



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Elétrica

Graduação em Engenharia Biomédica

ARIELLY CRISTINI OLIVEIRA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO SINAL DE
ELETROENCEFALOGRAMA SOB ESTIMULAÇÃO MUSICAL**

Uberlândia

Julho/2019.

ARIELLY CRISTINI OLIVEIRA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO SINAL DE
ELETROENCEFALOGRAMA SOB ESTIMULAÇÃO MUSICAL**

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Destro Filho

Assinatura do Orientador

Uberlândia

Julho/2019.

ARIELLY CRISTINI OLIVEIRA

Análise estatística da variação temporal do sinal de eletroencefalograma sob estimulação musical

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia

Banca de Avaliação:

Prof. Dr. João Batista Destro Filho

Prof. Me. Gaspar Eugênio Oliveira Ramos

Prof. Dr. Pedro Frosi Rosa

Uberlândia (MG), 01 de julho de 2019

À minha família, por todo o estímulo,
compreensão e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que guiou e iluminou todas as escolhas tomadas durante o período da graduação.

Aos meus pais Rogério e Simone, por todo o apoio, compreensão e presença em todas as etapas da minha vida, por serem meu exemplo de vida bem como meu conforto nos momentos difíceis.

Ao meu irmão Bruno pelo companheirismo e auxílio nessa jornada, às minhas avós Maria e Tânia pelo carinho.

Ao meu namorado Johnny pelos conselhos, paciência, dedicação e apoio incondicional.

Aos meus amigos que tornaram a caminhada da graduação mais suportável, em especial à Tyanne e Larissa que me acompanharam durante a maioria dos períodos. Aos colegas de iniciação científica.

Ao Gaspar por toda a ajuda, paciência, suporte e dicas essenciais para a execução deste trabalho e ao meu orientador João Batista Destro Filho pela orientação e incentivos.

Ao setor de Neurologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (SEN/HCU-UFU), pela disponibilização do espaço e equipamento para a coleta de dados.

Por fim, a todos que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O exame de eletroencefalografia (EEG) é muito utilizado para analisar os efeitos que os estímulos musicais provocam no cérebro e para o processamento, muitas vezes é realizada a escolha de épocas ou trechos do sinal. No entanto a música provoca mudanças emocionais durante toda a extensão do estímulo e sendo assim, não é possível afirmar que a época selecionada representa momentos de diferença significativa, ou se estes momentos foram excluídos do sinal restante. Deste modo, se faz necessário uma avaliação para determinar o melhor tipo de seleção para o processamento de sinal de EEG sob estimulação musical. Para que esta avaliação fosse possível, foi desenvolvido um software capaz de realizar comparações estatísticas entre diferentes situações em cada voluntário avaliado. As situações analisadas foram as comparações entre silêncio – um minuto com o voluntário de olhos fechados -, música favorita e música desgostosa – ambas escolhidas pelo voluntário e tocadas durante um minuto cada. Para melhor verificação, gerou-se uma tabela para cada voluntário contendo a porcentagem de p-valores estatisticamente significativos ($< 0,05$) e, mapa de calor do escalpo para melhor visualização das regiões com maior significância, comparação dessas regiões com tempos de épocas diferentes, bem como uma comparação entre hemisférios de épocas significativas para cada região cerebral. A partir dos resultados obtidos foi possível constatar que a significância do sinal varia de indivíduo para indivíduo e que o tempo escolhido também interfere nas regiões e hemisférios do escalpo, demonstrando que a escolha de épocas não é a melhor forma de analisar esses tipos de sinais pois ao eliminar algumas épocas, pode-se remover grande parte de informações significantes. Também foi possível observar que na análise de EEG sob estimulação musical os pares de eletrodos frontais, temporais e em alguns casos parietais, se sobressaem, apresentando maior resposta estatisticamente significativa.

Palavras-chaves: Eletroencefalografia, Estímulo Musical, Comparação Estatística, Escolha de Épocas.

ABSTRACT

The electroencephalography (EEG) exam is widely used to analyze the effects that musical stimuli cause in the brain and, for the signal processing, the choice of time extension or stretches of signal is often made. However, music causes emotional changes throughout the duration of the stimuli and thus, it is not possible to say that the selected time represents moments of significant difference, or if these moments were excluded from the remaining signal. Thus, an evaluation is necessary to determine the best type of selection for signal processing of EEG under musical stimulation. In order for this evaluation to be possible, a software capable of performing statistical comparisons between different situations in each volunteer evaluated was developed. The situations analyzed were the comparisons between silence – one minute with the volunteer with their eyes closed –, favorite and disgusted music – both chosen by the volunteer and played for one minute each. For a better verification, a table was generated for each volunteer containing the percentage of statistically significant p-values (< 0.05) and, heat map of the scalp for better visualization of the regions with greater significance, comparison of these regions with different epochs times, as well as a comparison between hemispheres of significant epochs for each brain region. From the obtained results it was possible to verify that the signal significance varies from individual to individual and the chosen times also interfere in the regions and hemispheres of the scalp, demonstrating that the choice of epochs is not the best way to analyze these types of signals since by eliminating a few epochs, significant information can also be removed. It was also possible to observe that in EEG analysis under musical stimulation, the pairs of frontals, temporal and, in some cases, parietal electrodes, stand out, presenting a higher statistically significant response.

Keywords: *Electroencephalography, Musical Stimuli, Statistical Comparison, Epochs Choice.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa
EEG – Eletroencefalograma
EEGq – Eletroencefalograma quantitativo
HCU-UFU – Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia
Hz – Hertz
MD – Música Desgostosa
MF – Música Favorita
MFMD – Música Favorita e Música Desgostosa
S – Silêncio
SI 10-20 – Sistema Internacional 10-20
SMD – Silêncio e Música Desgostosa
SMF – Silêncio e Música Favorita
UFU – Universidade Federal de Uberlândia

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2-1 - Estrutura de um neurônio	4
Figura 2-2 - Primeiro EEG humano registrado por Hans Berger em 1929	5
Figura 2-3 - Projeção de plano superior do escalpo indicando as posições padrão dos eletrodos no sistema 10-20	6
Figura 2-4 - Representação das estruturas envolvidas no processamento do som no cérebro ...	7
Figura 3-1 - Fluxograma do processamento de dados	16
Figura 3-2 - Seleção do arquivo “.mat” do voluntário	17
Figura 3-3 - Indicação da quantidade de eletrodos a se analisar	17
Figura 3-4 - Escolha de eletrodos para análise	17
Figura 3-5 - Indicação do tempo de cada época analisada	18
Figura 3-6 - Trecho de Matriz Comparação gerada pelo software	18
Figura 3-7 - Fragmento da matriz de resultados estatísticos	19
Figura 3-8 - Escolha de plotar os histogramas	20
Figura 3-9 - Exemplo da visualização de p-valores através de histograma	20
Figura 4-1 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Favorita - 1º padrão	23
Figura 4-2 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Desgostosa - 1º padrão	24
Figura 4-3 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Música Favorita e Música Desgostosa - 1º padrão	24
Figura 4-4 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Favorita - 2º padrão	25
Figura 4-5 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Desgostosa - 2º padrão	26
Figura 4-6 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Música Favorita e Música Desgostosa - 2º padrão	26
Figura 4-7 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Favorita - 1º padrão	27

Figura 4-8 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Desgostosa - 1º padrão 27

Figura 4-9 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Música Favorita e Música Desgostosa - 1º padrão 28

Figura 4-10 - Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Favorita - 2º padrão 28

Figura 4-11 - Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Desgostosa - 2º padrão 29

Figura 4-12 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Música Favorita e Música Desgostosa - 2º padrão 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tabela excel contendo as porcentagens de p-valores	19
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
1.1	Objetivos	2
1.2	Objetivos específicos	2
2	REVISÃO LITERÁRIA	4
2.1	Eletroencefalografia	4
2.2	Estimulação musical – Estado da Arte	6
3	METODOLOGIA	12
3.1	Coleta e seleção de Dados	12
3.2	Processamento de Dados	13
3.3	Proposição Final do Software	15
3.4	Análise Estatística	21
4	RESULTADOS	23
5	DISCUSSÃO	30
6	CONCLUSÕES	33
6.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	34
7	REFERÊNCIAS	35
8	ANEXOS	39
8.1	ANEXO A	39
8.2	ANEXO B	43
8.3	ANEXO C	45

1 INTRODUÇÃO

A eletroencefalografia (EEG) é um exame não invasivo, podendo caso necessário ser registrado de forma invasiva, de monitoramento eletrofisiológico, utilizado para registrar a atividade elétrica cerebral para avaliação neurológica em ambientes clínicos e hospitalares. O método consiste na disposição de eletrodos no escalpo e na captação de sinais elétricos provenientes de vários processos cerebrais e, as ondas resultantes gerada a partir deste exame auxiliam no diagnóstico de doenças ou distúrbios neurológicos (BEAR, 2017).

Este exame também é bastante utilizado por pesquisadores que visam entender como as ondas cerebrais, potência espectral, amplitude e outros quantificadores são afetados quando diferentes estímulos como vídeos, músicas e imagens são apresentados à voluntários. Esses estudos são importantes para a mensuração dos efeitos destes estímulos no cérebro e até mesmo nas emoções despertadas aos participantes destes estudos (ALTENMÜLLER, 2002; BALASUBRAMANIAN, 2018; FLORES-GUTIERREZ, 2007; PATEL, 2000).

O sinal de EEG é de alta sensibilidade à ruídos e artefatos e o processamento do mesmo para extração das características de interesse pode ser feito de diversos métodos. Um dos mais utilizados é a seleção de épocas não artefatuosas onde, através da análise de um médico neurologista, são selecionados trechos do sinal menos contaminado por ruídos e, tais trechos são utilizados para o futuro processamento (ANGHINAH, 1998; COSTA, 2018). Contudo, isso gera um novo dilema, pois como a música provoca mudanças emocionais durante toda a extensão do estímulo, não é possível afirmar que a época selecionada representa momentos de diferença significativa, ou se estes momentos foram excluídos do sinal. Deste modo, se faz necessário uma avaliação para determinar o melhor tipo de seleção para o processamento de sinal de eletroencefalograma sob estimulação musical.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo elaborar um método para avaliação temporal do sinal de EEG em situações de estímulos musicais, através de análise estatística para calcular o nível de significância de diferentes eletrodos e momentos do experimento.

1.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo supracitado, faz-se necessário os seguintes objetivos específicos.

- Desenvolver um software para a determinação de significância levando em conta situações e pares de eletrodos.
- Verificar o melhor método para processamento de sinal de eletroencefalograma com estimulação musical.

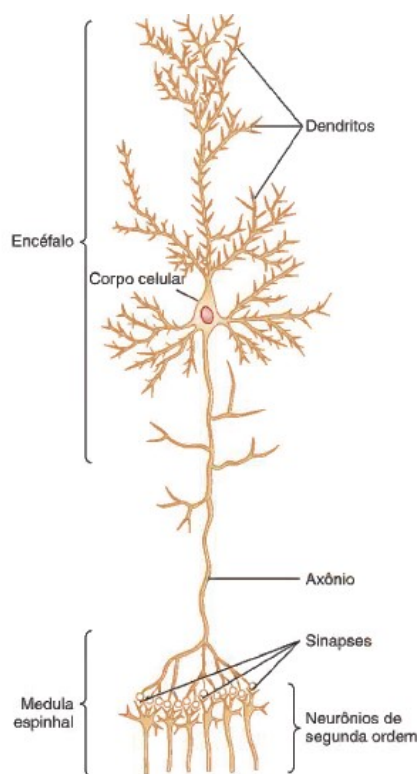
- Analisar quais pares eletrodos apresentam maior diferença significativa a depender da situação a ser analisada.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Eletroencefalografia

Para melhor compreensão do sinal captado pelo equipamento de EEG é preciso entender a geração do sinal elétrico captado. Tudo se inicia pela comunicação das células cerebrais chamadas neurônios, esta comunicação se dá através de impulsos nervosos ou potenciais de ação que são transmitidos através dos axônios de neurônios (Figura 2.1). Essa comunicação entre neurônios é chamada de sinapse e pode ser realizada de duas formas: química ou elétrica. O registro do eletroencefalograma capta potenciais advindos do córtex cerebral variando ao longo do tempo (GUYTON, 2006).

Figura 2-1 - Estrutura de um neurônio

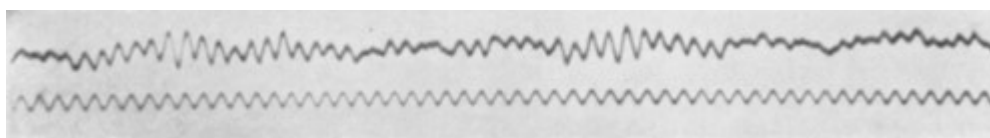


Fonte: Guyton, Hall. Tratado de Fisiologia Médica, 2006. p. 572.

O estudo do EEG advém desde meados do século XIX, porém foi Richard Caton (1842-1926) o primeiro a observar, em 1875 os primeiros fenômenos elétricos através de hemisférios cerebrais expostos de coelhos e macacos utilizando um galvanômetro e observando um feixe de luz ser lançado ao espelho. A partir de tal observação dedicou mais a fundo ao estudo deste fenômeno e, apesar de na época ter observado grande parte de artefatos, foi de grande importância para o descobrimento dos potenciais que constituem o EEG. (BRAZIER, 1961; COLLURA, 1993).

O registro da atividade elétrica cerebral no escalpo humano foi possível apenas em 1924 através do estudo do neuropsiquiatra Hans Berger (1873 – 1941). O mesmo publicou em 1929 um trabalho que evidenciou características de oscilações cerebrais de cerca de 10 ciclos por segundo, quando gravadas com a pessoa em estado relaxado e com os olhos fechados, o que foi nomeado por Berger de ondas Alfa representado na Figura 2.2 em comparação com a onda gerada por um sinal de 10 Hz na região inferior da imagem. Este também observou que as oscilações cerebrais possuíam frequência mais elevada quando a pessoa permanecia de olhos abertos e as nomeou de ondas Beta (SCHOEMER, 2011).

Figura 2-2 - Primeiro EEG humano registrado por Hans Berger em 1929



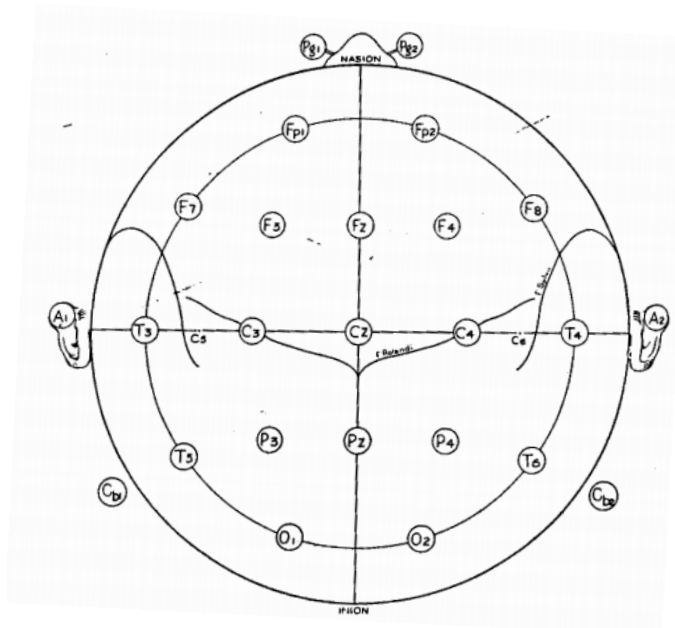
Fonte: Bear, Connors, Paradiso, 2017. p. 115.

