



# Análise da influência da epilepsia em sinais de EEG através do espectro de frequência

## *Analysis of the influence of epilepsy on EEG signals through the frequency spectrum*

Clara Elerati Schmidt Mulano\*, Wagner Endo<sup>†</sup>,

### RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso desenvolvido a partir da análise espectral de sinais de EEG (eletroencefalograma) com evento epilético visando reconhecer os componentes de frequência dos sinais cerebrais a partir da distribuição da densidade espectral de potência dos dados, compreender a dinâmica das manifestações epiléticas, e analisar como os componentes de frequência do sinal se relacionam ao evento epilético. Pelo fato de o EEG ser um dos exames mais comuns na medicina, sabe-se que se trata de um sinal capaz de gerar informações relevantes acerca do estado de todo o corpo o que o torna um forte aliado no diagnóstico de patologias. Para tal, além do banco de dados CHB-MIT Scalp EEG da PhysioNet, foi utilizado o software Matlab e, principalmente, a *toolbox* EEGLAB. Por fim, foi possível concluir não apenas o grande potencial preditivo de convulsões a partir do estudo do período pré-ictal, mas também que evolução das fases de um evento epilético afeta tanto a distribuição da densidade espectral de potência quanto a distribuição dos componentes de frequência do sinal de EEG no cérebro.

**Palavras-chave:** EEG, diagnóstico, sinais cerebrais, evento epilético.

### ABSTRACT

This article presents a case study developed from the spectral analysis of EEG (electroencephalogram) signals with an epileptic event in order to recognize the frequency components of brain signals from the distribution of the spectral density of data power, to understand the dynamics of epileptic manifestations, and analyze how the frequency components of the signal relate to the epileptic event. As the EEG is one of the most common exams in medicine, it is known that it is a signal capable of generating relevant information about the state of the whole body, which makes it a strong ally in the diagnosis of pathologies. To this end, in addition to the CHB-MIT Scalp EEG database from PhysioNet, the Matlab software and, mainly, the EEGLAB toolbox were used. Finally, it was possible to conclude not only the great predictive potential of seizures from the study of the pre-ictal period, but also that evolution of the phases of an epileptic event affects both the distribution of power spectral density and the distribution of frequency components of the EEG signal in the brain.

**Keywords:** EEG, diagnosis, brain signals, epileptic event.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema nervoso é o conjunto organizado de células responsável por controlar e regular as ações do corpo podendo ser delimitado em sistema periférico, de grande atuação sensorial, e sistema nervoso central onde se concentram as partes nucleadas dos neurônios (MICHELI-TZANAKOU e NIEVIES, 2006). Segundo Hall (2011), o sistema nervoso central possui mais de 100 bilhões de neurônios de modo que são formados milhões

\* Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil; [claramulano@utfpr.alunos.edu.br](mailto:claramulano@utfpr.alunos.edu.br)

<sup>†</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Cornélio Procópio; [wendo@utfpr.edu.br](mailto:wendo@utfpr.edu.br)



de circuitos neuronais. Cada uma dessas células, pode possuir até 200 mil ramificações formando um campo de estímulos, onde, por potenciais de ação, ocorre a transmissão dos sinais que executarão as funções nervosas.

No que diz respeito ao cérebro humano, entre a 17<sup>a</sup> e a 23<sup>a</sup> semana do desenvolvimento pré-natal, inicia-se a atividade neural. Desde este marco, os sinais gerados pelo cérebro indicam não somente a função cerebral, mas também o status de todo o corpo (SANEI e CHAMBERS, 2007). Quando o córtex recebe essas informações, a quantidade de sinapses é tão grande que a corrente gerada pelas excitações neuronais dá origem a um campo magnético mensurável por eletrodos de máquinas de EEG (eletroencefalograma) (LENT, 2002).

