteligência artificial.

MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão sistemática qualitativa que utiliza métodos para sintetizar a pesquisa e as metodologias utilizadas no estudo, por meio de análise descritiva, foi a utilizada para este trabalho. Para orientar a revisão sistemática utilizaram-se os sete passos indicados pelo Cochrane Handbook (HIGGINS; THOMAS, 2020). Este trata de uma metodologia que os pesquisadores devem acompanhar para as etapas de seleção de artigos, formulação da pergunta que irá delinear a pesquisa; busca e seleção dos estudos; avaliação criteriosa dos estudos; coleta e síntese de dados.

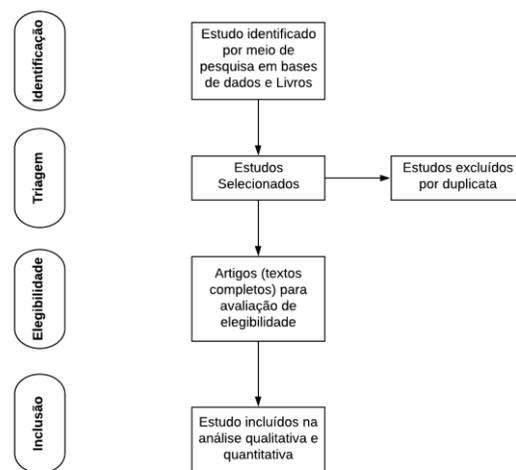
Levando-se em consideração a importância da coleta, tratamento e análise correta do eletroencefalograma para aplicação na área médica, a presente revisão tem por objetivo o estudo da amplificação, filtragem, avaliação e tratamento dos sinais cerebrais de bancos de dados já existentes com aplicação de algoritmos de inteligência artificial.

Os dados coletados abrangem as produções científicas sobre eletroencefalograma, amplificação, filtragem e inteligência artificial produzida

entre os anos de 2010 a 2020 com acesso gratuito e online, indexados em banco de dados eletrônicos, utilizando-se das bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na Scientific Eletrônica Library Online (SciELO), no Banco de Teses da Capes, na Literatura Latina – Americana em Ciência de Saúde (LILACS). A busca foi realizada por intermédio do descritor “Eletroencefalografia”. Além disso, foram coletados dados de livros nacionais e internacional como, por exemplo, Eletroencefalografia: Abordagem Prática (LINDENSON, 2011), Curso Intensivo de Python (MATTHES, 2019), Mãos à obra: Aprendizagem de Máquinas com Scikit-Learn & TensorFlow (GÉRON, 2019).

Embasado no critério de inclusão, a escolha dos artigos resultou em três fases: Primeiro exclusão daquelas literaturas repetidas na base de dados; Segundo a leitura do título e resumo para exclusão daqueles que não fazem parte do escopo desta revisão; Terceiro avaliação criteriosa dos artigos e livros por meio da sua leitura na íntegra, seguida da elaboração de texto resumos com as informações mais importantes e pertinentes. A Figura 1 apresenta os passos referentes à seleção dos artigos.

Figura 1 – Fluxo do processo de seleção dos estudos.



Fonte: Autoria própria (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados ao todo 940 artigos que podem ser estudados e distribuídos nos seguintes tópicos:

EVENTOS NO EEG

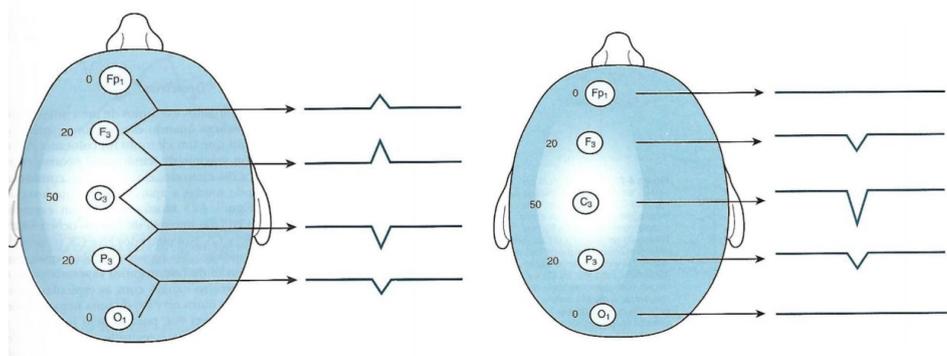
Os eventos no EEG são aqueles relacionados com a descarga elétrica no escalpo e podem ser classificados em Eventos Focais, Campos Elétricos e Eventos Generalizados. Os Eventos Focais são aqueles que ocorrem em uma parte limitada da superfície do cérebro e podem ser percebidos em eletrodos adjacentes, esse tipo de campo normalmente é relacionado como um artefato. Os Campos Elétricos são uma descarga típica na superfície do escalpo e sua intensidade cai com a distância do ponto máximo e é mais comum na coleta do EEG. Por último, os

Eventos Generalizados são aquelas descargas que ocorrem em todas as áreas do cérebro e podem também ser associada a um artefato.