Desta maneira, Berger foi também o responsável pelo início da classificação das diferentes ondas/ritmos cerebrais que atualmente são classificadas em seis principais que se encontram entre as frequências 0,5 e 120 Hz. Estes ritmos cerebrais subdividem-se em: Delta (δ), normalmente observada durante o sono profundo e vai de 0,5 a 3,5 Hz; Teta (θ) que possui frequências entre 3,5 a 7,5 Hz e é muito associada a distúrbios cerebrais como epilepsia ou encefalopatias; Alfa (α) que é uma onda característica de adultos normais em estado de vigília e suas frequências vão de 7,5 a 12,5 Hz; Beta (β) com frequências de 12,5 a 30 Hz que pode ser observado em certos estágios do sono; Gama (γ), muito relacionada a um estado de processamento de informação ativo do córtex, encontrada na faixa de frequência de 30 a 80 Hz e Gama Alta (γ) que é associada principalmente a patologias neurológicas, suas frequências são de 80 a 120 Hz. (FREEMAN, 2013; SCHOMER, 2011).

O posicionamento dos eletrodos no escalpo geralmente segue o padrão do sistema internacional 10-20 (SI 10-20). Este padrão consiste na medição de pontos onde serão posicionados os eletrodos respeitando distâncias de 10% e 20%. A Figura 2.3 demonstra o esquema de disposição dos eletrodos no escalpo humano.

O registro do EEG fornece medidas em grande escala, ou seja, a combinação de uma enorme quantidade de neurônios. Apesar disso, é muito utilizado para diagnósticos clínicos de função cerebral e, por se tratar de um método indolor e não invasivo, considerado como simples e econômico (BEAR, 2017).

Figura 2-3 - Projeção de plano superior do escalpo indicando as posições padrão dos eletrodos no sistema 10-20



Fonte: Jasper, 1958. p. 374.

Com o avanço dos estudos e das tecnologias disponíveis, uma nova vertente do EEG surgiu com o propósito de uma análise quantitativa da atividade elétrica cerebral, o eletroencefalograma quantitativo (EEGq) utiliza recursos da informática na avaliação e permite a quantificação de dados. Visto que o método de análise do EEG convencional é baseado na análise visual do traçado do exame, a difusão do EEGq traz complemento no estudo de várias condições clínicas (MURRI, 1998). As informações complementares geradas pelo EEGq podem ser amplamente exploradas inclusive para análise dos efeitos de sons e músicas no cérebro (FLORES-GUTIERREZ, 2007; ALTENMÜLLER, 2002). É preciso ressaltar que a análise quantitativa do EEG é uma área em expansão e as modelagens matemáticas existentes ainda precisam de ajustes para se adequarem corretamente à fisiologia humana.

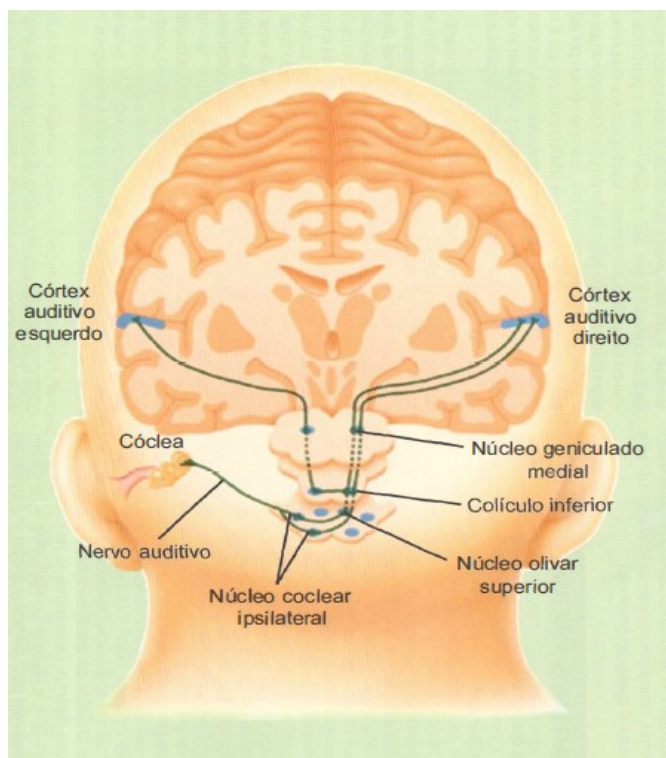
2.2 Estimulação musical – Estado da Arte

É de conhecimento que o homem reconhece que o estímulo sonoro seja musical ou não-musical é capaz de provocar reações e efeitos psicofisiológicos, porém até então ainda não é possível medir tais efeitos e reações completamente (TAYLOR, 1958; THAUT, 2014). Os seres humanos utilizam do sentido da audição para o reconhecimento de sons, o que auxilia a estabelecer a localização e a distância da fonte sonora. A banda de frequência captada pelos humanos se encontra entre a faixa de 20 a 20.000 Hz, limite que pode diminuir com a idade (ROSSING, 1991).

Existem quatro características principais apresentadas pelo som: altura, que define se os sons são graves ou agudos; o timbre, que permite identificar e diferenciar uma fonte sonora de outra; a duração, que retrata o tempo pelo qual se sustenta o som e a intensidade, que determina se os mesmos são fortes ou fracos (SAMMLER, 2007). Essas características estão presentes em todo tipo de sons e músicas e suas combinações são infinitas.

Após a música ser captada em forma de onda pela parte externa do ouvido, se transforma em impulsos elétricos que percorrem as vias auditivas, chegando ao que é considerado a estação central do encéfalo, o tálamo, responsável pela geração de sensações e emoções. Ali, processos cognitivos de memória são disparados, levando a emoções detectadas num plano não-consciente. Essas são levadas para o córtex, o qual, depois de decifrar a mensagem, devolve-a em impulsos elétricos, que são redirecionados para o tálamo, criando assim um circuito reverberante que com um tempo, torna-se mais intenso. O tálamo, o hipotálamo, o córtex auditivo, o cerebelo e os hemisférios cerebrais executam um papel ativo no processamento do fluir de notas e ritmos, com relevante significado emocional e mental (GUYTON; HALL, 2006). Sendo assim, é possível determinar e ainda medir a resposta das vibrações provocadas pelas músicas (MUSZKAT, 2000). A Figura 2.4 representa a localização das estruturas envolvidas no processamento do som no cérebro.

Figura 2-4 - Representação das estruturas envolvidas no processamento do som no cérebro



Como os estímulos musicais se resumem em um fluxo transitório de eventos auditivos, no entendimento musical, as emoções só conseguem ser atingidas em uma escala de longo tempo, na ordem de segundos a minutos. Avaliando a reação neurológica de um estímulo musical pode-se notar que as emoções resultadas de estímulos musicais favoritos fazem com que o fluxo sanguíneo aumente no córtex orbitofrontal cingulado subcaloso medial, e direito, bem como nas regiões frontopolar aumente (BLOOD, 2001). Por outro lado, sentimentos desagradáveis provocados por estímulos irregulares aumentam o fluxo sanguíneo no giro parahipocampal direito (BLOOD, 1996).

Durante um período mais longo de música ouvida, o EEG é capaz de fornecer informações sobre em quais áreas cerebrais há maior ativação, acompanhando as mudanças de momento a momento na atividade cerebral, bem como suprir a média temporal da atividade cerebral induzida pelo fluxo de tons quando uma época de vários segundos é analisada (FLORES-GUTIÉRREZ, 2007; PATEL, 2000). Sendo assim, através de uma análise estatística é possível gerar um mapeamento topográfico do escalpo contendo uma porcentagem de significância, o que possibilita melhor visualização das áreas com melhor resposta cerebral ao estímulo musical.

Entre essas informações fornecidas pelo sinal de EEG está a contribuição de potência de cada banda de frequência exemplificada na seção 1.1 deste trabalho, esta contribuição se associa ao estímulo aplicado, bem como ao tempo avaliado (MUSZKAT, 2000). Sendo assim, a própria literatura sobre o tema constata que o eletroencefalograma é uma boa ferramenta para analisar a ativação cerebral durante a exposição ao estímulo musical bem como as regiões mais afetadas e até mesmo certa lateralização hemisférica. Tais estudos convergem para um ponto em comum demonstrando que uma reação negativa, ou seja, quando o ouvinte relaciona o estímulo musical a sentimentos ou lembranças negativas (como exemplo, medo e tristeza) demonstra maior ativação no hemisfério direito frontal. Além disso, uma reação positiva, ou seja, quando o estímulo é relacionado à sentimentos positivos (como exemplo, alegria e felicidade), desencadeia maior ativação no hemisfério esquerdo frontal (ALTENMÜLLER, 2002; FLORES-GUTIÉRREZ, 2007).

Pesquisadores como AL-GALAL, 2017; BALASUBRAMANIAN, 2018; KUMAGAI, 2017; LIN, 2010; PAN, 2013; SCHMIDT & TRAINOR; SCHAEFER, 2010 e TSANG, 2001 vêm estudando a relação entre a música e os resultados de vários indicadores extraídos do sinal de EEG como excitação, valência, eletrodos e regiões mais adequados para avaliação de estímulo musical e até mesmo faixas de frequência, porém é importante se atentar na seleção

do sinal para essa análise, visto que a música é um estímulo contínuo e capaz de provocar diferentes sensações e emoções no decorrer de sua extensão temporal. Porém, a maior parte das pesquisas envolvendo estes elementos não especificam os trechos ou até mesmo tamanho da amostra utilizada, levando o leitor a ponderar se foi utilizado toda a extensão do sinal captado, trechos com estímulo ou até mesmo regiões mais significantes.

A pesquisa desenvolvida por SCHAEFER (2010), busca detectar a música escutada do sinal cerebral através do EEG utilizando informações apenas no domínio do tempo. Foram analisados o sinal de EEG de 10 voluntários, sendo 5 mulheres e todos destros. Ao todo foram criadas 145 sequências que serão utilizadas como o estímulo musical e a duração total do experimento foi de 1 hora e 45 minutos. A duração de época escolhida para cada estímulo foi de 3.26 segundos, duração do menor fragmento musical, e o primeiro fragmento de cada sequência foi ignorado para evitar efeitos de mudança de estado. Os resultados obtidos foram satisfatórios visto que encontraram que é possível detectar música percebida através do sinal com classificação correta de 70% com 3 segundos de dados.

O estudo de LIN (2010), que visa descobrir sistematicamente a associação entre a dinâmica do EEG e as emoções através de classificadores, avaliou um grupo de 26 participantes (16 homens e 10 mulheres) durante a escuta de música retiradas dos filmes ganhadores do Oscar. Foram aplicados 16 excertos musicais de 30 segundos cada e 15 segundos de silêncio (descanso) entre as músicas. Para o processamento e classificação foram utilizados todos os 30 segundos de estímulo e conclui-se que as regiões frontais e parietais promovem maior informação discriminativa associada com o processamento de emoções, o que é consistente com literatura prévia.

Já a pesquisa de KUMAGAI em 2017, com o objetivo de investigar a relação entre a resposta cortical e a familiaridade com a música, avaliou um grupo de estudo de 8 homens sem educação musical e com estímulos sonoros com versões originais e mixadas. Foram preparadas 30 peças musicais no total de 32 segundos cada e utilizaram para análise épocas de 34 segundos – excluindo 2 segundos antes do início do estímulo e o último segundo antes do término do mesmo. Foram analisados os valores de significância dos resultados de correlação cruzada entre o estímulo sonoro e o EEG para categorias musicais familiar e não-familiar no plano tempo frequência e os resultados obtidos sugerem que a resposta à estímulos musicais não familiares foram mais intensos que aos de músicas familiares.

O artigo de AL-GALAL de 2017 que tem por objetivo investigar como a recitação do Alcorão pode reduzir os níveis de estresse e ansiedade dos participantes comparado com música relaxante, o grupo de estudo foi realizado com 25 participantes e as estimulações foram feitas

através de vídeos representando emoções, bem como excertos recitados do Alcorão e excertos de músicas relaxantes. O processamento utilizado foi baseado em um algoritmo e as épocas bem como o tempo de sinal utilizado para o processamento não foram indicadas. O resultado do estudo é bastante satisfatório visto que indicaram que ouvir a recitação do Alcorão pode mudar a valência de emoções negativas para positivas da mesma maneira que a música relaxante faz, independentemente do nível de excitação.

Outra pesquisa importante na área foi desenvolvida por PAN (2013) onde o objetivo é utilizar classificadores para extração de características e identificação das preferências musicais dos voluntários utilizando EEG frontal de dois canais (FP1 e FP2) por concluírem que eletrodos frontais possuem melhor resposta para estímulos musicais. O estudo foi aplicado em doze voluntários saudáveis, os mesmos eram instruídos a escolher quatro gêneros musicais e uma playlist era gerada aleatoriamente com 20 trechos musicais de 30 segundos cada respeitando a escolha de gênero do voluntário. Após o final do experimento, era perguntado se os mesmos gostaram, desgostaram ou se sentiram neutros com as músicas apresentadas. O artigo não traz informações sobre a escolha do trecho de processamento do sinal, levando o leitor a entender que toda a extensão de estímulos foi utilizada para análise. Os autores concluem que para identificação de preferência musical a banda de frequência gama é essencial.

BALASUBRAMANIAN em 2018 procurava analisar as respostas emocionais dinâmicas dos participantes à música. O grupo de estudo foi de 12 pessoas e a estimulação musical que envolvia músicas que o participante gostava e que não gostava foram escolhidas pelo mesmo. O autor exemplificou apenas os filtros utilizados para o tratamento do sinal, o que leva ao leitor subentender que toda a extensão de sinal com estímulo foi analisada. Observou-se um alto índice de assimetria frontal o que indica um comportamento que se relaciona a emoções positivas e a sua mudança pôde ser notada – durante estímulo musical – nas áreas de eletrodos médio frontal (F3 e F4) e latero-frontal (F7 e F8). Foi constatado que para a situação de música favorita, a componente frontal de teta aumentou, o que indica que a música é considerada agradável o que não acontece quando se toca músicas que não gostam, confirmando que a mesma não é agradável bem como o aumento na componente de energia frontal de beta indicou que música desgostosa induz excitação cerebral.

TSANG et al (2001) testa se a ativação da assimetria frontal se altera com a mudança de tempo e modo de seis trechos de músicas clássicas que foram alteradas de acordo com o objetivo proposto. O estudo foi realizado em 55 estudantes destros, utilizando os eletrodos F3, F4, P3, P4 e Cz como referência. Os estímulos foram aplicados com duração de 60 segundos. Os artefatos de movimento e piscada foram removidos porém não há indicação da extensão do

sinal resultante submetido à análise. Os resultados obtidos demonstram que as mudanças de tempo e modo quando direcionadas para felicidade resultou em maior ativação frontal esquerda, enquanto uma maior ativação frontal direita ocorria quando o modo e tempo eram direcionados para tristeza.