A importância e versatilidade deste exame é apresentada por Urigüen e Zapirain (2015) que leva em consideração o amplo uso do EEG na neurociência, psicologia, neurolinguística e em pesquisas estando muito além da avaliação clínica tradicional. Além disso, a necessidade latente do bom aproveitamento do sinal de EEG é evidenciada no trabalho do autor Pedro Baeta Santos (2014) onde é pontuado que a demanda emergente por tratamentos médicos de custo reduzido e de maior eficiência integra várias áreas de pesquisa, logo, desenvolver meios para extrair o máximo de informações relevantes a partir de sinais fisiológicos é essencial para otimizar o diagnóstico e tratamento de doenças como, por exemplo, a epilepsia.

Ao fim deste estudo será possível responder o questionamento “Como a distribuição da densidade espectral de potência e a distribuição dos componentes de frequência do sinal de EEG no cérebro são afetadas pela evolução das fases de um evento epiléptico?” uma vez que este trabalho tem como objetivos reconhecer os componentes de frequência dos sinais cerebrais a partir da distribuição da densidade espectral de potência dos dados, compreender a dinâmica das manifestações epilépticas e analisar como os componentes de frequência do sinal se relacionam ao evento epiléptico.

## 2 METODOLOGIA PROPOSTA

Para cumprir os objetivos desse trabalho, foi desenvolvido um estudo de caso voltado à análise de sinais cerebrais antes, durante e após atividades epilépticas com base nos dados obtidos do estudo de Shoeb (1981) e disponibilizados no banco de dados *CHB-MIT Scalp EEG Database* da plataforma aberta PhysioNet (GOLDBERGER, AMARAL, *et al.*, 2010). Estes dados foram coletados com processamento de 16 bits, frequência amostral de 256 Hz e montagem internacional de eletrodos 10-20 composta pelos 23 canais apresentados na Tab. 1.

É possível observar que cada canal utilizado é composto por dois eletrodos cujas denominações fazem referência ao local em que estes estão alocados no escopo. Enquanto os números indicam se o eletrodo está no hemisfério direito (números pares) ou esquerdo (números ímpares), as letras indicam a região cerebral que ele cobre, sendo essas: “FP” (fronto-polar), “F” (frontal), “C” (central), “P” (parietal), “O” (occipital) e, por fim, “T” (temporal).

**Tabela 1 – Canais do banco de dados**

Canais e eletrodos			
1: FP1-F7	7: C3-P3	13: FP2-F8	19: P7-T7
2: F7-T7	8: P3-O1	14: F8-T8	20: T7-FT9
3: T7-P7	9: FP2-F4	15: T8-P8	21: FT9-FT10
4: P7-O1	10: F4-C4	16: P8-O2	22: FT10-T8
5: FP1-F3	11: C4-P4	17: FZ-CZ	23: T8-P8
6: F3-C3	12: P4-O2	18: CZ-PZ	

**Fonte: Autoria própria (2021).**

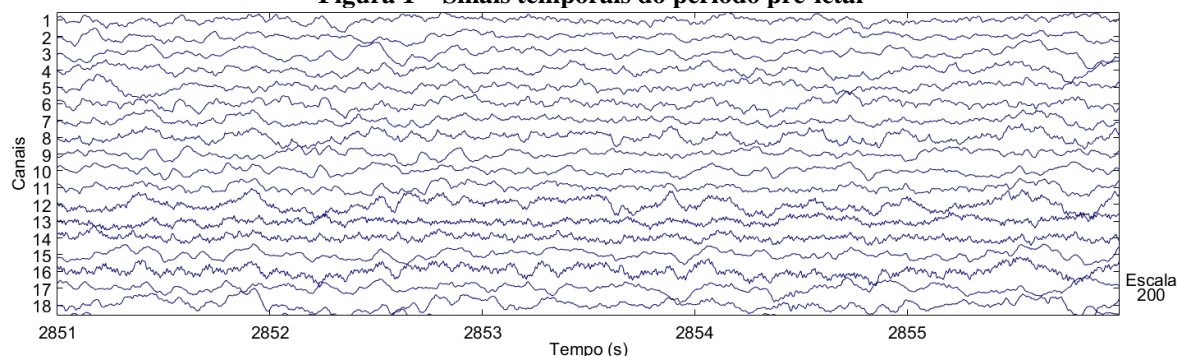
Para análise dos dados, foi utilizado o software interativo Matlab da Mathworks com destaque na *toolbox* EEGLab voltada ao processamento de sinais de eletroencefalogramas. Levando em consideração a duração de cada gravação, é necessário delimitar ainda mais este material reduzindo o número de canais para 18 de modo que sejam evidenciados os eletrodos que constituem o padrão longitudinal bipolar recomendado pela ACNS (*American Clinical Neuropsychology Society*), proposto por Acharya et al. (2016). A partir da sobreposição das curvas dos 18 canais é possível rotular a amostra em três partes tomando como referência o período de maior amplitude da gravação.

