



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica  
Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N, Sala 115 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 3239-4761 - www.ppgeb.feelt.ufu.br - ppegb@feelt.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia Biomédica				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 092, PPGEB				
Data:	Vinte e quatro de abril de dois mil e vinte e três	Hora de início:	14 horas	Hora de encerramento:	16h30
Matrícula do Discente:	12012EBI003				
Nome do Discente:	Kaliny Alice Carvalho de Oliveira Magalhães				
Título do Trabalho:	Análise da estimulação cognitiva e de seus ruídos com base no EEG				
Área de concentração:	Engenharia Biomédica				
Linha de pesquisa:	Sistemas Computacionais e Dispositivos Aplicados à Saúde				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Estudo do efeito da estimulação musical baseado em eletroencefalografia				

Reuniu-se via plataforma Microsoft Teams, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, assim composta: Professores Doutores: Milena Bueno Pereira Carneiro - FEELT/UFU; Francisco Fambrini - FMU e João Batista Destro Filho - PPGEB/UFU orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. João Batista Destro Filho, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **João Batista Destro Filho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/04/2023, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Fambrini, Usuário Externo**, em 24/04/2023, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Milena Bueno Pereira Carneiro, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/04/2023, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4445165** e o código CRC **CADAB313**.

---

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M188  
2023 Magalhães, Kaliny Alice Carvalho de Oliveira, 1997-  
Análise da estimulação cognitiva e de seus ruídos com  
base no EEG [recurso eletrônico] / Kaliny Alice Carvalho  
de Oliveira Magalhães. - 2023.

Orientador: João Batista Destro Filho.

Coorientador: Murillo Guimarães Carneiro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Biomédica.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.241>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia biomédica. I. Destro Filho, João Batista  
,1970-, (Orient.). II. Carneiro, Murillo Guimarães,1988-  
, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.  
Pós-graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDU: 62:61

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**KALINY ALICE CARVALHO DE OLIVEIRA MAGALHÃES**

**ANÁLISE DA ESTIMULAÇÃO COGNITIVA E DE SEUS RUÍDOS COM  
BASE NO EEG**

**UBERLÂNDIA-MG  
2023**

**KALINY ALICE CARVALHO DE OLIVEIRA MAGALHÃES**

**ANÁLISE DA ESTIMULAÇÃO COGNITIVA E DE SEUS RUÍDOS COM BASE NO  
EEG**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica

Linha de Pesquisa: Sistemas Computacionais e Dispositivos Aplicados à Saúde

Orientador: Dr. João Batista Destro Filho.

**UBERLÂNDIA-MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico esse trabalho a minha família, a minha mãe Maria Valtervam que sempre me apoiou a seguir todos os meus sonhos mais diferentes e impossíveis. Ao meu pai, que sempre soube me fazer dar risada apesar das adversidades. Aos meus irmãos, Lynyker e Kethlyn que são meus maiores parceiros e apoiadores, inclusive o pequeno Evang. A todo o amor recebido durante essa jornada e ao carinho que me motivaram a continuar mesmo nos momentos mais difíceis.

Gostaria de agradecer a minha noiva, Gabrielle, que além de passar comigo todos os momentos complicados e difíceis, me deu a força que eu precisava. As minhas cachorrinhas Pequi e Panqueca que trouxeram o alívio, amor e carinho que eu necessitava durante esses anos.

O amor de vocês me fez continuar.

Agradeço também ao meu professor e orientador João Batista, que além de ser um excelente profissional, me proporcionou descobertas incríveis e foi um suporte extremamente compreensivo em todos os momentos durante a produção desse trabalho e em toda minha trajetória acadêmica.

## RESUMO

Os processos da mente geram sensações como raiva, excitação e felicidade. O EEG é uma das principais ferramentas de estudo quando se trata da análise do comportamento da atividade elétrica do córtex cerebral. Apesar de ser bastante utilizado, se faz necessária a análise de todos os níveis quando se trata de um exame poderoso como o tal. Processos cognitivos e estimulações musicais são protocolos de avaliação de funcionamento do traçado do EEG que permitem observar suas modificações em diversos níveis. Além disso, por ser um exame que sofre bastante influência externa, é imprescindível o estudo acerca de ruídos no seu traçado, se fazendo necessária a criação de formas de reduzir esses artefatos no sinal, por isso, uma sala eletromagneticamente blindada é um caminho seguro a seguir. A redução de ruídos é crucial, visto que o EEG é um dos exames mais utilizados no protocolo de Morte Encefálica, ou seja, quanto mais informações forem filtradas corretamente, melhor o grau de avaliação dele. Portanto, as estimulações musicais e processos cognitivos mostraram que interferem diretamente em alguns ritmos cerebrais causando alterações e oscilações evidentes. Salas eletromagneticamente blindadas funcionam de maneira mais assertiva quando são utilizadas frequências de amostragem maiores.