Por fim, SCHMIDT & TRAINOR (2001) promovem um estudo para avaliar se modelos de ativação cerebral eram válidos para distinguir emoções provocadas pela música com base em estudos anteriores onde foi constatado que as regiões frontais, temporais e parietais estão envolvidas em processamento musical (SAMSOM & ZATORRE, 1992 e TRAINOR et al, 1999) e que instruções dadas aos participantes e até mesmo a experiência musical do mesmo afetam a lateralidade de resposta cortical (ZATORRE et al, 1996). Sendo assim, o sinal de EEG do grupo de 59 participantes avaliados foi gravado enquanto estavam expostos à quatro trechos musicais de orquestra de modo a induzir medo, alegria, felicidade e tristeza.

A gravação do sinal analisado por SCHMIDT & TRAINOR (2001) foi contínua durante cada um dos 60 segundos de trechos musicais, visto que as regiões de maior contribuição para o processamento eram conhecidas, os eletrodos utilizados para o estudo foram F3 e F4 e P3 e P4, referenciados em Cz. Os autores indicam que o sinal passou por um software para remoção de artefatos provenientes de movimentos oculares, piscada e movimentos motores, isso fez com que os dados a serem analisados fossem reduzidos de 15 a 19 épocas entre as quatro condições. Os resultados encontrados indicam que o padrão de assimetria da atividade frontal distinguiu a valência dos trechos musicais e que para alegria e felicidade a atividade frontal esquerda foi maior, enquanto para medo e tristeza, a atividade frontal direita apresentou aumento.

3 METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a metodologia utilizada neste trabalho abrangendo a aquisição, processamento bem como a análise estatística dos dados. É interessante destacar que o software MATLAB® foi utilizado para o processamento e elaboração dos resultados.

3.1 Coleta e seleção de Dados

Os exames de EEG utilizados no presente estudo foram realizados no setor de Neurofisiologia Clínica do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU) em nove voluntários (n=9) sendo seis do sexo feminino, com média de idade de 23,7 anos. Para este estudo os voluntários não poderiam ter histórico de doença neurológica ou bruxismo – condição onde há ranger de dentes involuntário.

Foram solicitados alguns cuidados aos voluntários, no dia anterior à coleta: dormir no mínimo 6 horas, lavar o cabelo com sabão de coco, não ingerir bebidas alcoólicas. No dia do exame, não utilizar nenhum medicamento, não tomar café ou qualquer outra bebida estimulante bem como se alimentar antes da coleta. Estes cuidados advêm de um protocolo pré-estabelecido para que haja uma melhor padronização dos exames.

Para tal procedimento também foi realizado um protocolo constituído de ficha do voluntário contendo dados pessoais e particularidades musicais e um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A). Este procedimento foi autorizado pelo Comitê de ética em pesquisa (CEP) da UFU sob o protocolo número 1.715.960, apresentado no ANEXO B.

O aparelho utilizado para a coleta foi o amplificador de sinais biológicos do modelo BrainNet BNT-EEG, disponibilizado pelo HCU-UFU. O equipamento foi ajustado com um filtro passa-baixa de 100 Hz, possuindo uma taxa de amostragem de 400 Hz, registrando pelo menos 20 eletrodos de superfície.

O voluntário era encaminhado para o setor de neurofisiologia do HCU-UFU e o procedimento era explicado e, caso tivessem dúvidas, as mesmas eram sanadas. Em um primeiro momento, os 20 eletrodos foram dispostos sobre o escalpo do voluntário, respeitando as medidas do padrão 10-20. Em seguida foi solicitado que o indivíduo se deitasse em uma posição confortável, as luzes da sala foram apagadas, e os demais presentes no ambiente, instruídos a permanecer em silêncio.

A coleta foi iniciada e por três minutos foi gravada a atividade cortical sem nenhum estímulo, depois dessa etapa, foram aplicados estímulos de música favorita e desgostosa do voluntário, notas musicais e ruídos branco e rosa, seguindo a sequência de um minuto com estímulo sonoro e trinta segundos de descanso (silêncio) entre as estimulações. Após cada

estímulo foi solicitado que o voluntário identificasse o mesmo e relatasse a sensação obtida, essas informações eram anotadas para análise posterior.

A seleção dos voluntários seguiu um critério de classificação obtido pelo feedback dos mesmos. Para este trabalho, foram selecionados apenas os voluntários que identificaram que a música favorita remetia à uma lembrança boa ou feliz de algo ou alguém, bem como a música desgostosa remetia à uma lembrança triste ou ruim de algo ou alguém.

3.2 Processamento de Dados

Os dados coletados passaram por um processamento inicial no software desenvolvido por (BARBOSA, 2019) onde os dados adquiridos durante o procedimento de coleta, em arquivo PLG, foram convertidos para a extensão “.mat”. Por conter informações temporais sobre o sinal bem como a frequência de amostragem da gravação, este arquivo foi utilizado como a entrada no software desenvolvido no presente trabalho.

As variáveis de nomes ‘xn’ e ‘fa’ geradas pelo software supracitado foram utilizadas como entrada para o novo processamento, melhor ilustrado na seção 3.3 deste trabalho. A variável ‘xn’ possui a informação temporal do EEG, portanto é composta de vinte linhas – uma para cada eletrodo captado - e o número das colunas variam com o tempo de gravação do sinal total. A variável ‘fa’ contém a informação sobre a frequência de amostragem do sinal gravado, para todos os voluntários a frequência de amostragem foi de 400 Hertz (Hz).

O software desenvolvido permite o processamento de até 20 eletrodos. A seguir será exemplificado todo o processo matemático envolvido no processamento de apenas um deles sabendo-se que se repete para a quantidade de eletrodos escolhida pelo usuário. Uma forma visual do processamento será demonstrada na seção 3.3.

Após a escolha da quantidade de eletrodos a se analisar será solicitado qual o primeiro eletrodo de interesse, após esta escolha é necessário indicar a quantidade de segundos desejada para cada época – que serão utilizadas para a comparação estatística futura -. A extensão máxima de cada situação do sinal é de 60 segundos, sendo assim, através da Eq. 1 temos:

$$epocas = 60/q_s \quad (1)$$

Onde:

q_s = quantidade de segundos informada pelo usuário

O próximo passo matemático então, é separar as situações de interesse que são silêncio (S), música favorita (MF) e música desgostosa (MD). Para que isso seja possível, deve-se

conhecer o sinal utilizado bem como a localização temporal de cada situação que se deseja analisar. A situação silêncio se encontra entre 60 e 120 segundos da gravação total do sinal, a MF está entre 180 e 240 segundos e por fim a MD se encontra entre 420 e 480 da gravação total do sinal. Sendo assim, as equações 2, 3 e 4 foram utilizadas para a separação de épocas nas situações desejadas em forma de função no MATLAB.

$$V1 = xn(eletrodo, 60 * fa : 120 * fa) \quad (2)$$

$$V2 = xn(eletrodo, 180 * fa : 240 * fa) \quad (3)$$

$$V3 = xn(eletrodo, 420 * fa : 480 * fa) \quad (4)$$

Onde:

$V1$ = vetor silêncio

$V2$ = vetor música favorita

$V3$ = vetor música desgostosa

xn = matriz temporal do sinal de EEG

$eletrodo$ = eletrodo de escolha do usuário

Após a seleção do período das situações de interesse, é necessário associar então as épocas previamente definidas na equação 1, para isso foram utilizadas as equações 5, 6 e 7. As matrizes resultantes do cálculo final nomeado por $eletrodoS$, $eletrodoMF$ e $eletrodoMD$ são compostas de uma linha e 24001 colunas cada, representando os valores temporais de cada situação e quantidade de épocas escolhidas.

$$eletrodoS = V1((i) * qs * fa : (i) * qs * fa + qs * fa) \quad (5)$$

$$eletrodoMF = V2((i) * qs * fa : (i) * qs * fa + qs * fa) \quad (6)$$

$$eletrodoMD = V3((i) * qs * fa : (i) * qs * fa + qs * fa) \quad (7)$$

Onde:

$eletrodoS$ = vetor do eletrodo selecionado separado em épocas de tamanho pré-selecionado da situação silêncio

$eletrodoMF$ = vetor do eletrodo selecionado separado em épocas de tamanho pré-selecionado da situação música favorita

$eletrodoMD$ = vetor do eletrodo selecionado separado em épocas de tamanho pré-selecionado da situação música desgostosa

$V1$ = vetor silêncio

$V2$ = vetor música favorita

$V3$ = vetor música desgostosa

qs = quantidade de segundos indicada pelo usuário

fa = frequência de amostragem

i = parâmetro para incremento da matriz resultante

Tendo em mãos os vetores de cada eletrodo e com a quantidade de épocas desejadas separadas, é possível realizar o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e a comparação através do teste de Friedman. A secção 3.4 deste trabalho detalha o processamento estatístico bem como as funções utilizadas no MATLAB.

3.3 Proposição Final do Software

Os registros dos nove voluntários selecionados passaram por um novo processamento no software desenvolvido neste trabalho através da plataforma MATLAB®. O funcionamento do programa está exemplificado através de um fluxograma na Figura 3.1.

Para o processamento, ao rodar o código do programa é preciso seleccionar o arquivo do voluntário que se deseja analisar (Figura 3.2). Após a seleção do voluntário, o programa solicitará que o usuário informe a quantidade de eletrodos (Figura 3.3) que se deseja analisar estatisticamente, o valor indicado deve estar entre 1 e 20, caso contrário a pergunta será repetida até que uma quantidade válida de eletrodos seja informada. Este estágio inicial está representado pela cor azul no fluxograma na Figura 3.1.

A partir da informação recebida sobre a quantidade de eletrodos a serem analisados, o próximo passo depende da indicação do usuário sobre quais os eletrodos serão processados (Figura 3.4) bem como da quantidade segundos cada época irá conter (Figura 3.5). O tempo indicado de cada época não poderá ser menor que 1 segundo nem maior que 60 segundos visto que os estímulos musicais dos exames coletados para este estudo tinham duração de 60 segundos, caso os valores sejam maiores ou menores que este limiar, a pergunta será repetida até que um tempo válido seja digitado.

Como exemplificado na secção 3.2 deste trabalho, serão gerados então, três vetores – eletrodoS, eletrodoMF e eletrodoMD, representando as situações de silêncio, música favorita e música desgostosa, estes vetores são armazenados e caso a quantidade de eletrodos seja maior que um, este estágio representado pela cor verde na Figura 3.1 será percorrido a quantidade de vezes que o usuário indicar.

Figura 3-1 - Fluxograma do processamento de dados

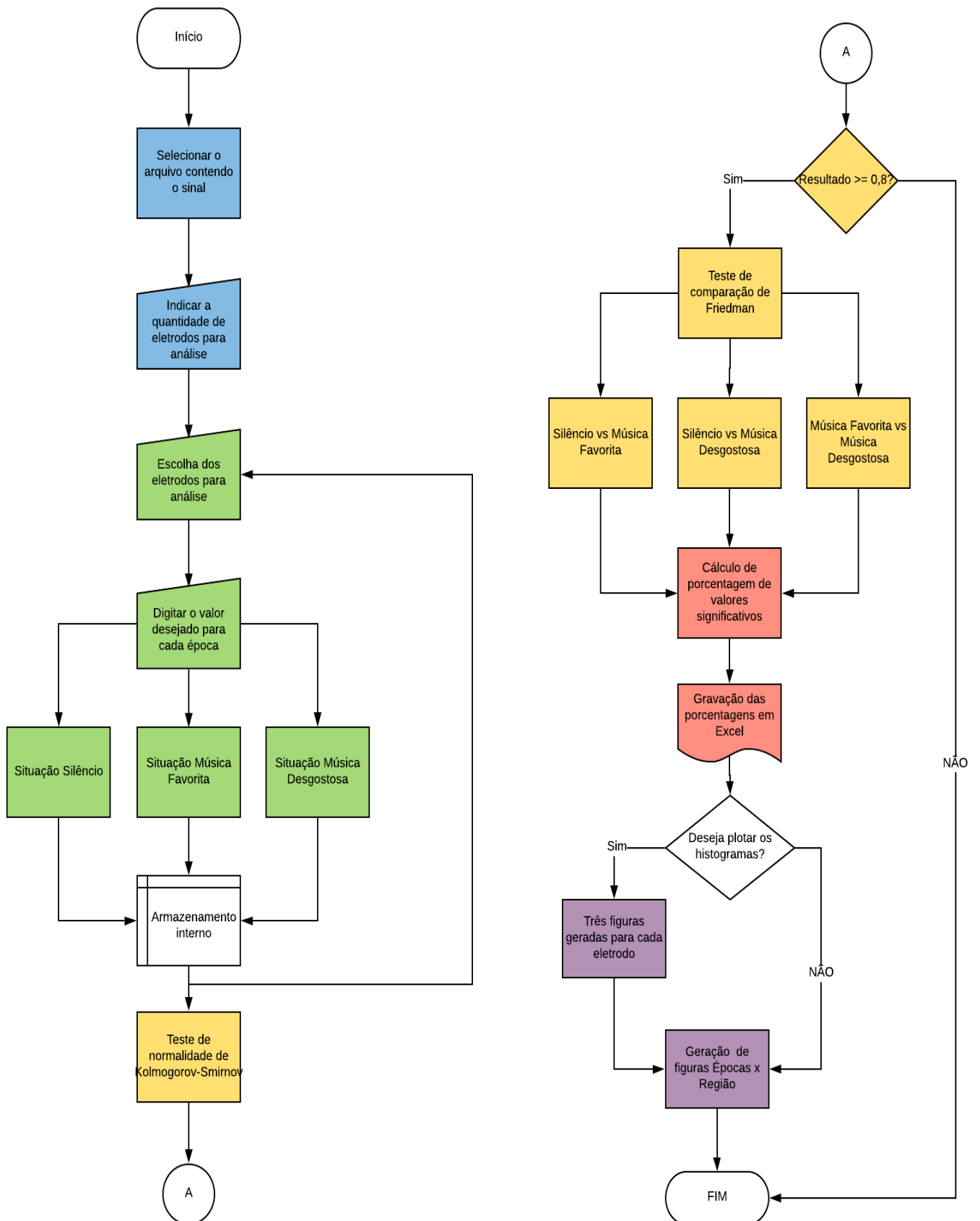
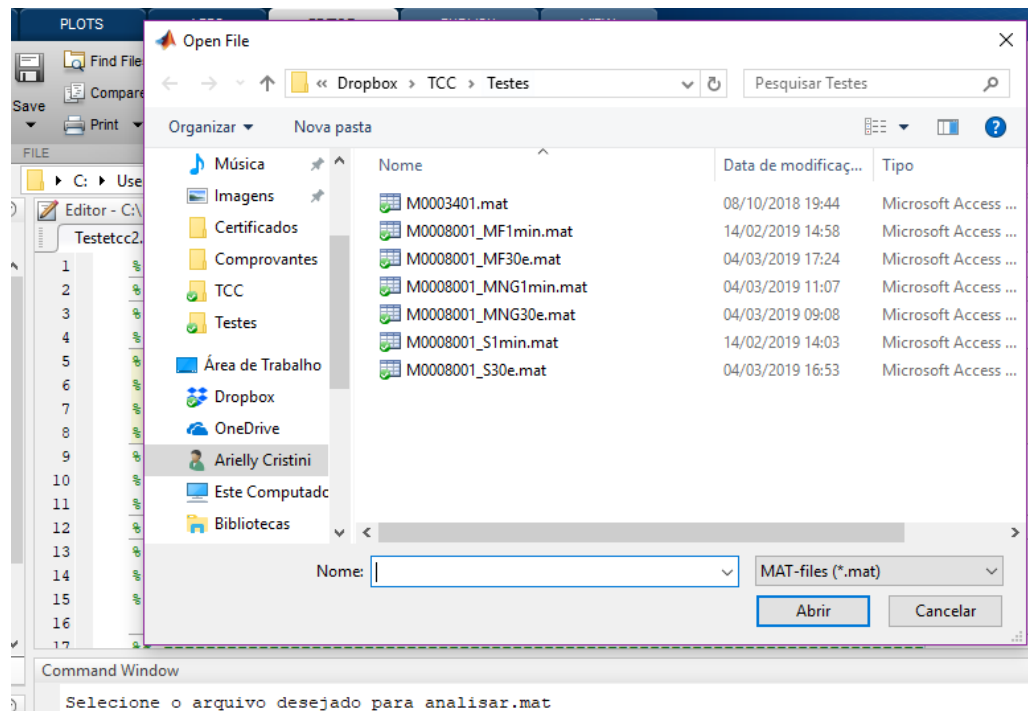
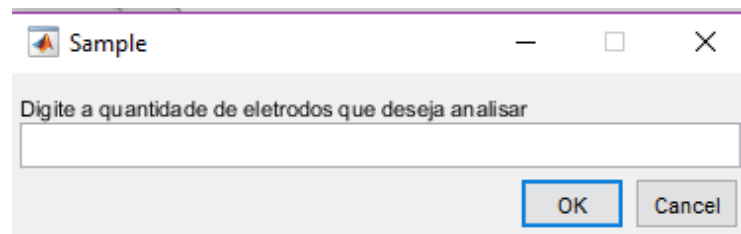