Plotando os gráficos das três partes separadamente, a visualização das curvas referentes ao período que antecede o pico do gráfico (pré-ictal) foi dificultada em decorrência das baixas amplitudes, logo, a escala deste foi reduzida. Posteriormente, foi utilizado um filtro FIR (*Finite Impulse Response*) passa-faixas com corte inferior em 2 Hz e corte superior em 25 Hz para retirar ruídos técnicos e biológicos para então plotar os gráficos de densidade espectral de potência dos três estágios. A partir deles é possível localizar a área do cérebro correspondente às bandas de frequência conforme evento epilético evolui.

### 3 RESULTADOS

Na Figura 1 é apresentado o período que antecede a marca de pico do sinal.

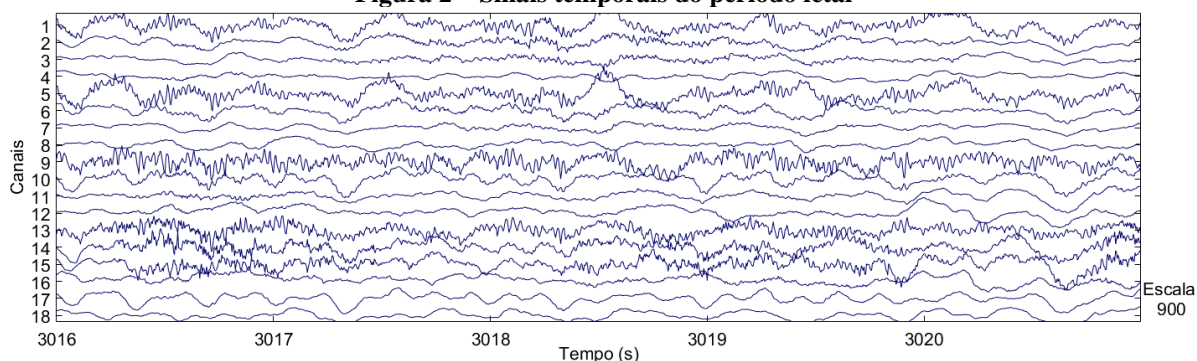
**Figura 1 – Sinais temporais do período pré-ictal**



Fonte: Autoria própria (2021).

