

## ESTUDO DE CASO: CARACTERIZAÇÃO DAS BANDAS GAMA E SUPERGAMA PARA EEG NORMAL EM AMBIENTES DIVERSOS

C.D. Ramos\*, A.J. Sampaio\*\*, A. R. F. Jorge\*\*, A.C.P.R. Costa\*\*, P.C. Silva\*\*, C. C. Oliveira\*, A. A. Rodrigues\*\*\*, J. B. Destro-Filho\*\*\*\* e G. A. Carrijo\*\*\*\*\*

\* Pós-Graduação Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

\*\* Graduação Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

\*\*\* Professor Adjunto Estatística, Faculdade de Matemática Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

\*\*\*\* Professor Adjunto Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

\*\*\*\*\* Professor Adjunto Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

e-mail: camiladavi.r@gmail.com

**Resumo:** A eletroencefalografia de alta frequência ainda é pouco utilizada em diagnósticos clínicos no contexto brasileiro. É sabido porém que alguns padrões EEG em alta frequência estão associados ao comportamento epiléptico do traçado. Dessa forma, objetivando contribuir com pesquisas sobre essa temática, tal estudo tem como metas realizar várias medidas de EEG em uma mesma pessoa, porém em ambientes distintos, utilizando o mesmo amplificador de sinais e eletrodos e a partir de informações sobre a potência de faixa neurológica avaliar o comportamento dos ritmos Gama e Supergama. Notou-se como principal resultado que tais faixas podem ser mensuradas por meio do EEG quantitativo e ainda que não há diferença significativa entre os locais registrados para esses ritmos, o que indica a não contaminação dos mesmos por ruídos.

**Palavras-chave:** Eletroencefalografia, Alta Frequência, Potencia Espectral.

**Abstract:** *High frequency electroencephalography is still little used in clinical diagnoses in the Brazilian context. It is known, however, that some high frequency EEG patterns are associated with the epileptic behavior of the tracing. Thus, in order to contribute with research on this subject, such study has as goals to carry out several measures of EEG in the same person, but in different environments, using the same amplifier of signals and electrodes and from information on the power of neurological range Evaluate the behavior of the Gamma and Supergama rhythms. It was observed as a main result that such bands can be measured by the quantitative EEG and although there is no significant difference between the recorded places for these rhythms, which indicates the non-contamination of the same by noises.*

**Keywords:** Electroencephalography, High Frequency, Spectral Power.

### Introdução

As frequências altas Gama e Supergama ainda são negligenciadas, sendo consideradas ruídos, embora atualmente os sistemas de aquisição possuam taxas de amostragem elevadas permitindo registrar EEGs com frequência de amostragem de 500 Hz ou mais, o que permite o estudo eficaz de oscilações de alta frequência ou transições rápidas entre os diferentes eletrodos [1,2]. De fato, a atividade neural é resultado da ativação coordenada de grupos de neurônios, logo, os sinais do EEG são geralmente filtrados de modo que se limitam a frequências baixas. Porém, em altas frequências, os sinais mudam conforme a tarefa mental e, portanto, não é impossível observá-los nas gravações do EEG [2].

Pesquisas in vitro indicam que o tempo preciso para o potencial de ação do córtex cerebral está associado com altas frequências [3], estas oscilações provavelmente controlam o fluxo de comunicação entre as subpopulações de células [4, 5, 6, 7, 8]. Muitos estudos mostraram que há grande correlação entre a atividade gama e os diferentes processos sensoriais e cognitivos, notavelmente como visão, audição, somático, percepção olfativa e estado de atenção [1]. O ritmo Supergama (variavelmente definido entre 80-120 Hz), também chamado de ritmo épsilon, foi encontrado em humanos e animais em associação com a conexão de potenciais de ação [1,9].