## **ABSTRACT**

The processes of the mind generate sensations such as anger, excitement, and happiness. The EEG is one of the main study tools when it comes to analyzing the behavior of the electrical activity of the cerebral cortex. Despite being widely used, it is necessary to analyze all levels when it comes to a powerful exam like this. Cognitive processes and musical stimulation are protocols for evaluating the functioning of the EEG tracing that allow observing changes at different levels. In addition, as it is an exam that suffers a lot of external influence, it is essential to study noise in its tracing, making it necessary to create ways to reduce these artifacts in the signal, therefore, an electromagnetically shielded room is a safe way to follow. Noise reduction is crucial, since the EEG is one of the most used tests in the Brain Death protocol, that is, the more information that is filtered correctly, the better the degree of its evaluation. Therefore, musical stimulation and cognitive processes have shown that they directly interfere with some brain rhythms, causing evident alterations and oscillations. Electromagnetically shielded rooms work more assertively when higher sampling frequencies are used.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
BCI	Brain Computer Interface
CEP	Comitê de Ética em Pesquisas
CRDI	Interface Digital de Resposta Contínua
EEG	Eletroencefalograma
FA	Frequência de Amostragem
FA	Frequência de Amostragem
FIG.	Figura
FM	Frequência Mediana
LP	Leitura de Palavras
ME	Morte Encefálica
PCP	Porcentagem de Contribuição de Potência
PCR	Coma Após Parada Cardiorrespiratória
PDS	Densidade Espectral de Potência
PPN	Percentual de Potência Normalizada
ROC	Características de Operação do Receptor
SE	Sem Estímulo
SUS	Sistema Único de Saúde
SVM	Máquina de Vetores de Suporte
TCE	Trauma Cranioencefálico
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UTI	Unidades de Terapia Intensiva

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1 - Introdução</b> .....	6
1.1 Introdução.....	6
1.2 Justificativa.....	7
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Assuntos abordados.....	8
1.5 Contribuições.....	8
<b>Capítulo 2 – Estimulação Musical</b> .....	10
2.1 Música.....	10
2.2 Metodologia.....	12
2.3 Resultados e Discussão.....	13
2.4 Detalhes Musicoterápicos.....	13
2.5 Perfil do Voluntário Estudado.....	13
2.6 Detalhes Técnicos das Pesquisas.....	14
2.7 Discussão.....	15
2.8 Conclusões.....	23
<b>Capítulo 3 - Quatificadores</b> .....	25
3.1 Porcentagem de contribuição de potência (PCP).....	23
3.2 Percentual de Potência Normalizada (PPN).....	24
3.3 Coerência.....	26
3.4 Frequência Mediana (FM).....	27
<b>Capítulo 4 – Leitura de Palavras</b> .....	28
4.1 Leitura de palavras.....	28
4.2 Métodos.....	29

<b>4.3 Coleta de Dados</b> .....	29
<b>4.4 Pré-Processamento</b> .....	30
<b>4.5 Análise Estatística e Quantificadores</b> .....	30
<b>4.6 Resultados</b> .....	31
<b>4.7 Conclusão</b> .....	39
<b>Capítulo 5 – Morte Encefálica</b> .....	40
<b>5.1 Morte encefálica</b> .....	40
<b>5.2 Metodologia</b> .....	42
<b>5.3 Conclusão</b> .....	46
<b>Capítulo 6 – Sala Blindada</b> .....	48
<b>6.1 Sala Blindada</b> .....	48
<b>6.2 Metodologia</b> .....	48
<b>6.3 Gravação dos Dados</b> .....	48
<b>6.4 Processamento dos Dados</b> .....	49
<b>6.5 Quantificadores</b> .....	49
<b>6.6 Situações de Análises</b> .....	50
<b>6.7 Análise Estática</b> .....	50
<b>6.8 Resultados</b> .....	51
<b>6.9 Conclusão</b> .....	54
<b>Capítulo 7 – Conclusões Gerais</b> .....	56
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	58



# Capítulo 1

## Introdução

Esse capítulo está relacionado aos aspectos introdutórios do trabalho, está dividido em introdução, objetivo e justificativa.

### 1.1 Introdução

Os ritmos cerebrais são definidos como a atividade elétrica do córtex cerebral, visto que eles têm por características oscilações repetitivas. Durante a excitação sináptica dos dendritos, os potenciais sinápticos excitatórios formam um campo elétrico possibilitando a captação dessas correntes. (SORNMO; LAGUNA, 2007). O Córtex cerebral tem uma grande responsabilidade no processamento de funções vitais, tais quais, sensações, movimento voluntário, aprendizado, percepção e fala.

O Eletroencefalograma (EEG) está relacionado a atividade elétrica cerebral. Existem algumas formas de captação desses sinais, sendo elas: interna com eletrodos de agulha e externa com eletrodos de cobre fixados no couro cabeludo. O EEG é uma das principais ferramentas clínicas para a compreensão do cérebro humano além de ser importantíssimo para diagnósticos de diversos distúrbios cerebrais. A captação mais utilizada, é realizada com o auxílio de 22 eletrodos posicionados no escalpo do indivíduo, como descrito no sistema internacional 10-20. As informações obtidas com o EEG, são separadas por frequências e amplitudes, conhecidas como ritmos cerebrais. Essas informações se dão devido a comunicação nas células cerebrais através de impulsos elétricos.

Os ritmos cerebrais estão correlacionados a estados da mente podendo ser divididos em seis frequências, altas e baixas, sendo elas: Delta (0,5 - 3,5 Hz), Teta (3.5 – 7.5 Hz), Alfa (7.5 – 12.5 Hz), Beta (12,5 - 30 Hz), Gama (30 – 60 Hz) e Super Gama (80-120+) (SORNMO; LAGUNA, 2007). Cada ritmo cerebral pode ser associado a algum tipo de ação, tais como: os ritmos de alta frequência, Gama e Supergama, podem ser associados ao estado de consciência e memória. (LEHEMBRE, 2012).