Figura 3-2 - Seleção do arquivo “.mat” do voluntário



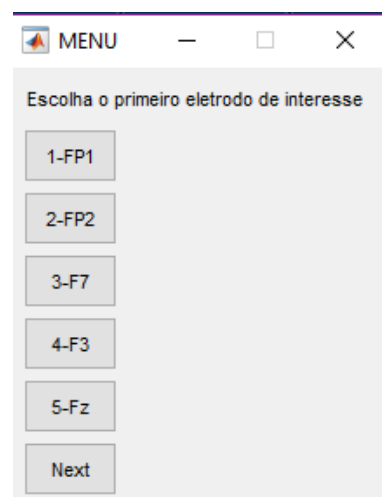
Fonte: Autoria Própria, 2019

Figura 3-3 - Indicação da quantidade de eletrodos a se analisar



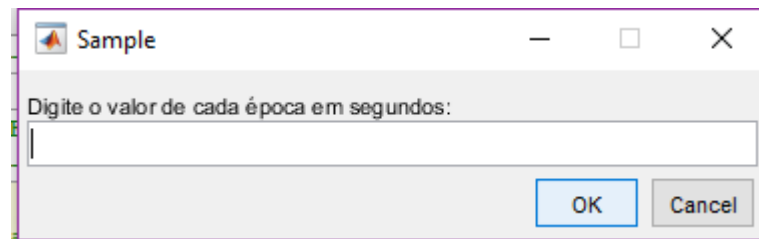
Fonte: Autoria Própria, 2019

Figura 3-4 - Escolha de eletrodos para análise



Fonte: Autoria Própria, 2019

Figura 3-5 - Indicação do tempo de cada época analisada



Fonte: Autoria Própria, 2019

O próximo passo é a realização do teste de Kolmogorov-Smirnov, exemplificado na secção 3.3 deste trabalho, que será utilizado para verificar a normalidade ou não dos dados analisados. Caso a média do resultado deste teste tenha 80% ou mais dos dados como não normais, ou seja, não paramétrico, é realizado o teste de comparação de Friedman. Caso contrário, uma mensagem avisando que os dados possuem distribuição normal e que outro tipo de teste é indicado, aparece na tela do usuário e o processamento é encerrado.

O teste de Friedman – melhor exemplificado na secção 3.3 deste trabalho – é utilizado para comparar época por época entre as três situações anteriores (silêncio, música favorita e música desgostosa), e tem como resposta três matrizes contendo os p-valores resultantes das comparações de silêncio e música favorita (SMF), silêncio e música desgostosa (SMD) e por fim, música favorita e música desgostosa (MFMD). Essas matrizes nomeadas de MATRIZ_COMPARAÇÃO 1, 2 e 3 são compostas de duas colunas e a quantidade de linhas dependem da quantidade de épocas escolhidas pelo usuário (Figura 3.6). Cada uma das colunas representa uma situação (S, MF ou MD) que estão sendo comparadas e os valores, são exatamente os gerados pela separação época-situação, porém de forma transposta para facilitar a comparação de Friedman.

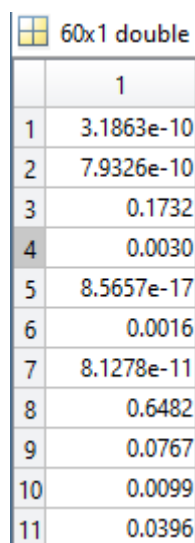
Figura 3-6 - Trecho de Matriz Comparação gerada pelo software

	1	2
1	8.1000	-2.4000
2	7.6000	-3.3000
3	3.3000	-4.7000
4	-0.5000	-7.1000
5	-1.4000	-8.5000
6	-4.7000	-7.1000
7	-5.7000	-8.5000
8	-10.9000	-9
9	-11.8000	-8.1000
10	-11.8000	-4.7000

Fonte: Autoria Própria, 2019

A partir da MATRIZ_COMPARAÇÃO o teste de Friedman é realizado e os valores de cada linha da primeira coluna são comparados estatisticamente com os valores da segunda coluna. Esta secção estatística do programa está representada pela cor amarela na Figura 3.1 e será melhor abordada e exemplificada na secção 3.4. Os resultados do teste estatístico são armazenados em uma tabela de 60 linhas e uma coluna contendo valores de zero a um, um fragmento desta tabela está demonstrado na Figura 3.7.

Figura 3-7 - Fragmento da matriz de resultados estatísticos



	1
1	3.1863e-10
2	7.9326e-10
3	0.1732
4	0.0030
5	8.5657e-17
6	0.0016
7	8.1278e-11
8	0.6482
9	0.0767
10	0.0099
11	0.0396

Fonte: Autoria Própria, 2019

A partir destes resultados é feita uma varredura nas matrizes resultantes do teste de Friedman para que a quantidade de valores significativos ($< 5\%$) sejam computadas e um cálculo de porcentagem total destes valores para cada eletrodo e situação é feito. Os dados resultantes são então gravados em uma tabela do excel no formato “.xls” contendo os as porcentagens computadas dos p-valores para cada eletrodo e cada situação analisados, a representação desta tabela está em Tabela 3.1. A tabela foi construída de forma a cada linha representar um tipo de comparação (SMF, SMD e MFMD), enquanto cada coluna representa os eletrodos, a quantidade de colunas da tabela são iguais à quantidade de eletrodos que o usuário deseja analisar. Este processo está destacado em vermelho na Figura 3.1.

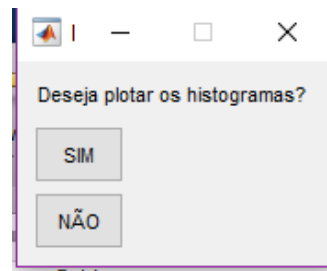
Tabela 3.1 - Tabela excel contendo as porcentagens de p-valores

	M0003401 FP1	M0003401 FP2	M0003401 F3	M0003401 F4
Silêncio x Música desgostosa	68.33333333	76.66666667	55	71.66666667
Silêncio x Música Favorita	71.66666667	70	43.33333333	60
Música Favorita x Música desgostosa	73.33333333	66.66666667	61.66666667	75

Fonte: Autoria Própria, 2019

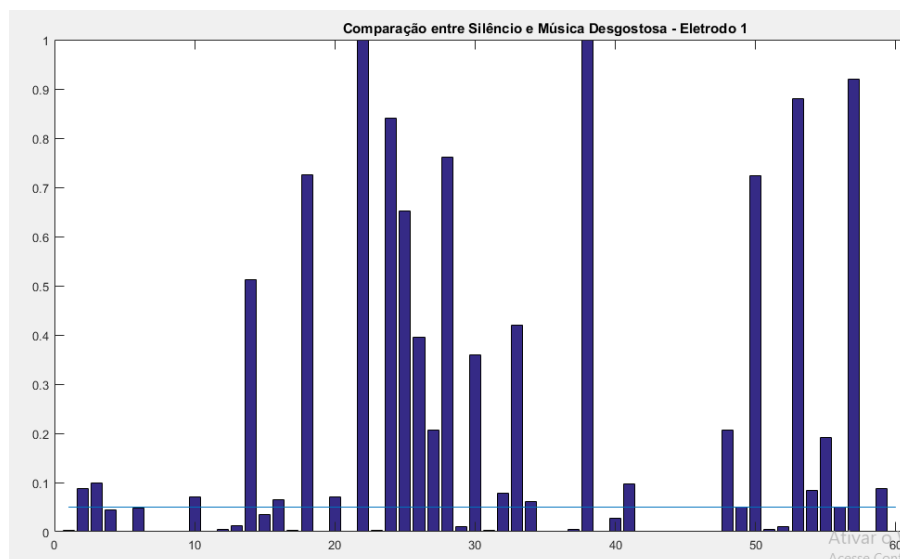
No próximo passo, uma caixa de seleção é apresentada ao usuário para que o mesmo indique se deseja ou não plotar os histogramas dos p-valores encontrados nas comparações (Figura 3.8), caso a resposta seja “SIM”, serão geradas três figuras representando as três comparações para cada um dos eletrodos analisados (Figura 3.9), caso contrário o processamento continua, os valores utilizados para gerar o histograma são os resultados do teste de comparação de Friedman, melhor exemplificado na secção 3.4. Por fim, são geradas figuras – para melhor visualização dos dados – contendo informações sobre porcentagem de p-valores x épocas de acordo com os eletrodos selecionados. A secção da geração de resultados em forma de imagens está destacada em lilás na Figura 3.1, estas imagens serão apresentadas e discutidas na secção 4 do presente trabalho.

Figura 3-8 - Escolha de plotar os histogramas



Fonte: Autoria Própria, 2019

Figura 3-9 - Exemplo da visualização de p-valores através de histograma



Fonte: Autoria Própria, 2019

Olhando a Figura 3.9 percebe-se então a distribuição dos resultados de p-valores em forma de barras, o eixo vertical tem escala de 0 a 1, que são os possíveis valores que o resultado pode assumir, já o eixo horizontal representa as épocas, este eixo varia de acordo com o tempo escolhido pelo usuário. Pode-se notar uma linha azul claro horizontalmente em 0,05 indicando

que as barras abaixo deste eixo são épocas estatisticamente significativas. Esta é uma forma mais visual para análise dos resultados da análise da comparação de Friedman.

3.4 Análise Estatística

Os testes estatísticos são importantes para avaliar o comportamento e significância dos dados analisados. Porém antes de iniciar o teste estatístico de comparação é importante saber como é o comportamento dos dados analisados, sendo assim, é necessária uma aplicação de um teste de normalidade.

Os testes de normalidade são utilizados para verificar a aproximação ou não da distribuição de probabilidade de um determinado conjunto de dados a uma distribuição normal (MONTGOMERY, 2003). A distribuição não normal é tida como desvantajosa visto que seu modelo populacional é desconexo a diferentes fenômenos aleatórios, tornando mais complexa a obtenção de estimadores por intervalo. (CIRILLO; FERREIRA, 2003).

O teste de Kolmogorov-Smirnov é um dos principais testes utilizados em análises biomédicas (LEOTTI; BIRCK; RIBOLDI, 2005) e, por ser um teste não paramétrico sobre a igualdade de distribuição de probabilidade contínuas e unidimensionais de dados, foi selecionado para utilização neste trabalho visto que o sinal de EEG é contínuo e com distribuição aleatória de dados. O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser usado para comparar uma amostra com uma distribuição de probabilidade de referência ou duas amostras, uma com a outra (teste K-S uniamostrai ou biamostrai).

A função do Matlab *kstest()* foi utilizada para a realização do teste, onde possui como hipótese nula a distribuição padrão normal da população em análise e a hipótese contrária afirma que a distribuição da população possui uma distribuição padrão não normal, a aceitação ou rejeição da hipótese nula é realizada em um nível de significância de 5%. No software desenvolvido, este teste é realizado para a toda a extensão do sinal e, posteriormente uma média de cada trecho é feita, caso a média seja maior ou igual a 80%, a distribuição é assumida como não normal e o processamento continua.

A próxima etapa do teste estatístico é o teste de comparação em si, estes testes são utilizados para tomada de decisão em aceitar ou rejeitar uma hipótese estatística – suposição quanto ao valor de um parâmetro da população - levando em consideração a base de dados amostrais (SCHMILDT, 2007). Neste trabalho o teste de Friedman foi escolhido para a comparação entre situações durante o sinal de EEG.

O teste de Friedman é um teste estatístico não paramétrico utilizado para comparar dados amostrais vinculados, ou seja, avaliar mais de uma vez o mesmo indivíduo. Neste teste o

estudo dos dados é feito analisando as linhas em relação às colunas, que são ordenadas de acordo com o que se deseja investigar. A realização do teste só é possível se os dados a serem comparados possuírem a mesma quantidade de linhas e colunas da matriz, ou seja, dados homogêneos (SCHMILDT, 2007). Para o desenvolvimento do software foi utilizada a função *friedman()* do Matlab, a mesma retorna as matrizes comparação contendo os p-valores (0 a 1) resultantes de todas as situações comparadas para cada eletrodo.

A etapa final da análise estatística é encontrar a porcentagem de diferença significativa – valores menores que 0,05 - advinda do teste de comparação de Friedman, para isso a função *find()* do Matlab foi utilizada para identificar na matriz resultante, os valores menores que 5% de cada eletrodo e em cada situação processada. Posteriormente, uma contagem desses valores é feita e transformada em porcentagem para cada tipo de comparação efetuada, por fim, uma tabela no excel é gerada contendo todos os valores de porcentagens encontrados divididos em situações comparadas e eletrodos.

A comparação estatística entre os dados permite avaliar diversos tipos de parâmetros dos dados de EEG, bem como regiões, eletrodos e situações que apresentam maior significância para cada tipo de estímulo aplicado. A verificação de tais parâmetros serve como porta de entrada para estudos mais aprofundados onde seria possível utilizar tais eletrodos, regiões ou estímulos para prever, identificar ou até mesmo provocar diferentes emoções tanto em indivíduos neurologicamente normais – sem doenças conhecidas – bem como em indivíduos patológicos e até mesmo em coma.