Enquanto as oscilações de baixa frequência são associadas com inibição funcional, as oscilações rápidas na banda gama são estimadas em refletir ativação cortical. Dependendo da região cortical exata, as oscilações gama estão proximamente relacionadas com processamento de informação, manutenção da memória, e do estado de consciência [10]. Essas oscilações rápidas são definidas dentro do campo HFOs (*High-Frequency Oscillations*) e são numerosos os seus tipos. Logo, HFOs aparecem em um cérebro normal para facilitar a sincronização e a

memória, enquanto uma classe particular de HFOs no cérebro de animais e pessoas com epilepsia aparecem como reflexo de mecanismos fundamentais de fenômenos epiléticos e, portanto, podem servir como biomarcadores de condições anormais como a epilepsia. Muitas manifestações psicológicas e fisiológicas de HFOs que correspondem a diferentes tipos de geradores neurais, como por exemplo, as [11] gravações EEG intracraniano (*iEEG*) de pacientes com epilepsia demonstraram que as respostas de alta frequência em banda larga são produzidas pelo córtex auditivo [12]. Assim, para identificar e caracterizar os diferentes tipos de HFOs é de primordial importância o entendimento dos mecanismos das funções de cognição normal, e de processos patológicos como a epilepsia. Logo, para distinguir oscilações normais de HFOs "doentes" é importante usar os biomarcadores de epilepsia, particularmente na localização e na determinação das regiões epiléticas para, por exemplo, um possível tratamento cirúrgico [11].

## Materiais e métodos

Um único voluntário fez cinco registros, no mesmo dia e em locais diferentes, e, após serem analisados pelo neurologista, foram considerados como saudável e normal. Este voluntário não possui histórico de patologia neurológica prévia e não faz uso de nenhum medicamento neurológico. Ademais, é do gênero masculino e possui 26 anos de idade. **Coleta dos dados** – Durante o registro foram usados 23 eletrodos dos quais 20 são correspondentes à atividade cortical e a localização dos eletrodos foi determinada pelo sistema 10-20. Em todas as coletas o voluntário estava de olhos fechados e todas tiveram duração de três minutos. As coletas foram realizadas no mesmo dia e todos os locais de coleta se encontram no subsolo do HCU. Três destes registros foram realizados no Setor de Neurologia, onde há duas salas, o primeiro registro foi na Sala 1, o segundo na Sala 2. O terceiro registro foi realizado no corredor deste mesmo Setor. O quarto registro foi realizado na Sala de mamografia e o quinto no saguão do elevador do subsolo. Para a coleta dos cinco registros de EEG utilizou-se o amplificador de sinais biológicos BrainNet BNT-EEG (equipamento disponível no SEN HC-UFU) com filtro passa-altas de 1 Hz, filtro passa-baixas de 100 Hz e frequência de amostragem 240 Hz. **Pré-processamento** – Uma vez obtidos os dados da coleta, no pré-processamento, há a seleção das épocas que serão estudadas. Selecionou-se dez épocas com intervalo de dois segundos cada, perfazendo um total de 481 amostras em cada época. A seleção foi feita pelo neurologista, que seguiu a ordem cronológica dos acontecimentos, e os registros foram analisados de forma parcial ao longo de toda a gravação e levou-se em consideração o tempo total de gravação dos registros. **Definição de ferramentas** – Para cada registro, foi calculado o quantificador, Porcentagem de Contribuição de Potência (PCP) estabelecido no domínio da frequência. Para o cálculo do PCP, cada época foi sujeita ao cálculo da Densidade

Espectral de Potência Normalizada (DEPN) (Equação 1) e em seguida, o sinal obtido foi filtrado na faixa entre 1 Hz e 100 Hz. Posteriormente, para cada tipo de onda foi calculado o valor da potência total do sinal normalizado (Equação 2). Desta forma, para cada época, obtivemos seis valores de potências relativos aos ritmos Delta, Teta, Alfa, Beta, Gama e Supergama, resultando em 60 valores de potência total. O cálculo do PCP foi realizado para cada eletrodo individualmente, sendo assim, o PCP foi calculado para um total de 20 eletrodos usados nos registros de EEG. **Análise dos dados** – Para efeitos de caracterização, comparação e relacionamento dos dados, foi utilizado a estatística descritiva. Depois de efetuados esses cálculos foi preciso realizar o teste de normalidade para verificar se os seguem características de distribuição normal e ainda definir qual teste estatístico a ser utilizado na análise da amostra. O teste de normalidade empregado foi o teste de Kolmogorov-Smirnov.

$$|X_K| = \int_{n=1}^N R_x e^{-j\omega t} \quad (1)$$

$$PCP_{ritmo} = \frac{\int_{n=1}^m |X_K|^2}{\sum_{n=1}^m PCP_{total}} \quad (2)$$

## Resultados

A partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, aplicado aos valores de PCP obtidos, observou-se que esses têm distribuição não gaussiana e portanto os valores de mediana foram utilizados na representação dos dados. Tais valores foram utilizados para construção das topografias dos ritmos Gama e Supergama. Como ilustração, apenas as topografias obtidas para as salas 01 e 02 foram demonstradas, na Figura 1, imagens de (A) a (D).