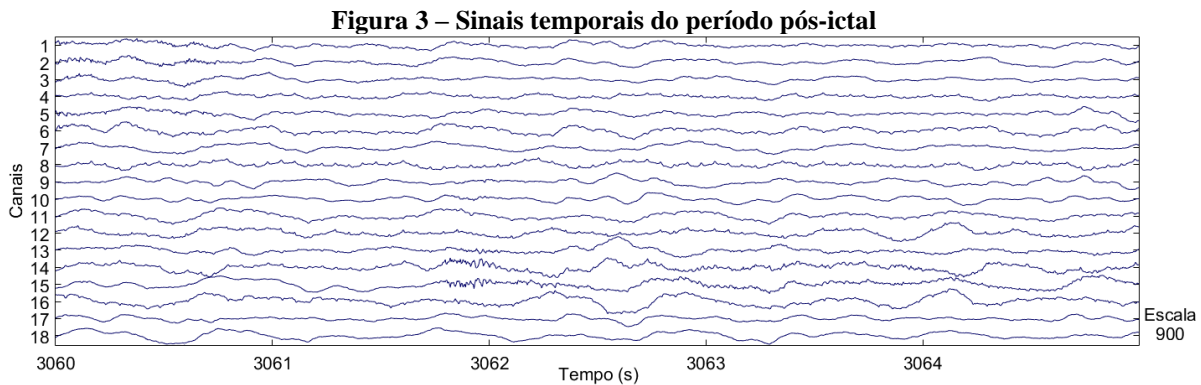
Na Figura 1, é possível observar amplitude bastante baixa e restrita, bem como semelhança entre as curvas dos canais 7 e 8, por exemplo. Trata-se de um comportamento já esperado haja vista que ambos compreendem a região polar esquerda entre os pontos occipital e central do escalpo. Na Figura 2, tem-se o período ictal.

**Figura 2 – Sinais temporais do período ictal**



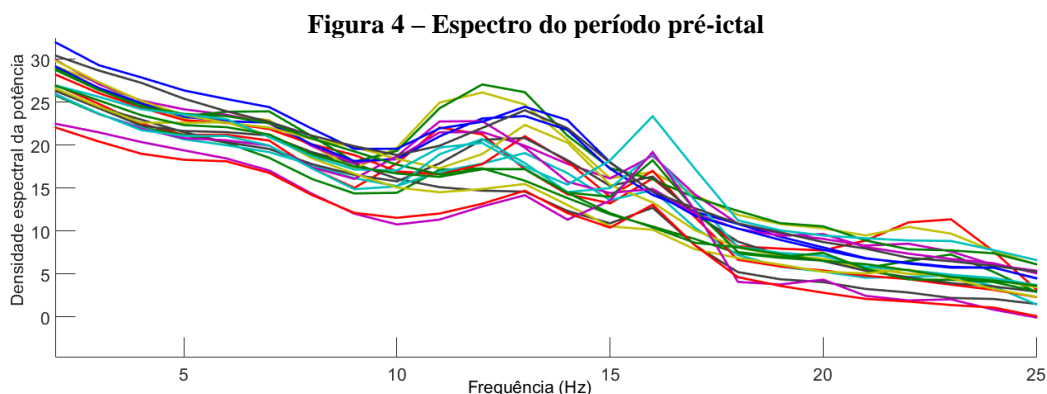
Fonte: Autoria própria (2021).

Enquanto no período pré-ictal os canais tendem a apresentar certa semelhança e até mesmo padronização, no período ictal é possível destacar alguns canais em decorrência aumento da sua amplitude e frequência em relação aos demais. Estes são os canais 1 e 5 (localizados na região frontal polar esquerda do escalpo) e os canais 9, 13, 14 e 15 (concentrados nas regiões frontal e temporal direita). Deste modo, pode-se dizer que há um forte indicativo de prevalência das atividades epilépticas na região frontal direita do escalpo. Por fim, a Figura 3 mostra o período posterior ao de maior amplitude do sinal.