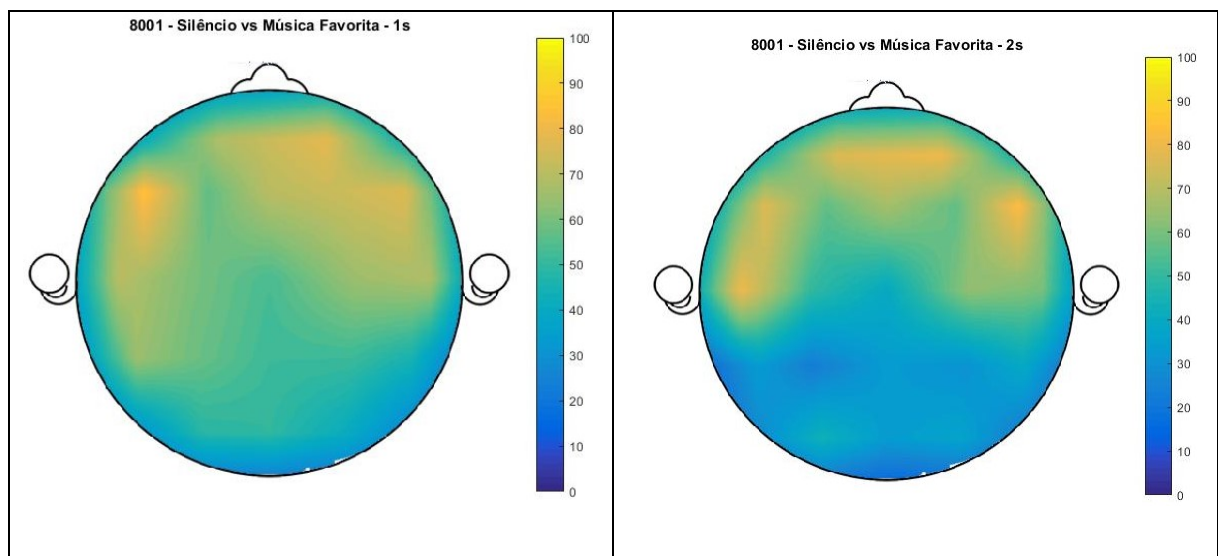
4 RESULTADOS

O processamento foi realizado para os nove voluntários selecionados utilizando tempos de épocas diferentes (1 e 2 segundos), a título de comparação da mudança de significância com o aumento do tempo de cada época e, para cada um deles uma tabela foi gerada com as porcentagens de p-valores para cada situação ($m=3$) e cada eletrodo ($n=20$) (ANEXO C), sendo assim, era preciso encontrar uma melhor forma para visualização destes dados, para isso fez-se uso do algoritmo de mapeamento da topografia cerebral elaborado por RAMOS (2018). Neste algoritmo foram construídas imagens do escalpo contendo a porcentagem de p-valores e variação de cor foi atribuída a cada valor – azul equivalente a 0% e amarelo equivalente a 100%.

Com as tabelas resultantes gerou-se então, através do MATLAB, seis topografias de escalpo para cada voluntário. Com essa análise visual foi possível observar dois tipos de padrões comportamentais do nível de significância sob estimulação musical. O primeiro padrão foi encontrado em quatro voluntários para todas as situações analisadas e os outros cinco apresentaram o segundo padrão.

O primeiro padrão observado está representado nas Figuras 4.1 – 4.3, é possível observar maior porcentagem significativa nas regiões frontais para as situações SMF, SMD e MFMD com pequenas variações podendo apresentar significância visível em regiões parietais e temporais, isso ocorre para épocas de 1 e 2 segundos. Na Figura 4.1 é possível observar que a porcentagem mais significativa – com cerca de 80% - se encontra na região frontal do escalpo principalmente para a análise com épocas de 2 segundos (direita). O resultado do processamento com épocas de 1 segundo também apresenta cerca de 70% de significância nas regiões dos temporais e parietais – eletrodos T3, T4, T6, T6, P3 e P4.

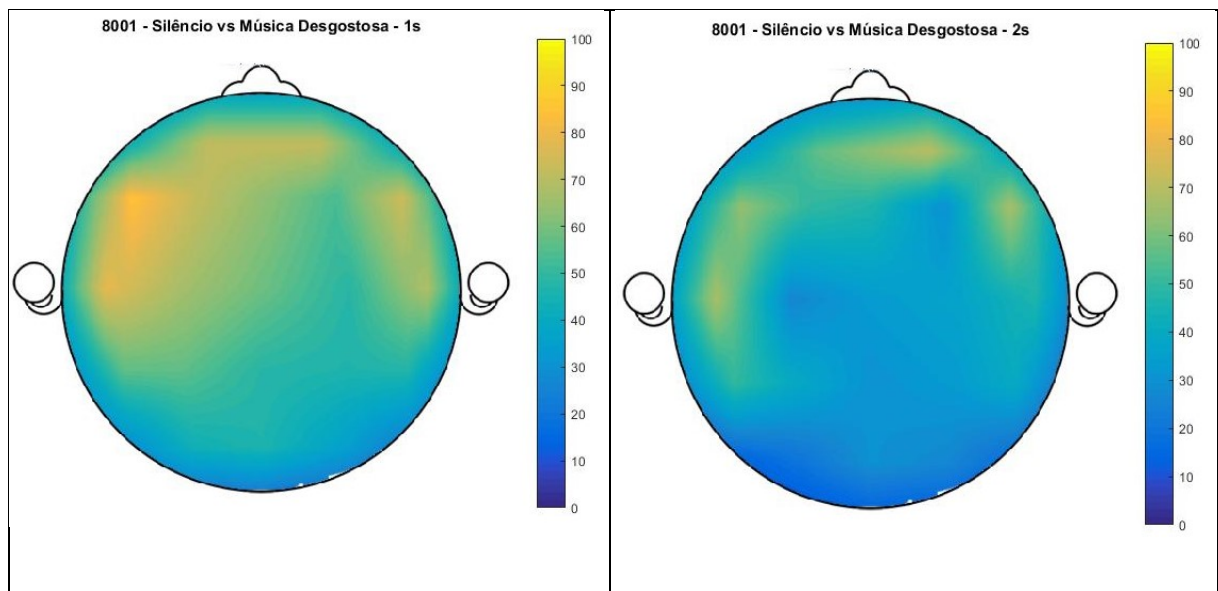
Figura 4-1 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Favorita - 1º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

Na Figura 4.2 é possível observar que as regiões frontais apresentam maior porcentagem significativa que o restante do escalpo. Pode-se destacar que o processamento com épocas de 1 segundo (esquerda) apresenta maior potência bem como uma tendência de lateralização no hemisfério esquerdo frontal.

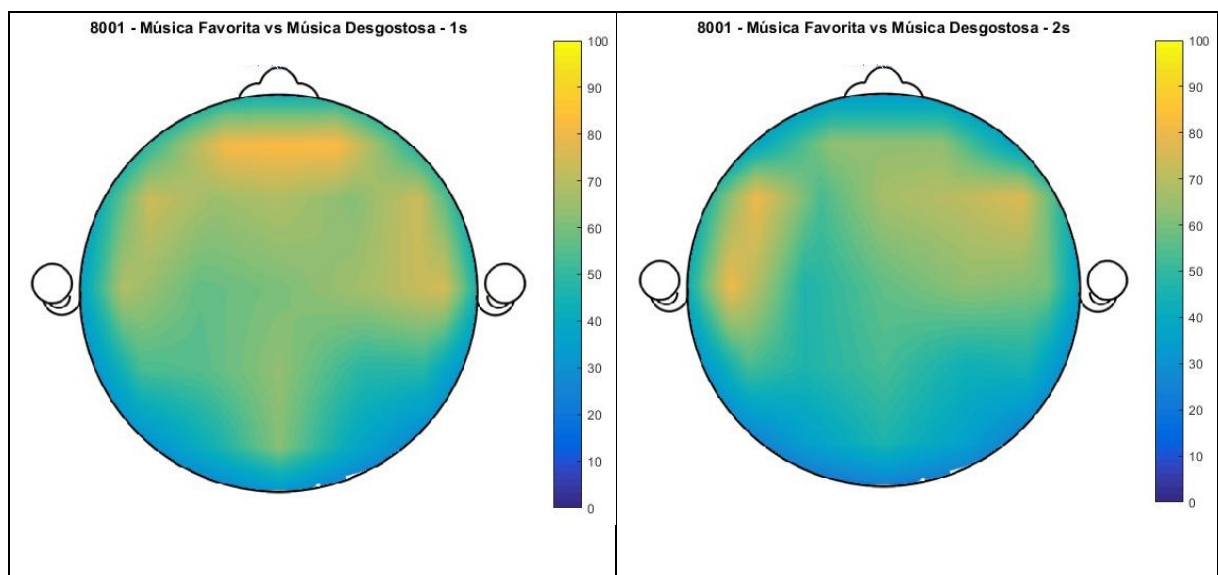
Figura 4-2 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Desgostosa - 1º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

A Figura 4.3 apresenta a topografia de escalpo para a situação MFMD e é possível verificar que apesar das regiões temporais apresentarem alta porcentagem de significância, a maior delas aparece na região frontal dos eletrodos FP1 e FP2 para épocas de um segundo, já para épocas de dois segundos a maior porcentagem está lateralizada na região fronto-temporal esquerda do escalpo.

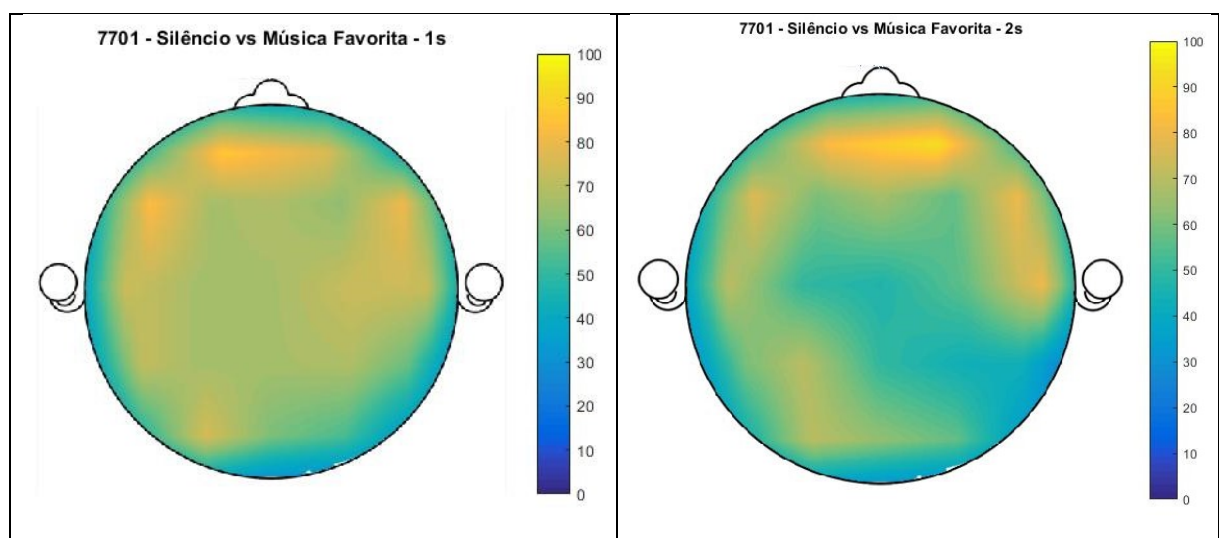
Figura 4-3 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Música Favorita e Música Desgostosa - 1º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

O segundo padrão observado está representado nas Figuras 4.4 – 4.6 este padrão foi encontrado em cinco voluntários e consiste em uma porcentagem de significância de 70 a 90% espalhada em toda a região do escalpo para as três situações analisadas. Na Figura 4.4 a porcentagem significativa para épocas de um segundo (esquerda) gira em torno de 75% para praticamente todo o escalpo com o eletrodo FP1 atingindo até 85%, porém, o processamento de épocas de dois segundos apresenta destaque bastante acentuado principalmente nos eletrodos FP1 e FP2.

Figura 4-4 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Favorita - 2º padrão

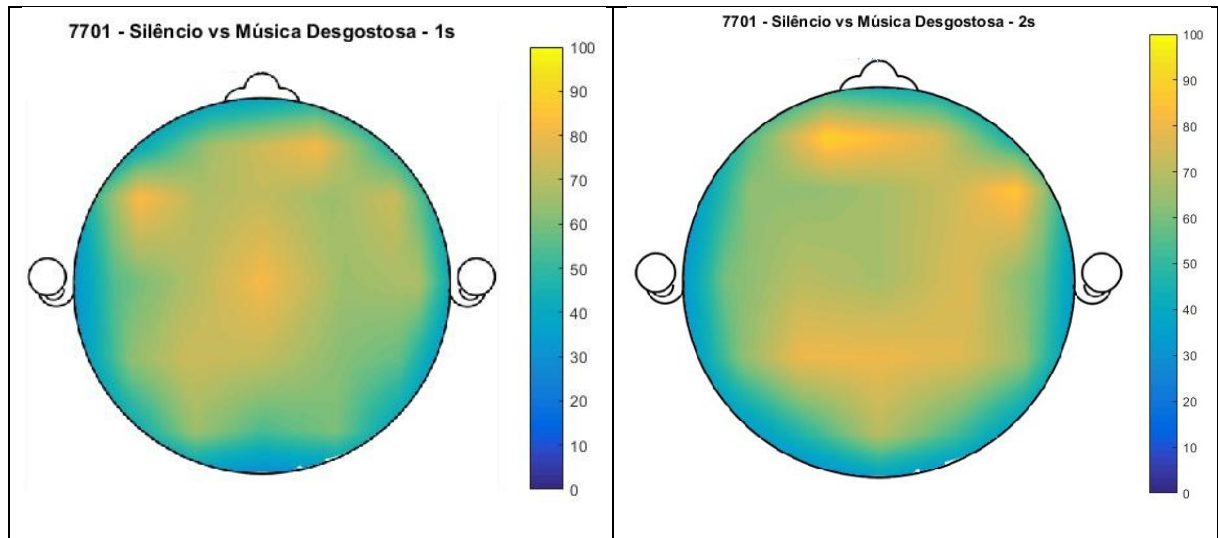


Fonte: Autoria Própria, 2019

A Figura 4.5 o resultado para épocas de um segundo (esquerda) se mantém parecido ao da situação SMF (Figura 4.4) porém, é possível observar que algumas regiões de eletrodos como FP2, F7 e Cz apresentam leve aumento na porcentagem significativa enquanto o resultado do processamento com épocas de dois segundos demonstra alta porcentagem nos eletrodos frontais e com maior tendência ao hemisfério direito do escalpo.

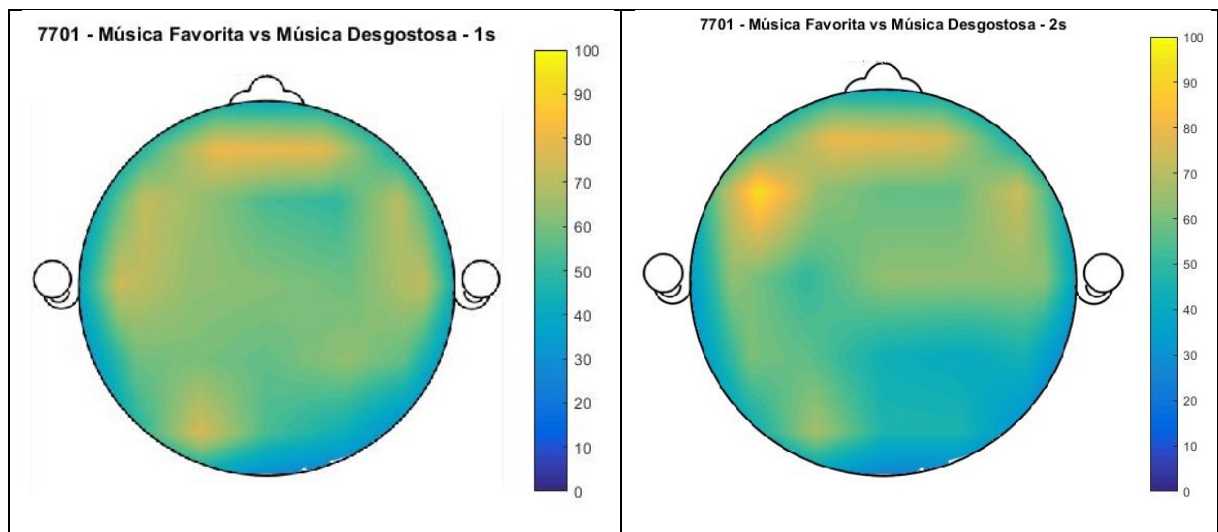
Na Figura 4.6 estão representados os resultados em forma de topografia de escalpo da situação MFMD do segundo padrão de significância em porcentagem identificado. É possível identificar uma distribuição de significância semelhante às outras situações analisadas dentro deste mesmo padrão tanto para épocas de um segundo (esquerda) com destaque na região frontal, quanto para épocas de dois segundos (direita) com destaque no eletrodo F7 onde atinge cerca de 90% de significância.