Os ritmos considerados de baixa frequência Delta, Teta, Alfa são associados a estados de vigília e a falta de consciência, sendo o primeiro bastante característico em registros de pacientes comatosos. Análises com sinais de alta frequência são bastante úteis, pois podem fornecer informações sobre a atividade mental, ligada a memória. Patologias em geral podem ser avaliadas ao se observar o traçado do EEG (BROTONS, 2000) particularmente o Coma, que se trata de um estado de inconsciência e ausência de resposta a estímulos externos (RAMOS, 2019). O coma pode ser causado por diversas etiologias, como intoxicação por drogas, acidentes que causaram lesões na área cerebral, traumatismos diversos e acidentes vasculares.

## **1.2 Justificativa**

O EEG é uma ferramenta muito relevante para ajudar em diagnósticos envolvendo diversos tipos de patologias neurológicas. Sendo assim, esse projeto tem como embasamento contribuir com a equipe médica na avaliação das alterações da atividade bioelétrica cerebral de indivíduos em todos os estados de consciência. Usando estimulações musicais, cognitivas e avaliações clínicas.

Partindo do pressuposto que inúmeros fatores podem alterar o sinal elétrico cerebral e sabendo que a música é um dos principais moduladores da memória emocional a estimulação em pacientes comatosos é uma nova área de pesquisa na neurociência. Esta pode ser aplicada na redução de dores, tratamento para ansiedade, reabilitações, já que ela trabalha em diversas áreas do córtex cerebral, alterando a frequência cardíaca e a atividade cerebral.

## **1.3 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é verificar se o estímulo musical e cognitivo, são capazes de provocar alterações no traçado EEG, e ao que essas alterações estão relacionadas e quais são suas influências gerais.

Nos aspectos específicos, o estudo terá como objetivos: a análise retrospectiva de uma base de dados, o processamento de sinais EEG, aplicando ferramentas quantitativas, análise de ruídos de um sinal de EEG e as consequências de isolar esses sinais.

## **1.4 Assuntos abordados**

Ao decorrer desse estudo, foram trabalhados diversos dados correlacionados ao EEG. No capítulo 2, realizou-se uma busca na literatura sobre indivíduos neurologicamente normais submetidos a estimulações musicais e como devidas estimulações trouxeram alterações no traçado do EEG.

Estimulações cognitivas como leitura de palavras, também foram analisadas levando em consideração um protocolo de medição pré-determinado, com voluntários normais. Os resultados decorrentes desse estudo estão dispostos no capítulo 4. Além de estudos realizados com voluntários normais submetido a estimulações variadas, no capítulo 5 elaborou-se uma revisão bibliográfica acerca de indivíduos no contexto de morte encefálica e como o EEG é aplicado nesses cenários.

Sendo o EEG o principal método utilizado para realizar a análise dos dados, fez-se necessário o estudo no que diz respeito a seu comportamento em relação a ruídos. O capítulo 6 tratou-se de uma coleta em um ambiente eletromagneticamente blindado, sendo feita diversas comparações com o traçado adquirido. Alguns dos resultados quantitativos obtidos e trabalhados nesse estudo, visto no capítulo 3, foram obtidos por meio dos quantificadores responsáveis por mensurar os dados encontrados.

## **1.5 Contribuições**

Protocolos relacionados a morte encefálica não são bem padronizados ao realizar uma comparação a nível global. Com esse estudo, tornou-se possível a visualização dos principais métodos utilizados para a validação da ME.

O EEG é amplamente estudado em diversos contextos, porém, foi importante realizar a validação do seu comportamento ao comparar com diversos cenários diferentes e com ritmos independentes, mostrando que suas alterações quando se é utilizado música, são aparentes.

Como dito anteriormente, apesar do EEG ser bastante estudado, o conceito de ruídos em seu traçado não é comumente encontrado na literatura. No presente estudo, foram realizadas diversas análises acerca do comportamento de ruídos em cenários onde eles estavam sendo filtrados por uma sala eletromagneticamente blindada, como também fora da mesma.

Salas eletromagneticamente blindadas ainda não são assuntos encontrados com facilidade na literatura, estudos sobre a filtragem de ruídos de um traçado de EEG se fazem extremamente necessários, e com essa pesquisa, tornou-se possível mostrar seu comportamento em diversos protocolos e análises diferentes, trazendo um grande adendo ao seu funcionamento.

Artigos gerados nessa pesquisa:

Magalhães K. A. C. O.; Rodrigues A. L.; et. al, "Revisão sobre as diretrizes para a estimulação cognitiva do tipo musical em interfaces cérebro-máquina", Revista de Sistemas de Informação da FSMA n 28(2021) pp. 45-57.

RAMOS, Camila Davi; LIMA, Izabella Nonato Oliveira; RODRIGUES, Amanda Luiza; MAGALHÃES, Kaliny Alice Carvalho de Oliveira; RODRIGUES, Aurélia Aparecida de Araújo; DESTRO-FILHO, João-Batista. Analysis of electroencephalography brain rhythms in the reading process. *einstein* (São Paulo), São Paulo, v. 18, eAO5442, Oct. 2020. [https://doi.org/10.31744/einstein\\_journal/2020AO5442](https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2020AO5442).