**Fonte: Autoria própria (2021).**

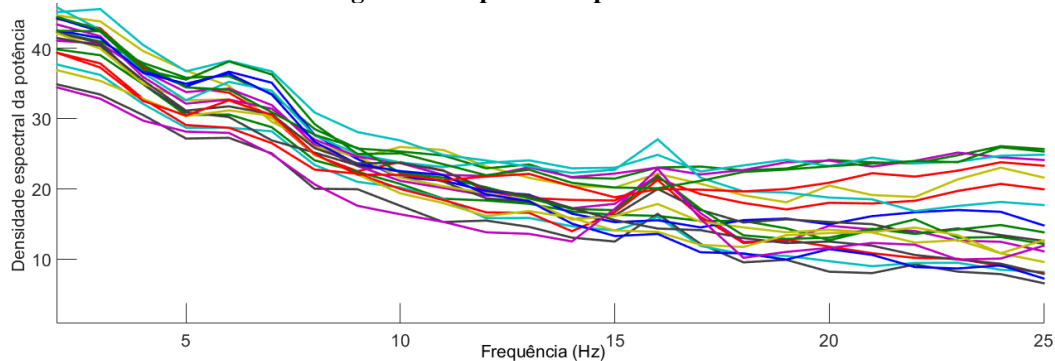
O período pós-ictal, no entanto, não fornece tantas informações quanto os outros dois uma vez que neste tem-se a normalização gradativa do ritmo cerebral e maior homogeneidade das curvas mesmo com resíduos dos sinais da etapa anterior como mostram os canais 14 e 15, localizados, resumidamente, na área temporal direita do escalpo, nos quais é possível observar uma região de aumento abrupto tanto da amplitude quanto da frequência dos sinais perto da marca de 3062 segundos de gravação o que reafirma que tal ritmo cerebral não é o ritmo padrão do paciente. Na Figura 4, observa-se o diagrama de espectro da potência referente ao período pré-ictal plotado após a filtragem dos sinais.



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Na Figura 4, é possível observar grande elevação na curva de potência entre 12 e 13 Hz (que correspondem a ondas alfa) com grande participação dos canais 5, 9, 13 e 17 que indicam que, neste caso, o ritmo alfa tem sua origem na região frontal direita da cabeça. Posteriormente a isso, percebe-se um pico em 16 Hz e em 23 Hz (ambos referentes ao ritmo beta) com protagonismo dos canais 1, 5, 6 e 20 indicando que a origem da onda está entre as regiões frontal polar, temporal e central esquerda. Na Figura 5 é apresentado o diagrama do período ictal.

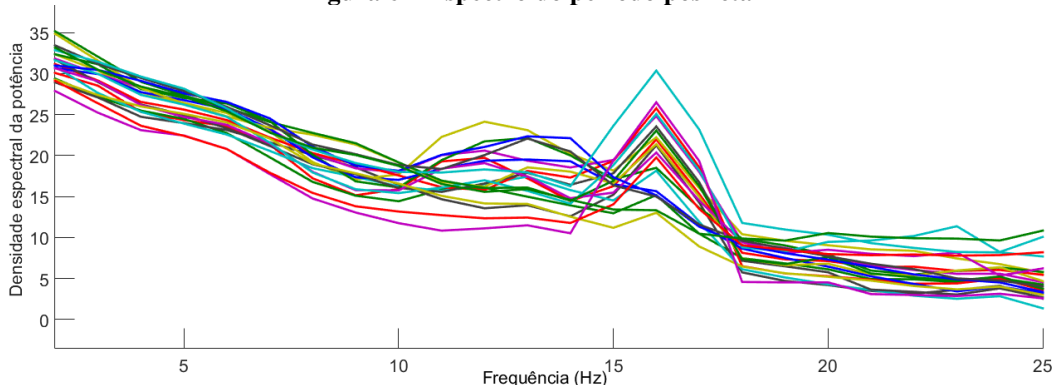
**Figura 5 – Espectro do período ictal**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

No que diz respeito ao período ictal pode-se observar maiores níveis no espectro da potência bem como melhor distribuição das ondas, de forma que o gráfico possui um único pico em 16 Hz (ritmo beta) sob grande influência dos canais 13, 14, 20, 21 indicando sua origem na região frontal polar em geral com maior ênfase no hemisfério direito como já indicava a Fig.2. A seguir, na Fig.6, é possível visualizar o diagrama espectral do período pós-ictal.