POLARIDADE DO EEG

A coleta dos sinais de EEG pode ser feita de duas formas: com a Montagem Bipolar e a Montagem Referencial. Na Montagem Bipolar o amplificador usará duas entradas em que a Entrada 2 será subtraída da Entrada 1, assim teremos uma comparação entre dois sinais e o ponto de maior voltagem é aquele encontrado na “inversão de fase negativa” e na “inversão de fase positiva”. Por outro lado, a Montagem Referencial compara um eletrodo colocado sobre uma área do cérebro “de interesse” com um ponto de referência em outro local, na cabeça ou no corpo, e essa referência será usada em toda comparação no amplificador e o ponto de maior voltagem é localizado no canal de com a maior deflexão. A Figura 2 retrata uma comparação de coleta hipotética do EEG na Montagem Bipolar e na Montagem Referencial nessa ordem respectivamente.

Figura 2 – Comparação de sinais em uma Montagem Bipolar e Montagem Referencial.



Fonte: LIBENSON (2011).

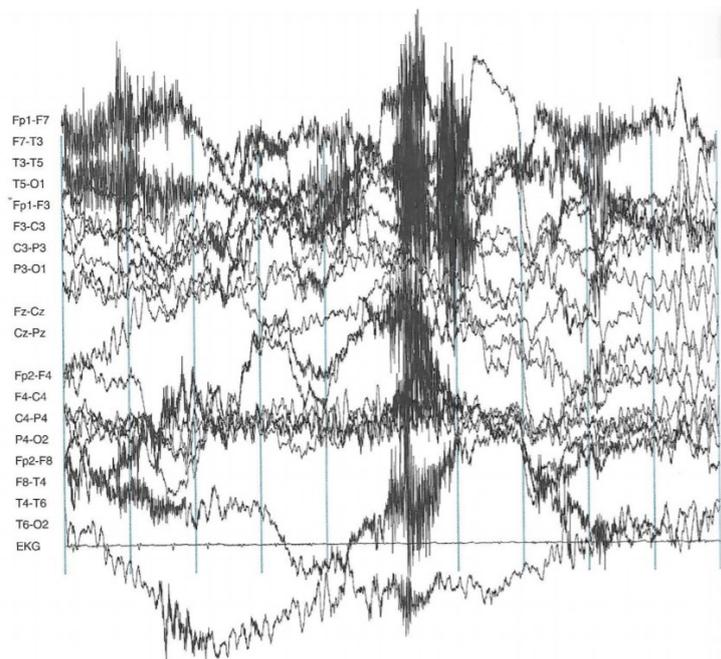
ARTEFATOS ELETROENCEFALOGRÁFICOS

Um artefato é uma forma de onda no EEG que não é de origem cerebral. Entre os principais tipos de artefatos temos: Plausibilidade Biológica que é feita uma análise de eventos se for focal é um tipo de artefato pois as ondas cerebrais mesmo que tenha um máximo de tensão em um eletrodos os eletrodos adjacentes acabam recebendo uma quantidade de carga; Artefato de Piscas de Olhos que é detectado pelos eletrodos Fp1 e F3; Artefato de Movimento Ocular Lateral e é verificado nos eletrodos temporais anteriores, F7 e F8, onde é percebido a positividade da córnea à medida que os olhos se movimentam de um lado para o outro no plano horizontal; O Artefato de Nistagmo é um exemplo especial de artefato de movimento ocular lateral, identificável pela sua ritmicidade, é fácil distingui-lo das formas de ondas repetitivas de origem cerebral com base na sua polaridade típica nos eletrodos temporais anteriores (F7 e F8); Artefato de Eletrodos podem ocorrer devido a um acúmulo de cargas estáticas em um eletrodo isolado seguido de uma rápida liberação dessa carga; Artefatos Musculares que é ocasionado pelo movimento do corpo e é mais comum durante a vigília; Entre outros tipos existentes.