Figura 4-5 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Silêncio e Música Desgostosa - 2º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

Figura 4-6 - Topografia de escalpo da porcentagem de p-valores da comparação entre Música Favorita e Música Desgostosa - 2º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

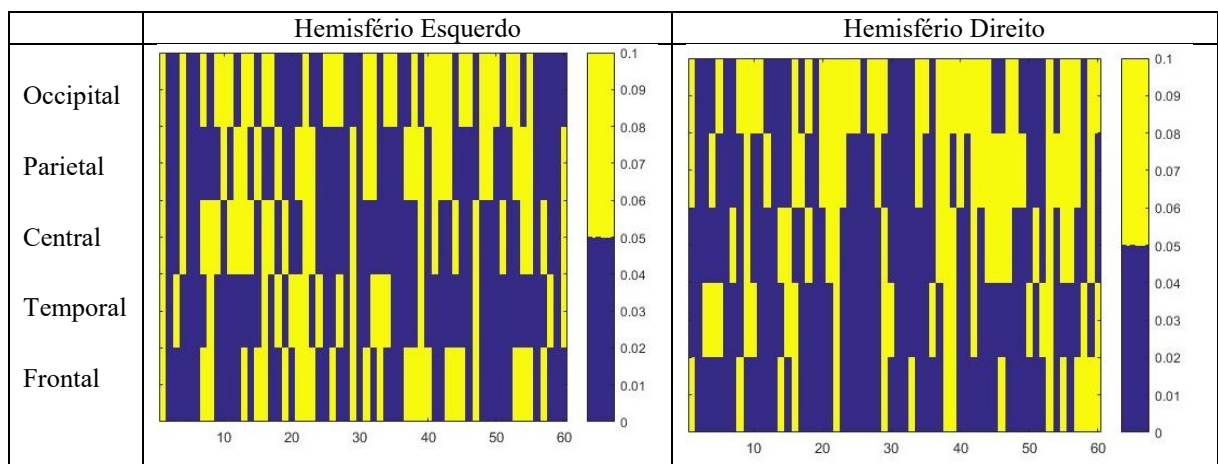
Outro tipo de resultado gerado foram as imagens apresentadas nas figuras 4.7 – 4.12, geradas com o objetivo de avaliar o comportamento da significância estatística separadamente ao decorrer dos hemisférios direito e esquerdo. Para isso um novo processamento foi realizado, para cada voluntário utilizando apenas cinco eletrodos para representar cada hemisfério em cada uma das situações analisadas, foi utilizada a função *imagesc()* do MATLAB.

Os eletrodos utilizados foram F3, T3, C3, P3 e O1 para o hemisfério esquerdo e F4, T4, C4, P4 e O2 para o hemisfério direito. Nas imagens estão representados então o nível de significância para cada época ao decorrer dos eletrodos, o eixo x (horizontal) representa as

épocas – utilizadas de um segundo para essa análise -, enquanto o eixo y (vertical) representa as regiões dos eletrodos, a escala de cores foi dividida apenas em duas para melhor visualização, a cor azul representa as épocas com diferença significativa (5%) enquanto a cor amarela representa as épocas sem diferença estatística significativa.

A Figura 4.7 apresenta este resultado para a situação SMF do primeiro padrão identificado, é possível notar que as regiões frontal e temporal apresentam maior quantidade de épocas significativas no hemisfério direito enquanto as outras regiões têm distribuição parecida para os dois hemisférios comparados.

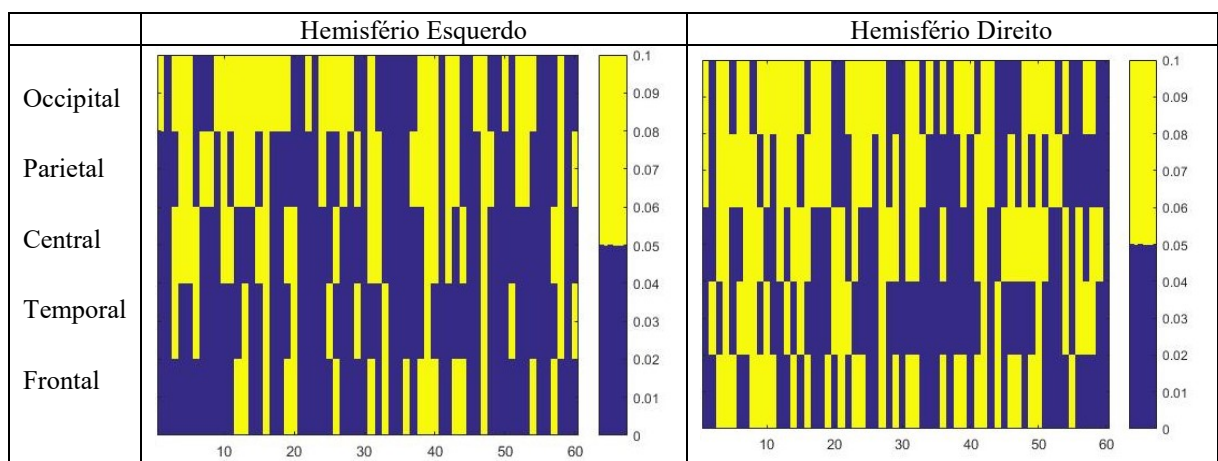
Figura 4-7 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Favorita - 1º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

A Figura 4.8 apresenta a comparação correspondente a situação SMD do primeiro padrão onde é notável que a maior diferença estatística se encontra no hemisfério esquerdo para todas as regiões cerebrais.

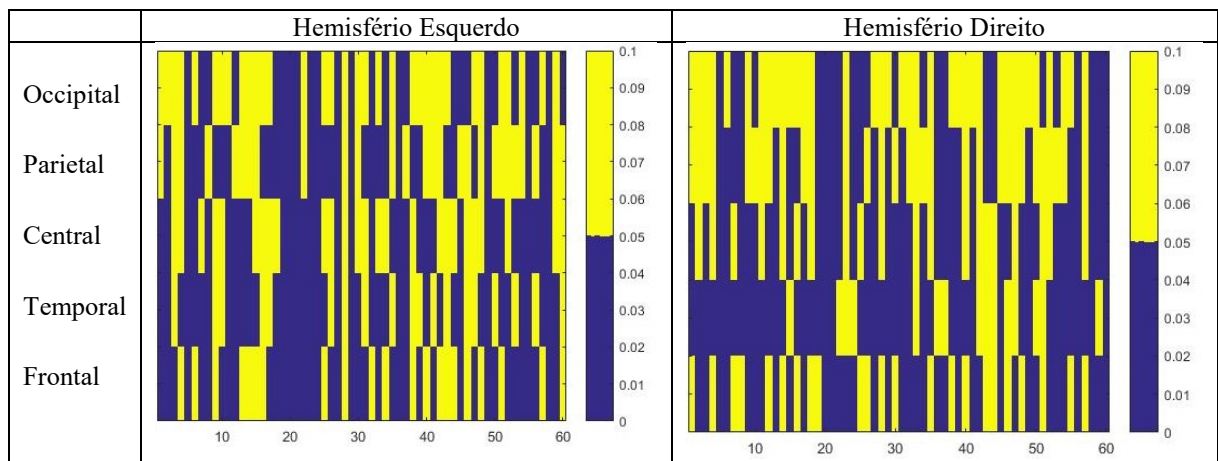
Figura 4-8 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Desgostosa - 1º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

Na Figura 4.9 é apresentada a comparação entre hemisférios da situação MFMD do primeiro padrão de resultados. É possível notar que as regiões frontal e temporal apresentam melhor resposta significativa para ambos os hemisférios. Este resultado é de certa forma esperado, visto que a comparação entre dois estímulos é praticamente a junção das Figuras 4.7 e 4.8, mantendo-se significativas as épocas em comum das duas situações anteriores.

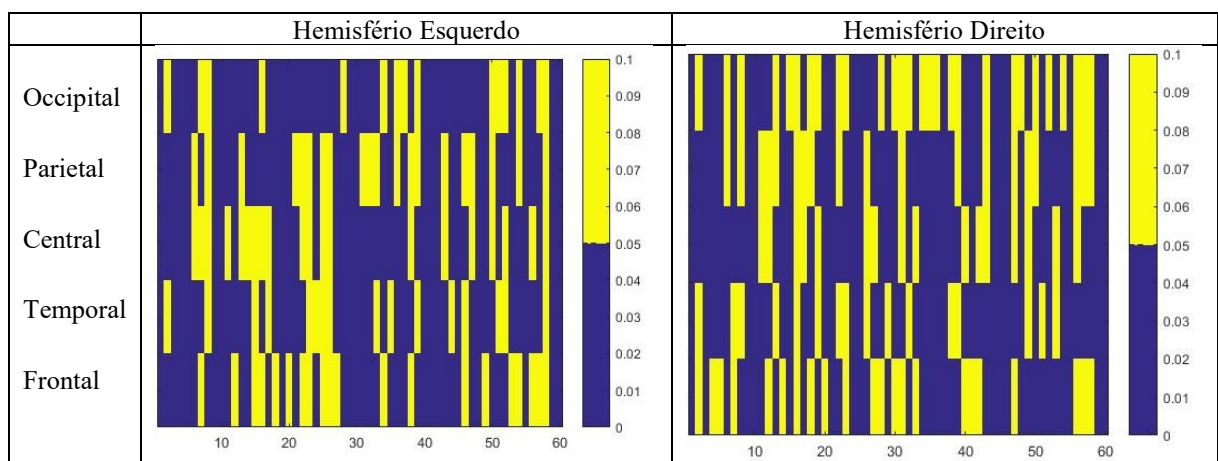
Figura 4-9 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Música Favorita e Música Desgostosa - 1º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

A comparação de significância por região entre hemisférios da situação SMF para o segundo padrão identificado se encontra na Figura 4.10. Observa-se que em todas as regiões cerebrais do hemisfério esquerdo, a quantidade de épocas com diferenças estatisticamente significativas foi maior que a dos resultados obtidos do hemisfério direito. A região occipital se destaca pela quantidade de épocas com valores estatisticamente significativos.

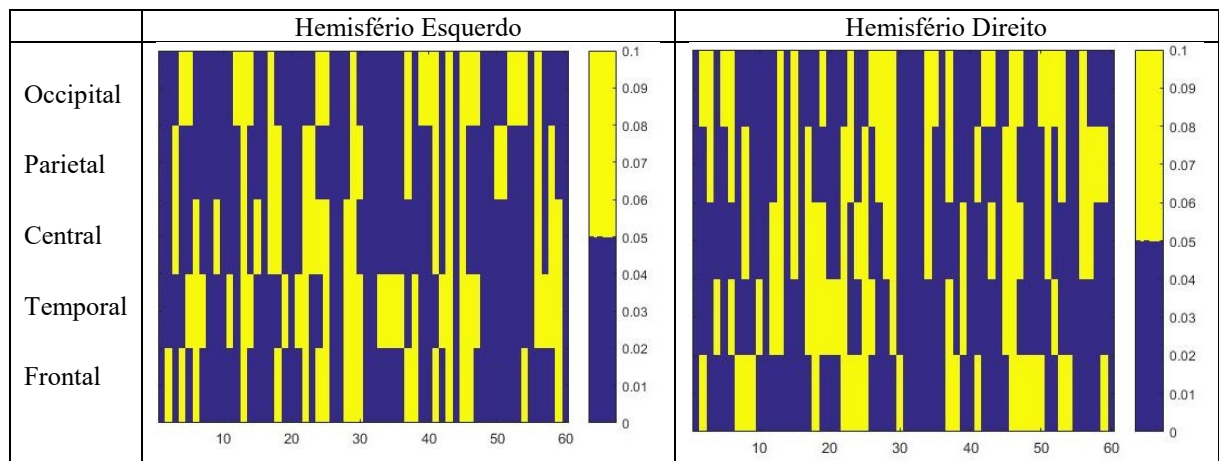
Figura 4-10 - Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Favorita - 2º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

Na Figura 4.11 se encontram os resultados obtidos para a comparação entre hemisférios da situação SMD do segundo padrão de voluntários observados. Pode-se notar que de um modo geral, o hemisfério esquerdo apresenta maior quantidade de épocas para quase todas as regiões analisadas, exceto para a temporal, o que se difere dos resultados encontrados para o primeiro padrão analisado.

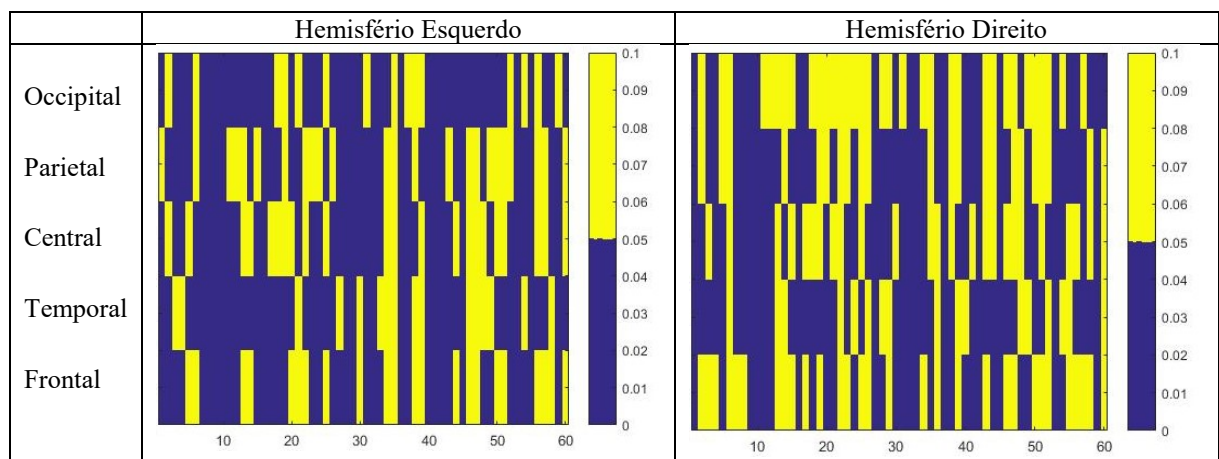
Figura 4-11 - Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Silêncio e Música Desgostosa - 2º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

Por fim, a Figura 4.12 apresenta os resultados obtidos para a situação MFMD observado nos indivíduos classificados como o segundo padrão. Nesta é possível verificar novamente que o hemisfério direito apresenta maior quantidade de épocas com resultados significativos que o hemisfério esquerdo.