Com a intenção de verificar se há diferença entre valores obtidos para os ritmos neurológicos, em cada ambiente, os valores de mediana de PCP foram comparados a partir do teste não-paramétrico de Friedman para análise dos mesmos. Na Figura 1 também são mostradas duas imagens, (E) e (F), referentes ao resultado da comparação, sendo os eletrodos pintados de vermelho considerados iguais e de verde, diferentes. Foram feitas também as comparações entre Sala 01 com Mamografia, Sala 01 com Corredor e Mamografia com Corredor, para verificar o comportamento do sinal nos ritmos Gama e Supergama.

Já para avaliar o comportamento de variação do sinal EEG para os ritmos Gama e Supergama, a Tabela 2 foi gerada. Nela estão contidas as informações do valor calculado a partir de informações referentes ao Desvio Padrão de mediana para o total de eletrodos e então todos os ambientes. Esses dados foram calculados para todos os ritmos cerebrais, além do Gama e Supergama. Os cálculos de desvio padrão foram realizados para analisar os ritmos Delta, Teta, Alfa e Beta e verificar o quanto há de variação para cada um deles e perceber como é o comportamento dos ritmos Gama e Supergama em comparação aos demais ritmos.

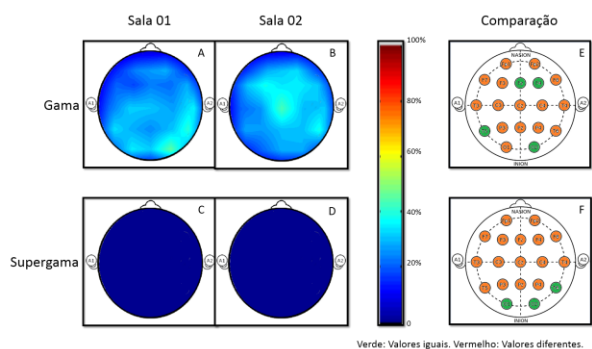


Figura 1: Exemplo de topografias dos ritmos Gama e Supergama, bem como resultado do teste de comparação.

Tabela 1: Variação de valores de DP para os ritmos.

Ritmos	Var. de DP
Delta	1,8241
Teta	1,1300
Alfa	1,2260
Beta	1,6151
Gama	0,1372
Supergama	0,0271

## Discussão

As topografias dos ritmos, mostradas na Figura 1, informam que, tanto para o ritmo Gama quanto Supergama, os valores de PCP representativos são baixos, sendo os do segundo ritmo menores. Isso pode ser constatado pela observação da presença apenas da cor azul nas topografias.

Como é possível observar na Figura 1 (E), apenas quatro eletrodos do total de 20 apresentaram o p valor significativo para o ritmo Gama, ou seja, apenas esses quatro eletrodos possuem diferença estatística entre a Sala 01 e a Sala 02. As demais comparações para o ritmo Gama resultaram em: Sala 01 x Mamografia não houve diferença estatística em nenhum eletrodo; Para Sala 01 x Corredor houve diferença estatística para os eletrodos T3 e T6; e para Mamografia x Corredor houve diferença estatística apenas no eletrodo C4.

Com relação ao ritmo Supergama, como mostra a Figura 1 (F), apenas três eletrodos foram significativamente diferentes. No geral, para este ritmo, tem-se: Sala 01 x Mamografia, houve diferença estatística apenas nos eletrodos T4 e T6. Para Sala 01 x Corredor, houve diferença apenas no eletrodo O1 e, para Mamografia x Corredor, não teve nenhuma diferença.

Entretanto para os ritmos Alfa e Delta a comparação Sala 01 x Sala 02 possui diferença estatística apenas para o eletrodo F8, há também diferença apenas no eletrodo Fz para o ritmo Beta e o ritmo Teta não apresentou diferença estatística em nenhum eletrodo.