FILTROS NO ELETROENCEFALOGRAMA

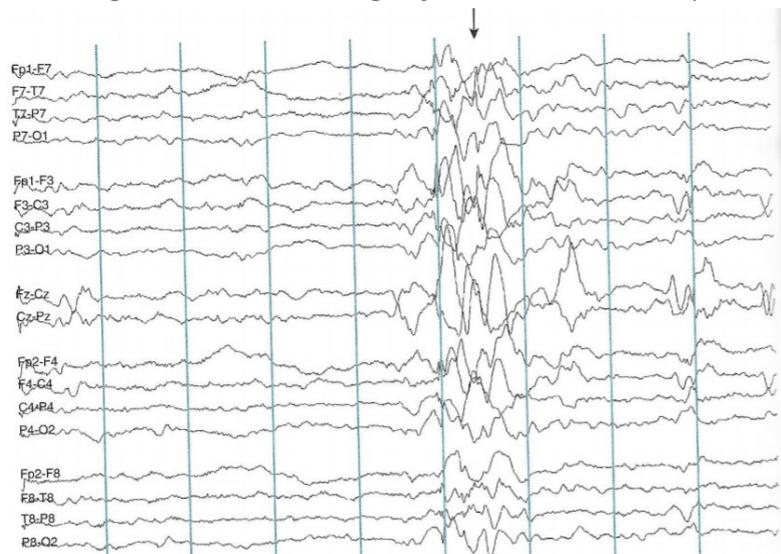
Uma das etapas mais importantes para análise do EEG é a filtragem que é feita para poder “limpar” os traçados do EEG ocasionados pelos artefatos, tornando-o mais fácil de interpretar e, geralmente, mais agradável aos olhos. Na Figura 3 temos um exemplo de uma página encefalográfica (página é a aparência em que mostra os traçados do EEG) obtida sem o uso explícito de filtros é notório que o artefato muscular destrói grande parte das cadeias temporais. Já na Figura 4 retrata uma página encefalográfica usando a configuração-padrão do filtro de baixa frequência de 1Hz e melhorando assim a interpretação do traçado.

Figura 3 – Página do EEG sem passar por filtro.



Fonte: LIBENSON (2011).

Figura 4 – Página do EEG com a configuração do filtro de baixa frequência.



Fonte: LIBENSON (2011).

TIPOS DE FILTROS

Para a filtragem do EEG pode-se utilizar 3 tipos de filtros o filtro passa-baixa, o passa-alta e o de incisura. A finalidade de um filtro de baixa frequência é filtrar a atividade de baixa frequência e deixar frequências mais altas como elas são, geralmente é chamada de filtros passa-alta. Os filtros de alta frequência são projetados para filtrar a atividade de alta frequência e possibilitar que a atividade de baixa frequência passe e são muitas vezes chamados, pelos engenheiros de filtros passa-baixas. No mundo do EEG clínico, os termos alternativos filtro de alta frequência (HFF - filtra as altas frequências) e filtro de baixa frequência (LFF - filtra as baixas frequências) são utilizados, os termos filtro de alta (HF) e filtro de baixa (LF) às vezes utilizados como abreviações. Filtro de incisura ou de 60Hz, tem a finalidade de filtrar a atividade em uma frequência específica no caso do Brasil 60Hz. Os filtros de incisura de 60Hz são usados para atenuar ou eliminar sinais indesejáveis.

CONCLUSÃO

O presente relatório descreve por meio de uma revisão sistemática como é feito uma análise correta do exame de eletroencefalograma e como é feito o tratamento dos sinais biológicos, filtragem correta dos artefatos e análise de doenças por reconhecimentos de padrões.

Para a conclusão do trabalho completo resta a implementação em python da filtragem digital passa-baixa, passa-alta e detecção de patologias com a inteligência artificial e aprendizagem de máquina.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e aos pesquisadores do Laboratório de Processamento de Sinais e Aplicações (LPSA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Cornélio Procópio.

REFERÊNCIAS

ALOMARI, M. H.; ABUBAKER, A.; TURANI, A.; BANAYOUNES, A. M.; MANASREH, A. Eeg mouse: A machine learning-based brain computer interface. *IJACSA: International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Citeseer, v. 5, n. 4, p. 193-198, 2014.

DEMARRE, D. A.; MICHAELS, D.; VALDEZ, R. Bioelectronic measurements. *Journal of Clinical Engineering*, LWW, v. 8, n. 3, p. 234, 1983.

GÉRON, Aurélien. **Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn & Tensor Flow**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

HIGGINS, Julian; THOMAS, James. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. Version 6.1.0. Oxford: Cochrane Collaboration; 2020. Disponível em: < <https://training.cochrane.org/handbook/current> >. Acessado em: 03 de set. de 2020

LIBENSON, Mark H. **Eletroencefalografia: Abordagem Prática**. Rio de Janeiro: Dilivros, 2011.

MATTHES, Eric. **Curso Intensivo de Python**. São Paulo: Novatec, 2019.

MUSSATTO, G. G.; SILVA, S. d. A. **Perspectivas e potencialidades da interface cérebro-máquina**. Revista de Sistemas de Informação da FSMA-RS, n. 13, p. 51-56, 2014.

NIEDERMEYER, E.; SILVA, F. L. da. **Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields**. Lippincott Williams Wilkins, 2005.

SILVA, R. S. D. **Introdução ao estagiamento do sono humano**. Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology, v. 3, n. 2, p. 187-199, 1996.

Urra Medina E, Barría Pailaquilén RM. Systematic review and its relationship with evidence-based practice in health. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**. 2010;18(4):824-31.

VARGHESE, J. P. **Analysis of EEG Signals For EEG-based Brain-Computer Interface**. School of Innovation, Design and Technology, Mälardalen University, Sweden, 2009.