Figura 4-12 – Significância de regiões do escalpo (eixo vertical) por épocas (eixo horizontal) representada por p-valores da comparação estatística entre Música Favorita e Música Desgostosa - 2º padrão



Fonte: Autoria Própria, 2019

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho abrem uma gama de possibilidades para análise. A primeira delas é relacionada à quantidade de tempo utilizado para cada época do processamento, visto que os testes foram feitos com um e dois segundos, é possível notar que a região de maior significância não tende a mudar porém a distribuição de porcentagem pode variar como verificado nas figuras de 4.1 a 4.6. Sendo assim, o pesquisador deve avaliar qual seria o tempo ideal de análise para o estudo proposto e, isso vai depender principalmente do tempo de estimulação que o mesmo pretende aplicar.

Outro tipo de análise permitida foi dos padrões de significância mostrados pelos participantes. O primeiro padrão apresentado nas Figuras de 4.1 a 4.3 – avaliado em quatro dos nove participantes selecionados – apresenta a região frontal como sendo de maior significância para análise envolvendo estimulação musical, o que vai de encontro com os estudos de LIN (2010); PAN, 2013; BALASUBRAMANIAN (2018) e SCHMIDT & TRAINOR (2001) demonstrando que a região frontal tem papel fundamental no processamento da música escutada bem como com as emoções induzidas pela mesma.

Em contrapartida, o segundo padrão obtido neste estudo, apresentado nas Figuras de 4.4 a 4.6 – identificado em cinco dos nove participantes selecionados – apresenta porcentagens elevadas de significância não apenas na região frontal mas também nas regiões temporal e parietal para todas as situações analisadas e até mesmo na região occipital do escalpo – para as situações de SMF e SMD – indo de encontro ao estudo de SAMSOM & ZATORRE (1992), mostrando que apesar da região frontal ser praticamente unanimidade na análise de EEG sob estimulação musical, a depender do voluntário, pode-se extrair informações de outras áreas do cérebro também. A investigação da correlação dessas outras áreas com a música pode ser interessante para entender melhor o processamento da música, lembranças, sensações e emoções induzidas pela mesma.

O terceiro tipo de análise possível ainda levando em consideração as Figuras de 4.1 a 4.6 se encontra na lateralização da significância do sinal quando se avalia cada situação analisada neste trabalho. Autores como ALTENMÜLLER, 2002; FLORES-GUTIÉRREZ, 2007; SCHMIDT & TRAINOR, 2001 e TSANG, 2001, concluem que músicas que induziam emoções de felicidade e alegria apresentavam aumento de valência no hemisfério esquerdo enquanto as que induziam tristeza e medo aumentavam a valência no hemisfério direito. Como os voluntários selecionados relataram que com a música favorita era despertada uma lembrança feliz de algo ou alguém e com a música desgostosa era despertada uma lembrança triste de algo

ou alguém, era de se esperar que se encaixassem no estudo destes autores. Porém, neste estudo é possível observar que o tempo escolhido para cada época processada pode interferir no resultado de lateralização quanto a porcentagem significativa, para as situações de SMF tanto o primeiro quanto o segundo padrão avaliados – Figuras 4.1 e 4.4 - apresentam lateralização esquerda da porcentagem significativa do sinal para épocas de um segundo indicando resposta positiva, porém essa lateralização hemisférica muda quando o tempo das épocas aumenta para dois segundos.

Ao que se diz respeito sobre a situação SMD, o primeiro padrão apresenta lateralização esquerda de significância para épocas de um segundo, enquanto para dois segundos as regiões se mantêm, porém, a porcentagem diminui. Já no segundo padrão é possível notar que para épocas de um segundo há pontos de maior significância na região frontal direita (eletrodo FP2), na região frontal esquerda (F7) bem como na região central (Cz) e, para épocas de dois segundos o inverso quanto aos eletrodos frontais acontece – indicando tristeza, descontentamento por exemplo. Este resultado demonstra a importância de especificar estes quantificadores – tempo e quantidade de épocas - visto que os mesmos influenciam diretamente no resultado obtido porém, grande parte dos trabalhos encontrados nessa área de pesquisa não trazem estes dados, passando uma realidade incompleta do estudo (AL-GALAL, 2017; BALASUBRAMANIAN, 2018; PAN, 2013 e TSANG, 2001).

A partir das Figuras de 4.7 a 4.12 que apresentam a variação de significância em todo o escalpo separado por regiões e épocas, pode-se extrair outros resultados que justificam os objetivos propostos neste trabalho quanto à escolha de épocas para o processamento de sinais de EEG. Esses resultados apresentam as regiões bem como o hemisfério de maior significância estatística – representado pela cor azul nas Figuras.

Uma observação importante através dessas Figuras é que um hemisfério sobressai ao outro na quantidade de épocas significativas a depender da situação analisada. SMF do primeiro padrão (Figura 4.7) apresenta maior quantidade no hemisfério direito enquanto do segundo padrão (Figura 4.10) está mais concentrado no hemisfério esquerdo. A situação SMD para ambos padrões (Figuras 4.8 e 4.11) bem como a situação MFMD do segundo padrão (Figura 4.12), apresentam maior quantidade de épocas significativas no hemisfério esquerdo do escalpo. Por fim, a situação MFMD do primeiro padrão identificado (Figura 4.9) demonstra a quantidade de épocas estatisticamente significativas semelhantes para ambos os hemisférios.

Por fim, uma das análises importantes a ser feita com os resultados das Figuras de 4.7 a 4.12 é que, as épocas estatisticamente significativas estão distribuídas em toda a extensão do sinal e não se coincidem nem para hemisférios de um mesmo indivíduo, nem para regiões

diferentes do escalpo. Com os resultados obtidos neste trabalho prova-se que não se pode desprezar parte do sinal captado com estímulo musical – seja através da avaliação de neurologista ou de algoritmos - visto que ao fazer isso, grande parte da significância do resultado pode estar sendo removida. Uma solução para este problema é utilizar toda a extensão do sinal para análise, desta forma é garantido que não haja percas de épocas estatisticamente significativas no sinal.

6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do software para comparação estatística propiciou resultados significativos para a análise de EEG sob estimulação musical. Na secção 5 do presente trabalho fica comprovado que a significância do sinal varia de indivíduo para indivíduo e também entre regiões e hemisférios. Esses resultados demonstram que a escolha de épocas não é a melhor forma de analisar esses tipos de sinais pois ao eliminar algumas épocas, pode-se remover grande parte de informações significantes. Como comprovado nas Figuras de 4.7 a 4.12 e discutido na secção 5 deste trabalho, uma solução que não altera a significância da extensão do sinal é usar o mesmo por completo para a análise, sem a escolha de trechos.

Com este trabalho também foi possível observar que o tempo utilizado para o processamento interfere diretamente na distribuição entre hemisférios de épocas estatisticamente significativas. Quanto à lateralização devido a emoções induzidas como comprovado na secção 5 com os voluntários deste trabalho como exemplo, apesar do relato dos mesmos sobre a alegria induzida pela música favorita e a tristeza induzida pela música desgostosa, a escolha de épocas tem um papel fundamental para a representação da lateralização hemisférica. Sendo assim, a padronização do sinal, seja através da quantidade de épocas ou do tempo de duração de cada uma pode gerar uma base para melhor comparação entre estimulações e estudos diferentes.

Conclui-se também que apesar das regiões centrais e occipitais apresentarem épocas com diferenças estatisticamente significativas, são os eletrodos frontais, temporais e em alguns casos parietais, que se sobressaem na análise com estímulos musicais. Os pares de eletrodos contidos nessas regiões podem ser tomados então como os principais indicadores de alterações tanto estatísticas quanto emocionais para sinais de eletroencefalograma submetidos a situações de estímulos musicais.

A análise de dados de EEG sob estimulação musical ainda é uma área com muitas vertentes a serem exploradas visto que os estímulos, bem como as combinações que podem ser aplicados são infinitos. Contudo, a escolha do trecho do sinal para processamento era feita de acordo com a necessidade do pesquisador, porém, como a música provoca mudanças emocionais de momento a momento no decorrer de sua extensão, a busca de um padrão para o processamento se faz necessária.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros sugere-se a implementação de outro tipo de teste de comparação para caso os dados sejam paramétricos e não seja possível realizar o teste de Friedman uma vez que, caso isso ocorra, o processamento é interrompido.

Outro tipo de melhoria a ser feita seria a implementação da geração do mapa topográfico do escalpo no software, isso eliminaria a necessidade de recorrer a outro tipo de código, gerando todos os resultados de uma só vez.

É importante também utilizar este software para comparação de outros tipos de estímulos e realizar a comparação com os estímulos utilizados neste trabalho.

É interessante notar que a forma correta, bem como um padrão no processamento abre uma gama de possíveis comparações o que retorna resultados capazes de ajudar no entendimento do funcionamento cerebral do indivíduo neurologicamente saudável, podendo depois se estender a indivíduos patológicos.

7 REFERÊNCIAS

AIRES, M de M. et al. Fisiologia. 3ed. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, 2008.

AL-GALAL, S. A. Y.; ALSHAIKHLI, I. F. T.; RAHMAN, A. W. B. A. Automatic emotion recognition based on EEG and ECG signals while listening to quranic recitation compared with listening to music. **Proceedings - 6th International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World, ICT4M 2016**, p. 269–274, 2017.

ALTENMÜLLER, E. et al. Hits to the left, flops to the right: Different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns. **Neuropsychologia**, v. 40, n. 13, p. 2242–2256. Jul. 2002.

ANGHINAH, R. et al. Eletroencefalograma quantitativo e topográfico (mapeamento cerebral): estudo do padrão normal para uma população adulta. **Arq. Neuro-Psiquiatria.**, São Paulo, v. 56, n. 1, p. 59-63, Mar. 1998.

BALASUBRAMANIAN, G. et al. Music induced emotion using wavelet packet decomposition - An EEG study. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 42, p. 115–128. Jan. 2018.

BARBOSA, J. L. M. **Software para processamento de biopotenciais em tempo real**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia. 2019.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. 4th. ed. **Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins**, 2017.

BLOOD, A. J.; ZATORRE, R. J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 20, p. 11818–11823, Sep. 2001.

BLOOD, A.; ZATORRE, R.; EVANS, A. Intensely pleasant emotional responses to music correlate with CBF modulation in paralimbic and other subcortical brain regions. **Physiological Psychology**, v. 8, n. 4, p. 126–9, Apr. 1996

BRAZIER, MAB. A History of the Electrical Activity of the Brain. The First Half-Century. **London: Pitman**; 1961.

CIRILLO, M. A.; FERREIRA, D. F. Extensão do Teste para Normalidade Univariado Baseado no Coeficiente de Correlação Quantil-Quantil para o Caso Multivariado. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 21, n. 3, p. 67–84, 2003.

COLLURA, T. F. History and Evolution of Electroencephalograph Instruments and Techniques. **Journal of Clinical Neurophysiology**. vol 10(4). pp. 476-504. New York, 1993.

COSTA, A. C. P. R. da. **Análise Tempo-Frequência de Sinais Eletroencefalográficos Normais Antes, Durante e Após Estímulo Musical**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia. p. 11. Uberlândia, 2018.

FLORES-GUTIÉRREZ, E. O. et al. Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces. **International Journal of Psychophysiology**, v. 65, n. 1, p. 69–84, Mar. 2007.

FREEMAN, W. J.; QUIROGA, R. Q. Imaging Brain Function with EEG. 3ed, New York 2013: **Springer Science**, 2013.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Tratado de Fisiologia Médica. 11th. ed. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2006.

JASPER, H. H. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement**, v. 10, n. 2, p. 370–375, 1958.

KUMAGAI, Y.; ARVANEH, M.; TANAKA, T. Familiarity Affects Entrainment of EEG in Music Listening. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, p. 1–8. July, 2017.

LEOTTI, V. B.; BIRCK, A. R.; RIBOLDI, J. Comparação dos testes de aderência à normalidade Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-Von Mises e ShapiroWilk por simulação. **11.o Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica e a 50a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS)**, 2005.

LIN, Y.-P.; WANG, C.-H.; JUNG, T.-P.; WU, T.-L.; JENG, S.-K.; DUANN, J.-R. and CHEN, J.-H. H. “EEG-Based emotion recognition in music listening,” **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, vol. 57, no. 7, pp. 1798–1806, July 2010.

MONTGOMERY, D. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers Third Edition**. [s.l: s.n.]

MURRI L, GORI S, MASSETANI R, BONANNI E, MARCELA F, MILANI S. Evaluation of acute ischemic stroke using quantitative EEG: a comparison with conventional EEG and CT scan. **Neurophysion Clin**. 28(3):249-57. Jun, 1998.

MUSZKAT, M.; CORREIA, C. M. F.; CAMPOS, S. M. Música e Neurociências. **Rev Neurociência**, v. 8, n. 2, p. 70–75, 2000.

PAN, Y.; GUAN, C.; YU, J.; ANG, K. K. e CHAN, T. E. Common pattern for music preference identification using frontal EEG. **International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering**, v. 6, p. 505-508, Nov. 2013.

DOI < [10.1109/NER.2013.6695982](https://doi.org/10.1109/NER.2013.6695982) >

PATEL, A. D.; BALABAN, E. Temporal patterns of human cortical activity reflect tone sequence structure. **Nature**, v. 404, n. 6773, p. 80–84, Mar. 2000.

RAMOS, G. E. O. **Estudo sobre estimulação musical com o EEG e atenuação do ruído na UTI**. Dissertação de mestrado: Faculdade de Engenharia Elétrica FEELT – Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

ROSSING, T. D.; STEPHENS, Peter W. The Science of Sound. 3. ed. **Pearson**, 1991.

SAMMLER, D. et al. Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. **Psychophysiology**, v. 44, n. 2, p. 293–304, Dec. 2007.

SAMSON, S., & ZATORRE, R. J. Learning and retention of melodic and verbal information after unilateral temporal lobectomy. **Neuropsychologia**, v. 30, p. 815-826, 1992.

SCHAEFER, R. S. et al. Name that tune: Decoding music from the listening brain. **NeuroImage**, v. 56, n. 2, p. 843-849, May 2011.
DOI <<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.05.084>.>

SCHOMER, D. L.; SILVA, F. H. L. DA. Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Sixth ed. **Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins**, 2011.

SCHMIDT L. A; TRAINOR, L. J. Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions. **Cognition an Emotion**, v. 15, n. 4, p. 487-500, Jul. 2001.

SCHMILDT, E. R. Bioestatística: estatística descritiva. **Vide Science Technique Et Applications**, 2007.

TAYLOR, I. A; PAPERTE, F. Current Theory and Research in the Effects of Music on Human Behavior. **The Journal of Aesthetics and Art Criticism**, v. 17, no.2, p. 251-258, December 1958.

THAUT, M. H.; VOLKER, H. Handbook of neurologic music therapy. 1. ed. **Oxford: Oxford University Press**, 2014.

TRAINOR, L. J.; DESJARDINS, R. N., ROCKEL, C. A comparison of contour and interval processing in musicians and nonmusicians using event-related potentials [Special Issue]. **Australian Journal of Psychology**, v. 51, p. 147-153, 1999.

TSANG, C. D; TRAINOR, L. J.; SANTESSO, D. L.; TASKER, S. L. and SCHMIDT, L. A. Frontal EEG responses as a function of affective musical features. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 930, p.439-442, 2001.