Já em relação a Tabela 1, em que são demonstrados os valores de variação de DP, nota-se que os valores obtidos para os ritmos Gama e Supergama são pequenos comparados aos demais ritmos. Por exemplo, nota-se que

para o cálculo de variação do DP, a variação calculada para o ritmo Gama é apenas cerca de 2% comparado às variações dos ritmos Delta, Teta, Alfa e Beta. Logo, nota-se que a variação do desvio padrão para os ritmos Gama e Supergama com relação aos demais ritmos entre os diferentes ambientes de coleta são bastante similares durante todas as gravações do eletroencefalograma.

Com a finalidade de caracterizar o nível de interferência de cada ambiente na captação do sinal eletroencefalográfico, nota-se que não houve variações consideráveis entre os ambientes, expondo, portanto, que o nível de interferência eletromagnético do local de coleta EEG é baixo. Como por exemplo a comparação Sala 01 x Sala 02, em que no total apenas 9 eletrodos apresentaram diferenças estatísticas, pode-se arguir se houve contato ineficaz com o couro cabeludo ou má colocação do eletrodo. De fato, a mudança de ambiente, ou seja, fatores externos, interfere fisiologicamente no voluntário. Notoriamente em [13], os ritmos Gama possuem correlação com diferentes processos sensoriais e cognitivos, sejam estes a percepção visual, auditiva, somática e olfativa, bem como a atenção, por esse motivo pode-se explicar a baixa concentração de PCP, como mostraram as topografias, tanto na Sala 01, quanto Sala 02.

## Conclusão

Os resultados gerados nesse estudo de caso permitem inferir que os ritmos Gama e Supergama, embora sejam característicos de faixas de frequências maiores e portanto mais susceptíveis à ruídos, podem ser mensurados por meio do EEG quantitativo. Nota-se ainda que não há diferença significativa entre os locais registrados para tais ritmos o que indica a não contaminação por ruído dos mesmos. Sugere-se que estudos com maior população sejam elaborados, especialmente para os ritmos Gama e Supergama como opção para inclusão da análise desses ritmos no dia a dia da análise clínica de EEG.

## Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal de Uberlândia e ao Hospital de Clínicas da Universidade (HCU-UFU) por cederem espaço e aos profissionais envolvidos para que o estudo pudesse ser realizado. Agradecimentos também a Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT) e aos órgãos CNPQ, CAPES e FAPEMIG.

## Referências

- [1] Walter Freeman. Imaging brain function with EEG: advanced temporal and spatial analysis of electroencephalographic signals, p. 31-33, 2013.
- [2] Zhang, L. et al. Improving mental task classification by adding high frequency band information. 2008.

- [3] Nowak LG, et al., Influence of low and high frequency inputs on spike timing in visual cortical neurons. *Cereb Cortex*, v. 7,p. 487–501, 1997.
- [4] James J Chrobak, György Buzsáki. Operational dynamics in the hippocampal entorhinal axis. *Operational dynamics in the hippocampal entorhinal axis. Neurosci Biobehav Rev*, v. 22, p.303–310, 1998.
- [5] Salinas E, Sejnowski TJ. Correlated neuronal activity and the flow of neural information. *Nat Rev Neurosci*, v. 2, p.539 –550, 2001.
- [6] Fries P., A mechanism for cognitive dynamics: neuronal communication through neuronal coherence. *Trends Cogn Sci*, v. 9, p.474–480, 2005.
- [7] Haider B., et al., Rapid neocortical dynamics: cellular and network mechanisms, *Neuron*, v. 62, p.171–189, 2009.
- [8] Le Van Quyen, M. et al. Large-Scale microelectrode recordings of high-frequency gamma oscillations in human cortex during sleep. 2010.
- [9] Ray S., Maunsell JHR. Different origins of gamma rhythm and high-gamma activity in macaque visual cortex, 2011.
- [10] Herrmann, C., et al., EEG oscillations: from correlation to causality, *International Journal of Psychophysiology*, v. 103, p. 12–21, 2016.
- [11] Engel JR., J., et al., High-frequency oscillations - where we are and where we need to go, *Prog Neurobiol.* , v. 98, p. 316–318, 2012.
- [12] Muthukumaraswamy, S. ,High frequency brain activity and muscle artifacts in MEG/EEG : a review and recommendations, *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 7, nº 138, 2013.
- [13] Freeman, J. et al. *Imaging brain function with EEG*. Springer, p. 33,2013.