Magalhães K. A. C. O.; Barbosa H. A. et. al, "Revisão sistemática sobre a aplicação da eletroencefalografia (EEG) no contexto da morte encefálica", XIII SEB, 2021.

Magalhães K. A. C. O.; RAMOS, Camila Davi, et. al. "Avaliação experimental do filtro notch de equipamento médico de EEG em sala eletromagneticamente blindada" - CEEL - ISSN 2596-2221, 2021.

## Capítulo 2

# Revisão bibliográfica sobre estimulação musical do indivíduo normal

### 2.1 Música

De acordo com o que foi abordado anteriormente, a música é uma ferramenta poderosa e que pode ser utilizada para avaliar diversos aspectos comportamentais para com o ser humano, e com isso, acarreta variadas pesquisas acerca do assunto. Estudos como em (KOELSCH, 2010) que apresenta a música como sendo extremamente valiosa na compreensão humana, como a cognição, memória e processos cerebrais tais quais: audição, semântica e percepções motoras. O artigo mostra como a música está relacionada a processos evolutivos, como os primeiros passos dos bebês estão relacionados a informações prosódicas e com isso, a comunicação musical pode ser relacionada ao desenvolvimento cognitivo e emocional.

Além disso, é determinado que os processos relacionados a percepção musical possuem locais específicos para acontecerem no cérebro e mesmo com a relação da memória e percepção musical sendo evidente, ainda é bastante limitado ao se fazer a análise com a memória musical de longo prazo. Dados obtidos pela análise de ressonância magnética, sugerem que o acesso à memória semântica musical envolve o giro temporal médio (esquerdo), e que representações semânticas musicais são armazenadas em áreas ântero - temporais (esquerda) (GROUSSARD *et al.*, 2010).

A ativação de uma memória, pode ocasionar mudanças nas emoções de um indivíduo e essas mudanças podem ser captadas por intermédio do EEG. Ainda em (GROUSSARD *et al.*, 2010), evidencia que apesar dos dados obtidos por neuroimagem, ainda não existe uma distinção muito clara acerca de memória semântica verbal e musical, sendo assim, processos léxicos musicais e verbais ainda não foram resolvidos.

A utilização de ferramentas que possibilitam a leitura e análise de estimulações cognitivas como a música, é a forma mais adequada de obter dados sensíveis a busca, porém essencialmente ligada à área de exatas, não existe um padrão nos protocolos experimentais implementados e equipamentos de análises ideais, o que dificulta a comparação e a análise de confiabilidade dos resultados.

Entretanto em (CHEN *et al.*, 2018), aponta que a modulação da atividade cerebral com a música, em regiões córtex orbito frontal, ajuda a aumentar o número de comandos de uma interface cérebro computador (BCI).

Os autores propuseram um paradigma experimental para treinar sujeitos com o objetivo de elicitare padrões cerebrais distinguíveis com respeito à imaginação de escalas musicais de piano de baixa e de alta frequência. Os padrões de ativação EEG como resultado de estímulos musicais foram analisados e traduzidos em controle para um sistema BCI independente.

Duas faixas diferentes de estímulos sonoros (escalas altas e baixas) foram administradas a três indivíduos saudáveis, dois homens e uma mulher, com idade média de 23 anos. A escala alta compõe uma escala ascendente de 8 notas, começando em C6 e terminando em C7, a escala baixa compõe a mesma escala ascendente de 8 notas completas, mas começa em C2 e termina em C3, além disso, as escalas foram geradas eletronicamente pelo simulador de piano no software online Note Flight em 2/4 compassos e andamento de 12 semínimas por minuto.

O estudo (NOZARADAN, 2014), apresenta uma abordagem experimental inspirada na marcação de frequência para entender a percepção e a produção rítmica, ilustradas por meio do registro das respostas Eletroencefalográficas humanas nas frequências de batimento e de metro (batimentos/minutos) da música. Além disso, essa revisão explorou o arrastamento neural ao batimento e ao medidor musical como induzido em vários contextos, por exemplo, sincronização sensório-motora ou integração multissensorial.

O método de marcação de frequência apresentou os seguintes resultados: identificação objetiva das respostas neurais eliciadas na frequência exata da batida e do medidor percebidos esperados; quantificação direta desses potenciais usando a análise do domínio da frequência; alta relação sinal-ruído, dada a concentração da resposta de interesse dentro de faixas de frequência estreitas; e respostas neurais relacionadas a aspectos perceptivos ou cognitivos, investigadas sem a necessidade

de respostas comportamentais explícitas, possivelmente influenciando essas medidas.

Ainda sobre BCI, a pesquisa desenvolveu-se um sistema de música com Interface cérebro – computador utilizando EEG para detectar e controlar emoções de pacientes. Esse projeto contém um sistema de aquisição de EEG multicanal, um módulo Bluetooth, um módulo de análise em tempo real e um controlador de música. O sistema de aquisição de EEG multicanal sem fio integrado com o módulo Bluetooth é projetado para adquirir simultaneamente sinais EEG e transferir sem fio esses sinais para o computador.