ZATORRE, R. J.; HALPERN, A. R., PERRY, D. W., MEYER, E.; & EVANS, A. C. Hearing in the mind's ear: A PET investigation of musical imagery and perception. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 8, p. 29-46, 1996.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Neste anexo está presente o Termo de Consentimento que era assinado por todos os voluntários antes do início do procedimento de coleta

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada “Caracterização do ruído associado à eletroencefalografia (EEG) realizado em Unidade de Terapia Intensiva (UTI)” sob a responsabilidade dos pesquisadores: Prof. João Batista Destro Filho (FEELT/UFU), Prof. Gilberto Arantes Carrijo (FEELT/UFU), Marcos Campos, Elcione de Lima, Camila Davi Ramos, Eustáquio Fernandes Júnior, Rafael Cunha Tomais, Ana Clara Castro Pimentel Silva Araújo e Gabrielle Macedo Pereira. Nesta pesquisa, estamos buscando entender as características estatísticas médias do ruído ligado à Unidade de Terapia Intensiva Adulta (UTIA) do Hospital de Clínicas de Uberlândia (HCU), considerando particularmente o ruído artificial que perturba exames EEG, bem como elaborar um banco de dados EEG normal, considerando explicitamente a técnica de Oscilações de Alta Frequência (OAF) na faixa 0 – 120 Hz. Serão efetuadas medidas com eletrodos em vazio (ou seja, eletrodos dispostos sob uma superfície plana), para a captação direta do ruído, como também registros EEG em indivíduos normais, aqueles que não apresentam problemas neurológicos, nos quais também será possível estudar o ruído. Assim sendo, nosso projeto não apenas objetiva evitar o deslocamento arriscado de um paciente neurologicamente crítico da UTIA/HCU para o ambiente sem ruído SEM/HCU, mas também melhorar a qualidade dos diagnósticos de morte encefálica e fundamentar o alicerce para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento EEG contínuo.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pela pesquisadora **Camila Davi Ramos** na data estipulada previamente com o futuro voluntário, anterior ao procedimento de registro. Na sua participação você será, primeiramente, submetido a um questionário simples (informando dados biométricos, idade, gênero e patologias prévias) e em seguida será feita uma avaliação pelos pesquisadores sobre possíveis fatores que impedem sua participação na pesquisa que são: Ter feito ingestão de bebida alcoólica até 48 horas anteriores ao registro; Ter molhado o cabelo/ couro cabeludo no dia do registro; e Não ter tido boa noite de sono. Ao ser aprovada a participação será feita a preparação do aparelho de eletroencefalografia (EEG) e dos eletrodos para posterior colocação no voluntário, o qual será colocado em posição confortável para captação de EEG no escalpe do voluntário.

João Batista Destro Filho (Rubrica)

Participante da pesquisa (Rubrica)

Ao Início do registro este termo deverá estar assinado. Seu escalpo, ou seja, cabeça, será medido com fita métrica e alguns pontos serão marcados com pincel atômico lavável. Enquanto isso, ocorrerá registro a vazio (eletrodos soltos sobre a maca) para posterior análise dos ruídos presentes na sala. Depois, fixaremos os eletrodos nas marcações utilizando a pasta condutora e então a coleta será iniciada. Você será posicionado na maca e receberá instruções de como se comportar durante os testes, pois seguimos um protocolo, o qual será lido e explicado detalhadamente antes do registro ser iniciado. Durante o processo, antes de cada teste, vamos lembrá-lo da atividade que será feita no momento. Ao fim, será informado que o exame terminou e retiraremos os resíduos e eletrodos do seu escalpo para que você seja liberado. Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum ganho financeiro por participar na pesquisa. O método de traslado será utilizando veículo próprio dos pesquisadores, buscando no local que você achar conveniente, sendo que o local de encontro com os demais pesquisadores para realização dos registros será na portaria principal do HCU-UFU, situada na Avenida Pará, 1720, Bairro Umuarama, Uberlândia, Minas Gerais. O local de realização do registro será no setor de Neurologia do HCU-UFU. O tempo que você deverá dedicar para realização desse registro será de no mínimo 2 horas e no máximo 2 horas e 30 minutos.

João Batista Destro Filho (Rubrica)

Participante da pesquisa (Rubrica)

Os possíveis riscos consistem em: Risco de choque elétrico para que esse incidente não aconteça será utilizado na pesquisa um equipamento de EEG registrado na ANVISA (cujo número de registro é 80694810001), que por ser aprovado nesse órgão, contém todas as proteções contra choques elétricos. O gel condutor utilizado para coleta não causa danos à saúde. Porém, se o paciente apresentar alergia a alguma substância do composto, poderá ter leve irritação, que pode ser sanada limpando o couro cabeludo. Se necessário, o exame será cancelado. Risco de identificação do participante o qual será evitado nomeando os voluntários por números sem associar à nomes ou algum registro que possa identifica-lo, além de os dados anotados serem restritos apenas à equipe de pesquisa.

O benefício será a formação de um banco de dados de EEG em indivíduos normais para fomentar pesquisas que possibilitam a realização do exame EEG em Unidade de Terapia Intensiva Adulta de forma mais eficaz e confiável evitando assim de expor pacientes em situação delicada à riscos.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

João Batista Destro Filho (Rubrica)

Participante da pesquisa (Rubrica)

Ao assinar esse termo você concorda com a utilização de diferentes estilos de música, durante o registro, podendo ser utilizado equipamentos sonoros (gravador, fita K7, CD, DVD, MP3, MP4, MP5 e similares, computador e/ou instrumentos musicais), filmagens e fotos, objetivando a observação mais nítida e utilização científica do caso. Além de autorizar o uso dos dados produzidos pela coleta em todo e qualquer material, seja ele exposto ou não em meios de comunicação, preservando sempre a sua identidade quanto aos dados apresentados. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso dos dados acima mencionados em todo território nacional e no exterior, das seguintes formas: (I) artigos científicos; (II) revistas e periódicos; (III) livros; (IV) mídia eletrônica; ou outros. Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você. Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: JOÃO BATISTA DESTRO FILHO no telefone (34) 9977 - 2564. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; Fone: 34 32394131.

|

Uberlândia, ... de de 20.....

João Batista Destro Filho

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Participante da pesquisa

8.2 ANEXO B

Parecer Consubstanciado Liberado pelo CEP – UFU



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Caracterização do ruído associado à eletroencefalografia (EEG) realizado em Unidade de Terapia Intensiva (UTI)

Pesquisador: João Batista Destro Filho

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 54781615.6.0000.5152

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Elétrica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.715.863

Apresentação do Projeto:

Conforme apresenta o protocolo: Este projeto visa investigar as características estatísticas do ruído artificial que perturba o exame em eletroencefalografia (EEG) no intuito de definir um padrão de ruído no ambiente de UTI Adulto do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (HCU-UFU) e elaborar um banco de dados EEG normal, considerando explicitamente a técnica de Oscilações de Alta Frequência (OAF) na faixa 0 – 120 Hz. A eletroencefalografia (EEG) consiste num exame bastante coerente com a realidade SUS, devido ao fato de ser não-invasivo, barato, simples e sem contra-indicações para qualquer tipo de paciente. Embora este exame permita o monitoramento em tempo real do estado neurológico do paciente, todavia não consegue apresentar uma boa resolução espacial e também é fortemente perturbado por ruído. Os pesquisadores justificam a proposta argumentando que a falta de estudos orientados a utilização de EEG em alta frequência e, a escassez de monitorização contínua em ambientes de UTI no Brasil. A realização deste projeto deve melhorar a qualidade dos diagnósticos de morte encefálica e fundamentar o alicerce para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento EEG contínuo, assim como, evitar o deslocamento antiscado de um paciente neurologicamente crítico da UTIA/HCU para o ambiente sem ruído SEM/HCU. Para realizar a pesquisa, os próprios membros da equipe executora, assim como, como 100 indivíduos voluntários, saudáveis entre 18 – 60 anos,

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica

Bairro: Santa Mônica

UF: MG

Município: UBERLÂNDIA

CEP: 38.408-144

Telefone: (34)3239-4131

Fax: (34)3239-4135

E-mail: cep@ufu.br

[Assinatura]
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Comitê de Ética em Pesquisa
 Prof. Dr. Sandra Regina de Faria Furtado
 Coordenadora



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA/MG



Continuação do Parecer: 1.715.903

por uma letra do alfabeto, seguida por um número de coleta. Apenas os alguns membros da equipe terão acesso à correspondência entre as siglas e identificação do indivíduo.

- Risco de Choque Elétrico: Para que esse incidente não aconteça será utilizado na pesquisa um equipamento de EEG registrado na ANVISA (cujo número de registro é 80694810001), que por ser aprovado nesse órgão, contém todas as proteções contra choques, - O gel condutor utilizado para coleta não causa danos à saúde. Porém, se o paciente apresentar alergia a alguma substância do composto, poderá ter leve irritação, que pode ser sanada limpando o couro cabeludo. Dependendo da possibilidade de irritação da epiderme, se necessário, o exame será cancelado.

Benefícios:

Por se tratar de um projeto inovador tem como benefício primordial a criação de um banco de dados de EEG de alta frequência para que possa ser utilizado para pesquisas futuras relacionadas à EEG. Além disso é uma pesquisa que visa traçar um comportamento do ruído na UTIA do HCU-UFU e desse modo ser elemento para criação de filtros capazes de minimizar esses ruídos e dessa maneira permitir uma monitorização contínua em ambiente de UTI.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa de relevância social, objetivos bem definidos; A metodologia parece suficiente para atingir os objetivos propostos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória foram encontrados na Plataforma Brasil.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências apontadas no parecer consubstanciado número 1.559.906, de 20 de Maio de 2016, foram atendidas.

De acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12, o CEP manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

O protocolo não apresenta problemas de ética nas condutas de pesquisa com seres humanos, nos limites da redação e da metodologia apresentadas.

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica
UF: MG Município: UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3235-4131 Fax: (34)3235-4335 E-mail: cep@prodp.ufu.br

Prof. Dr. Sandra Tereza da Silva Furtado
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Comitê de Ética em Pesquisa
Prof. Dr. Sandra Tereza da Silva Furtado
Coordenadora

Página 03 de 08

8.3 ANEXO C

Tabela de Resultados Estatísticos

Neste anexo está presente a tabela de resultados gerada pelo software desenvolvido. A mesma contém todos os voluntários utilizados no presente estudo, as três situações analisadas e os pares de eletrodos do sistema 10-20.

	FP1			FP2		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	68.3	71.7	73.3	76.7	70.0	66.7
3801	66.7	71.7	73.3	68.3	70.0	66.7
5201	70.0	78.3	75.0	68.3	73.3	66.7
5801	76.7	80.0	76.7	73.3	85.0	91.7
6401	70.0	68.3	71.7	70.0	70.0	71.7
6701	60.0	58.3	66.7	68.3	68.3	68.3
7001	53.3	58.3	53.3	66.7	75.0	61.7
7701	66.7	86.7	80.0	81.7	76.7	78.3
8001	71.7	68.3	81.7	71.7	78.3	83.3

	F3			F4		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	55.0	43.3	61.7	71.7	60.0	75.0
3801	43.3	43.3	61.7	30.0	60.0	75.0
5201	56.7	61.7	55.0	45.0	65.0	66.7
5801	80.0	81.7	75.0	75.0	75.0	83.3
6401	61.7	55.0	46.7	71.7	70.0	65.0
6701	41.7	48.3	58.3	46.7	55.0	48.3
7001	50.0	56.7	60.0	58.3	58.3	58.3
7701	68.3	66.7	63.3	65.0	63.3	50.0
8001	71.7	56.7	65.0	53.3	73.3	61.7

	F7			F8		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	71.7	66.7	71.7	78.3	85.0	80.0
3801	65.0	66.7	71.7	60.0	85.0	80.0
5201	66.7	61.7	65.0	58.3	61.7	66.7
5801	75.0	73.3	86.7	81.7	86.7	76.7
6401	66.7	80.0	65.0	78.3	83.3	80.0
6701	70.0	53.3	68.3	60.0	58.3	63.3
7001	61.7	63.3	58.3	65.0	53.3	60.0
7701	83.3	83.3	71.7	73.3	80.0	70.0
8001	85.0	85.0	73.3	73.3	76.7	73.3

	T3			T4		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	58.3	65.0	73.3	66.7	68.3	55.0
3801	40.0	65.0	73.3	41.7	68.3	55.0
5201	48.3	48.3	60.0	51.7	65.0	53.3
5801	76.7	68.3	80.0	73.3	65.0	73.3
6401	51.7	43.3	51.7	58.3	56.7	60.0
6701	61.7	58.3	73.3	50.0	65.0	60.0
7001	61.7	48.3	61.7	60.0	58.3	53.3
7701	55.0	73.3	73.3	68.3	73.3	71.7
8001	78.3	70.0	68.3	68.3	68.3	75.0

	C3			C4		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	56.7	45.0	56.7	45.0	53.3	50.0
3801	30.0	45.0	56.7	30.0	53.3	50.0
5201	53.3	51.7	53.3	68.3	48.3	51.7
5801	81.7	73.3	81.7	58.3	75.0	76.7
6401	53.3	50.0	48.3	58.3	43.3	55.0
6701	35.0	58.3	56.7	46.7	51.7	50.0
7001	43.3	60.0	58.3	43.3	41.7	50.0
7701	68.3	66.7	63.3	65.0	73.3	58.3
8001	66.7	60.0	56.7	48.3	65.0	66.7

	T5			T6		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	53.3	55.0	58.3	53.3	58.3	58.3
3801	36.7	55.0	58.3	33.3	58.3	58.3
5201	51.7	55.0	46.7	45.0	51.7	53.3
5801	76.7	58.3	78.3	51.7	58.3	75.0
6401	38.3	38.3	50.0	56.7	46.7	58.3
6701	46.7	46.7	48.3	51.7	50.0	51.7
7001	43.3	48.3	51.7	38.3	48.3	38.3
7701	63.3	71.7	58.3	55.0	53.3	53.3
8001	56.7	65.0	53.3	48.3	43.3	48.3

	P3			P4		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	53.3	43.3	56.7	51.7	48.3	48.3
3801	25.0	43.3	56.7	46.7	48.3	48.3
5201	61.7	53.3	53.3	48.3	61.7	58.3
5801	71.7	75.0	80.0	63.3	61.7	56.7
6401	51.7	48.3	46.7	51.7	45.0	51.7
6701	43.3	38.3	50.0	46.7	51.7	41.7
7001	40.0	48.3	53.3	36.7	55.0	53.3
7701	73.3	66.7	60.0	61.7	68.3	63.3
8001	56.7	58.3	55.0	46.7	51.7	48.3

	O1			O2		
	S x MD	S x MF	MF x MD	S x MD	S x MF	MF x MD
3401	60.0	53.3	53.3	38.3	43.3	53.3
3801	28.3	53.3	53.3	20.0	43.3	53.3
5201	40.0	55.0	48.3	35.0	51.7	30.0
5801	75.0	70.0	85.0	70.0	61.7	81.7
6401	40.0	43.3	40.0	38.3	33.3	36.7
6701	35.0	28.3	36.7	36.7	55.0	41.7
7001	33.3	41.7	55.0	31.7	45.0	41.7
7701	65.0	75.0	75.0	60.0	53.3	43.3
8001	43.3	48.3	43.3	36.7	41.7	38.3