**Figura 6 – Espectro do período pós-ictal**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Por fim, o período pós-ictal é o que possui o pico de potência mais nítido, com os canais 8, 14, 20 e 21. No entanto, neste caso, observa-se maior distribuição da onda beta haja vista que estes canais representam não apenas as regiões temporais da cabeça, mas também a região occipital esquerda do escalpo.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para trabalhar com sinais cerebrais no domínio do tempo, é necessário tomar tanto a amplitude da curva quanto a frequência como fatores principais de análise. Neste sentido, é importante falar dos gráficos de atividade dos canais ilustrados nas Figuras 1, 2 e 3. Pode-se afirmar, a partir destas, a grande relação entre oscilação da amplitude dos sinais cerebrais e a evolução de um evento epiléptico.

Quanto aos diagramas espectrais apresentados nas Figuras 4, 5 e 6, cada parte das curvas representa o espectro de um dos 23 canais utilizados tornando possível analisar não apenas os picos de frequência e, conseqüentemente, o tipo de onda ou componente de frequência relacionado, mas também a região de origem deste componente no cérebro. Neste sentido, é importante chamar atenção para os níveis de densidade espectral



de potência alcançado nesses três diagramas que estão em total concordância com a variação de amplitude dos sinais temporais apresentada nas Figuras 1, 2 e 4.

Desta forma, tem-se que evolução das fases de um evento epilético afeta não apenas a distribuição da densidade espectral de potência a partir da alteração das principais características dos sinais (frequência e amplitude), mas também a distribuição dos componentes de frequência do sinal (ritmos ou ondas) de EEG no cérebro de forma que é possível encontrar um ritmo de onda em uma ou mais áreas cerebrais no mesmo evento analisado.

Para finalizar, é possível afirmar que sinais de EEG são tão diversos que apenas o estudo gráfico das atividades cerebrais e da densidade do espectro de potência do sinal não são suficientes para promover a compreensão efetiva das manifestações da epilepsia no cérebro humano. Apesar desta questão, essas ferramentas possibilitam não apenas a análise da evolução de um evento epilético nas regiões do escalpo, mas também a destacam o grande potencial preditivo das convulsões a partir do estudo do período pré-ictal.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária pela concessão da bolsa de iniciação científica, à universidade pela oportunidade de participar do programa de PIBIC e ao meu orientador Wagner Endo pelo suporte.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, J. N. et al. American Clinical Neurophysiology Society Guideline 3: A Proposal for Standard Montages to Be Used in Clinical EEG. **Journal of Clinical Neurophysiology**, Washington, v. 33, n. 4, p. 312-316, Ago 2016.
- GOLDBERGER, A. et al. CHB-MIT Scalp EEG Database. **PhysioNet**, 2010. Disponível em: <<https://physionet.org/content/chbmit/1.0.0/>>. Acesso em: 08 Set 2021.
- HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Tradução de Alcides Marinho Junior. 12<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002.
- MICHELI-TZANAKOU, E.; NIEVIES, A. Nervous System. In: BRONZINO, J. D. **Biomedical Engineering Fundamentals**. 3<sup>a</sup>. ed. [S.l.]: CRC Press, 2006. Cap. 3. ISBN ISBN 0-8493-2121-2.
- SANEI, S.; CHAMBERS, J. A. **EEG Signal Processing**. [S.l.]: John Wiley & Sons Ltd, 2007. ISBN ISBN-13 978-0-470-02581-9.
- SANTOS, P. H. B. N. D. **Estudo De Técnicas De Processamento De Sinais De Eletroencefalograma (Eeg) Com Enfoque Em Sinais Convulsivos**. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2014.
- SHOEB, A. H. Application of machine learning to epileptic seizure onset detection and treatment. **MIT Libraries**, 1981.
- URIGÜEN, J. A.; ZAPIRAIN, B. G. EEG artifact removal – State-of-the-art and guidelines. **Journal of Neural Engineering**, Abril 2015.