O estudo investigou as respostas de EEG associadas à emoção usando uma máquina de vetores de suporte (SVM), além disso, utilizou – se uma interface digital de resposta contínua (CRDI), para quantificar os níveis de preferência subjetiva da música, e assim, registrar os sentimentos dos pacientes.

Os testes foram realizados em 28 participantes, com idades entre 18 e 32 anos, sendo treze dos participantes do sexo masculino. Cabe notar que todos os participantes não receberam nenhum treinamento musical formal, na possuindo também nenhuma experiência com instrumentos musicais.

## **2.2 Metodologia**

O conjunto de artigos encontrados para realização dessa pesquisa, baseou-se em uma seleção de estudos que fizeram análise com EEG de acordo com uma estimulação musical pré-definida de forma específica por cada artigo. Para a aquisição dos artigos foram usadas as plataformas de pesquisas acadêmicas que abrangem toda literatura científica, a saber: Google Acadêmico, SciELO, LILACS, Science Direct, selecionados pela quantidade de artigos na área médica. As palavras chaves foram: EEG AND Music Therapy-Musical Stimulation OR Cognition. Normal Individual AND Brain-Machine Interface.

Os critérios de inclusão contaram com estudos realizados em indivíduos neurologicamente normais, ou seja, sem nenhuma patologia neurológica prévia, visto que para base de análise é importante verificar as características homeostáticas do funcionamento cerebral e o EEG, sendo um importantíssimo critério de inclusão na pesquisa pois é uma das técnicas de obtenção de dados menos invasivas e mais fáceis de utilização. Artigos que não atendiam ao critério de inclusão, não foram

adicionados nesse estudo. Foram selecionados um total de vinte e sete artigos, sendo vinte e dois dos artigos usados na revisão publicados em periódicos internacionais.

### **2.3 Resultados e Discussão**

Os dados coletados de cada artigo foram subdivididos em quatro partes para a análise: Características dos Voluntários (Tabela 1); Características do Sinal Analisado (Tabela 2); Aspectos Musicoterápicos (Tabelas 3 e 4) e Objetivos, Informações Adicionais e Resultados (Tabelas 5 e 6). Os resultados foram subdivididos em 4 sessões detalhando aspectos relevantes para a pesquisa, sendo: Detalhes Musicoterápicos, Perfil do Voluntário Estudado, Detalhes Técnicos das Pesquisas e Principais Resultados.

### **2.4 Detalhes Musicoterápicos**

Na seleção de músicas, diversos estilos foram empregados: 18,51% dos artigos usaram música clássica, em 14,81% os próprios voluntários fizeram a seleção, 14,81% utilizaram tons puros, 25,92% empregaram estilo étnico e apenas um estudo foi desenvolvido com ruídos. A maioria dos estudos (81%) adotaram a sequência de estímulos a seguir: silêncio pré-estimulação e estimulação propriamente dita. Os outros 19% não informaram.

A duração dos estímulos variou entre 2 segundos a 25 minutos, sendo 30 segundos a duração mais comum. A maior parte dos estudos relataram que os voluntários estavam de olhos fechados e em estado de relaxamento durante o procedimento.

No que se refere à quantidade total de estimulações aplicada em uma única sessão, em cada voluntário, a média foi de 4 estimulações. Notou-se que 22,22% dos artigos repetiram a sessão de estimulação do mesmo voluntário, com periodicidade variando de um dia até 6 meses.

### **2.5 Perfil do Voluntário Estudado**

Os artigos selecionados avaliaram o efeito da música nas emoções e o impacto psicofisiológicos em pessoas saudáveis. Para os critérios de inclusão foram

adotadas três categorias: Músicos (categoria 1), não músicos (categoria 2) e aqueles estudos que não especificaram se eram ou não músicos (categoria 3).

Os artigos apresentaram quantidades de voluntários variadas, e fazendo a média de todos os 27 artigos foi encontrado um valor de 18 voluntários, sendo consideravelmente bom visto a limitação na realização de estudos com EEG de longa escala. Cerca de 44,44% dos voluntários eram destros, apenas 1 estudo considerou voluntários canhotos.

Esta escolha pode ter sido feita porque alguns estudos associam pessoas canhotas à criatividade. Entretanto, os estudos encontrados não são feitos de forma tão frequente em voluntários canhotos. Contatou-se 7,40% dos artigos na categoria 1, 70,37% na categoria 2 e 22,2 % na categoria 3. 51,4% dos artigos analisados correspondem a estudos realizados com voluntários de origem asiática, seguido pela Europa com 29,6%, e por último as Américas 18,5%.

Notou-se também que apenas 11,11% dos trabalhos consideraram explicitamente grupos controle. Por exemplo, em (BABILONI, 2012) o grupo controle foi formado por indivíduos não músicos, ou seja, que não relataram habilidades relacionadas a música; já em (MEHMOOD, 2016), o grupo controle apresentou um total de 30 voluntários com diversas formações educacionais/culturais e diferentes níveis de proficiência em inglês, variando de falantes intermediários a especialistas; sendo que em (KAY, 2012) o grupo controle foi formado por 10 homens e 10 mulheres com idade média de  $30,7 \pm 11,0$  anos.

Em (SCHAEFER, 2011), que além do estímulo musical o paciente faria uma atividade motora os participantes que não obtiverem pelo menos 90% da nota de acompanhar o estímulo batendo na mesa com o mesmo ritmo e não obtiveram pelo menos 80 % na tarefa de familiaridade com o estímulo, o que pode fixar a ideia de não se encaixarem na categoria 1 (músicos).

## **2.6 Detalhes Técnicos das Pesquisas**

Em quesito de posicionamento de eletrodos nos voluntários, constatou-se que 74% dos estudos adotaram o sistema de eletrodos internacional 10-20, evidenciando que é o padrão mais adotado em medições pela padronização do sistema e a boa integração de todas as áreas do cérebro.

Várias ferramentas de análise foram empregadas, das quais destacam-se o teste Anova e a Transformada de Wavelet, apenas 25,92% dos estudos utilizaram a Transformada de Fourier. Nos 46,67% dos estudos que utilizaram filtros, para a eliminação de ruídos, o passa-banda foi o mais recorrente.

A frequência de amostragem variou de 128 Hz a 2048 Hz, sendo as mais usadas: 256, 512 e 2048 Hz, além disso 22,2% dos estudos não informaram este dado. Cerca de 44,44% dos estudos pouco informaram sobre as épocas analisadas, particularmente se houve validação destas últimas por parte de um neurologista.

Os demais artigos utilizaram critérios variados, considerando janelas de 2, 3 ou 10 segundos. 70,38% das pesquisas relatam presença de artefatos de musculatura e de movimento oculares, durante a execução do exame, os demais estudos não apresentam informação sobre ruídos. Poucos artigos apontaram se tais ruídos foram ou não retirados.

É importante notar que poucos artigos apresentam informações em relação a ruídos, se eles foram ou não retirados do traçado, e com isso, não se pode afirmar se os ruídos estão modificando alarmantemente os sinais ou que são razoáveis para Padrões EEG.

## **2.7 Discussão**

Nos próximos dois parágrafos, pode-se notar uma contrariedade à primeira vista, mas apesar de diferenciados, eles, na realidade, se complementam. Fica evidente pelo exposto que para cada tipo de estimulação uma emoção ou área cerebral pode ser ativada e com isso remeter a algum tipo pessoal de memória, excitação, nervosismo, variando assim, as frequências resultantes desses processos de cognição.

O estudo apresentou como resultados diferenças significativas para os participantes na análise das modulações da atividade cerebral durante uma tarefa específica. A potência de Gama frontal e as modulações da potência Beta frontal foram mais pronunciadas, principalmente no hemisfério direito.

Além disso, modulações de potência Gama têm sido relatadas de forma consistente na literatura em relação ao processamento de emoção, com base em uma variedade de tarefas e estímulos.

Na pesquisa de (CHEN *et al.*, 2018), variações concentraram-se principalmente no córtex frontal, sobretudo na faixa de frequência de 20 a 35 Hz, ou seja, nas bandas de frequência Beta e Gama. Um resultado similar foi observado no estudo, no qual foi constatado aumento de potência nas frequências 13 a 44 Hz, ou seja, os ritmos Beta e Gama.

O estudo (KUMAGAI; ARVANEH; TANAKA, 2017) mostrou como resultado um aumento da potência sobretudo nos ritmos Alfa e Teta, em todas as sete localizações frontais estudadas. Já em (STOBER, 2015), o hemisfério esquerdo apresentou aumento significativo na potência Teta, quando comparado antes e durante a música. Analisando os resultados de (TSENG, 2013), é possível observar que também houve aumento significativo de teta frontal, bem como a assimetria de alfa no momento de estimulação musical.

No estudo, os resultados evidenciaram que a atividade cerebral medida na parte anterior do couro cabeludo permitiu distinguir a valência das emoções musicais. A atividade cerebral aumenta durante a apresentação de trechos musicais de valências positiva (ou seja, cuja percepção é considerada agradável pelo ouvinte), enquanto diminuiu durante trechos negativos (desagradável). Verificou-se, também, que estímulos musicais agradáveis induziram maior atividade EEG frontal esquerda nas bandas Teta e Gama, já em estímulos musicais desagradáveis, maior atividade EEG foi detectada na região frontal direita, em particular nas bandas Alfa e Beta.

Analisando-se todos os resultados dos artigos selecionados para essa revisão, é possível sempre observar alguma alteração de potência nas bandas do EEG, quando aplicado um estímulo musical, e que, essa alteração depende de qual estimulação foi aplicada. É importante notar que o processamento realizado, assim como a estimulação, está diretamente relacionado ao tipo de análise que se deseja realizar. Por isso não é comum existir um padrão fixo para qualquer uma destas duas etapas.

**Tabela 1 - Características dos voluntários analisados com mais detalhes**

Artigos (citação)	Crítérios de Inclusão/Exclusão	Nacionalidade dos Voluntários	Grupos do Estudo	Grupos Controle	Voluntário Canhoto ou Destro
(BALASUBRAMANIAN, 2018)	Participantes sem treinamento formal de música.	Índia	10 Homens destros (30 ± 7,39 anos).	Não existe	Destros

(KAY,2012)	Saudável e sem educação profissional em música.	Japão	8 homens (22,4 ± 0,744 anos).	Não existe	Não especificado
(KUMAGAY,2017)	Adultos não treinados musicalmente e destros, sem uso de medicamentos neurológicos.	Índia	10 indivíduos (6 homens e 4 mulheres).	Não existe	Destros
(OGATA, 1995)	Estudantes sem histórico de doenças neurológicas ou dificuldade de audição, não músicos e sem treinamento musical formal.	Alemanha	Fala-se em 18 indivíduos saudáveis no início da metodologia, mas fala-se que foram estimulados 22 indivíduos normais no meio da metodologia.	Próprio grupo do estudo.	Destros
(SCHAEFER, 2011)	Os participantes que não obtiverem pelo menos 90% da nota de acompanhar o estímulo batendo na mesa com o mesmo ritmo e não obtiveram pelo menos 80 % na tarefa de familiaridade com o estímulo. Foram excluídos 4 participantes.	Ontário, Canadá	10 voluntários (7 do sexo feminino, idade 19-36 anos) submetidos a 12 estímulos musicais em 4 condições e 5 blocos.	Não existe	Canhotos
(TANDLE, 2016)	Ele não especifica quais foram os critérios adotados, mas informa que os indivíduos analisados foram sujeitos normais submetidos aos critérios de inclusão e exclusão desse próprio estudo (que não foram especificados).	Índia	N = 41 participantes, divididos em 2 grupos: apreciadores da música ouvida (N=13) e não apreciadores da mesma (N=28), conforme escala estipulada pelo estudo que variou de 0 (detestou a estimulação) e 5 (adorou a mesma).	Existem dois grupos de indivíduos normais, por isso não existe grupo controle.	Todos destros

**Tabela 2 - Características do sinal analisado**

Artigos	Gravação do sinal	Informações sobre as Épocas Analisadas	Informações sobre o Ruído	Ferramentas de Análise
(BALASUBRAMANI AN,2018)	Não informado	alfa (8–13 Hz), teta (4–7 Hz) e gama (30–50 Hz), analisaram	Livre de Ruídos	Transformada de Wavelet, Análise de Flutuação Destendida (DFA) –(Detrended

			somente lobo frontal F3 e F4.	Fluctuation Analysis), Dimensão Fractal (FD).
(KAY,2012)	fa=1024 Hz. Filtro: Passa banda de 0,08 a 100 Hz. Sistema internacional 10-10, com 32 eletrodos. GND em AFz e referência em A1. No processamento diminui fa =256Hz, filtro Butterworth de 1 a 40Hz.	São 60 envelopes de 34 segundos (2 seções com 30 tentativas) (Onde foram excluídos os 2s iniciais e o segundo final).	O sinal passou por análise visual, se houvesse artefato de grande amplitude era refeitea aquela gravação.	Transformada de Hilbert no estímulo musical, z-score (EEG e estímulo), função de correlação cruzada entre o estímulo e a resposta cortical, corrigimos os graus de liberdade usando uma correção de Greenhouse-Geisser.
(KUMAGAY,2017)	fa = 256 Hz. Filtro:0.5-70 Hz. EEG com 19 canais. Sistema de montagem:10-20.	Não informado	Usou transformada wavelet para retirar ruído de Alfa e Teta Dados de EEG livre de ruído para todos os eletrodos usando a técnica de EMD.	Método de análise multifractal de sinais.
(OGATA, 1995)	fa=500 Hz. Filtro: Não informado. EEG com 63 canais Sistema de montagem:10-20.	Para o EEG de cada voluntário foram analisadas 42 épocas Duração de cada época, aproximadamente 2 segundos. Divididas em três partes, com sobreposição de 50% Uso da Janela de Hamming.	Foram rejeitados trechos em que o sinal apresentou tanto ruído de eletrodo quanto ruído ocular.	1) Cálculo da FFT; 2) Média dos espectros. Subdivisão das faixas (ritmos) do EEG e análise por faixa: teta (IAF x 0.4 – IAF x 0.6) , alfa inferior 1 (IAF x 0.6 – IAF x 0.8), alfa inferior 2 (IAF x 0.8 – IAF x 1.0), alfa superior (IAF x 1.0 – IAF x 1.2), beta (IAF x 1.2 – 30 Hz).
(SCHAEFER, 2011)	fa=512 Hz (no processamento diminui para 64 Hz) Filtro: Passa banda de 0,5 a 30 Hz. EEG com 64 + 2 canais.	Quando utiliza o quantificador Grand Average Beat ERPs existe épocas de desde 200 ms antes até 300 ms depois de cada marcador de batida.	EOG para remover piscada utilizando análise de componentes independentes (ICA), em 5 voluntários utilizaram EMG para gravar o sinal do músculo mastoide e utilizar a média deste como referência Interpolação pelo método de splines esféricos para corrigir eletrodos não aprovados pela análise visual.	Teste de grande média de potencial de eventos relatados (Grand Average Trial ERPs), análise de componentes principais (PCA), Grand Average Beat ERPs.
(TANDLE, 2016)	fa = Não informado; Filtro: Não informado; Sistema de montagem:10-20.	Janelamento de Hanning com resolução espectral de 0.448 Hz.	Não existe	Todos os sinais EEG foram submetidos à análise de ruído, que e o mesmo foi

retirado de forma off-line  
 Uso da POTÊNCIA ESPECTRAL MÉDIA por meio de FFT para cálculo de potência em Teta, na região frontal  
 Uso do TESTE T para comparação dos dados.

**Tabela 3 - Aspectos musicoterápicos 1**

Artigos	Tipo de Estimulação Musical	Sequência de Estímulos	Duração de cada Estímulo	Duração do Silêncio	Quantidade Total de Estimulações	Periodicidade do Estímulo
(BALASUB RAMANIAN ,2018)	Duas ragas (música clássica indiana) "Chayanat" (romântico / alegria) e "Darbari Kannada" (pathos / tristeza).	Três minutos sem música, 3 min e 40 s com música (Chayanat,) 3 min e 40 s sem música, 3 min e 40 s com música (Darbari Kannada) e 3 min e 40 s sem música. Ao todo 17 min e 40 s de gravação.	3 min e 40 s sem música, 3 min e 40 s com música (Darbari Kannada) e 3 min e 40 s sem música. Ao todo 17 min e 40 s de gravação.	3 minutos	4 estímulos	Apenas em um dia (O artigo não diz exatamente, mas foi inferido através da leitura).
(KAY,2012)	Versões originais e embaralhadas, vide artigo para obter detalhes particulares. Para testar a hipótese de que o entretenimento frente à música seria influenciado pela familiaridade que é um dos fatores de alto nível da percepção musical, calcula-se a função de correlação cruzada entre o envelope da música tocada e o EEG gravado durante a audição de três tipos de música	Sessão 1 - Masquerade (original); Twinkle (scrambled); March (original); Canon (scrambled); Swan Lake (original); Twinkle (original) Sessão 2 - Twinkle (scrambled); Piano Sonate KV 309 (original); Masquerade (original); March (original); Canon (scrambled); Lieder Ohne Op. 19.1 (original).	Tempo de duração do silêncio: 1 minuto inicial e inter-estímulos de 30 segundos.	Não especificado	30 estimulações	Não especificado

(KUMAGA Y,2017)	familiar, desconhecida e embaralhada Estímulo tanpura (instrumento de cordas tipicamente indiano)	Não informado	O ciclo teve duração de 4,5 seg.	Não informado	Uma estimulação	Gravado em um dia, período da tarde.
-----------------	--	---------------	----------------------------------	---------------	-----------------	--------------------------------------

**Tabela 4 - Aspectos musicoterápicos 2**

Artigos	Tipo de Estimulação Musical	Sequência de Estímulos	Duração de cada Estímulo	Duração do Silêncio	Quantidade Total de Estimulações	Periodicidade do Estímulo
(OGATA , 1995)	Os participantes foram estimulados com duas categorias de peças musicais diferentes: a primeira, de peças de consonantes (ou seja, agradáveis) compuseram 10 trechos de melodias de danças instrumentais alegres com duração aproximada de 1 min; Peças desagradáveis.	São vários trechos musicais, sendo que a ordem foi: Trecho musical, silêncio, sinal alerta para voluntário classificar em bom ou ruim o som (escala de 1 a 6) e 10 s.	Pelo menos 1 minuto, sendo repartido em 22s anteriores e 44s posteriores.	30 segundos de duração.	Não fica claro, mas aparentemente são 10 trechos que variam entre agradáveis e desagradáveis.	Não informado, mas com a leitura do artigo percebe-se que foi gravado somente em um dia.
(SCHAE FER, 2011)	São vários estímulos.	Os estímulos foram divididos em três categorias: 4 gravações de músicas com letras (1-4); 4 gravações das mesmas músicas sem letras (11-14); e 4 peças instrumentais (21-24).	Tabela 1 do artigo (média de 10.4 seg).	Não informado	240 tentativas (12 estímulos x 4 condições x 5 bloqueios), onde as condições são: Percepção de estímulo precedida por cliques de sugestão Imaginação de estímulo precedida por cliques de sugestão Imaginação estímulo sem cliques de sinalização e Imaginação estímulo sem cliques, com feedback.	Não informado, mas com a leitura do artigo percebe-se que foi gravado somente em um dia.
(TANDLE , 2016)	Música clássica instrumental indiana: Piece	Silêncio (5 minutos), música (10	10 minutos de estímulo.	5 minutos	1 estimulação por voluntário.	5min - 10min - 5min (Não informado, mas

of Hindustani (Norte da Índia).	minutos), silêncio pós música (5 minutos).	com a leitura do artigo percebe-se que foi gravado somente em um dia).
---------------------------------	--	--

**Tabela 5 - objetivos, observações e/ou informações importantes e resultados parte 1**

Artigo	Objetivos	Observações E/Ou Informações Importantes	Resultados
(BALASUBRAMANIAN,2018)	Analisar o efeito da música hindustani (duas ragas escolhidas para análise foram "Chayanat" (romântico / alegria) e "Darbari Kannada" (pathos / tristeza)) sobre a atividade cerebral durante o estado de relaxamento normal, utilizando eletroencefalografia (EEG), preocupando com retenção de emoções após a retirada da música.	Sujeitos com os olhos de fechados o que os ajudaram a ouvir com atenção, mas confortavelmente, música no longo experimento.	Observa-se que em Chayanat, o FD do alfa em F3 apresenta alta complexidade no processamento neural em diferentes regiões do tempo, representando alta excitação para a música alegre. Após sua retirada, nos próximos 220 s, o DF de alfa permanece alto até 120 segundos e depois cai, mostrando assim a retenção da emoção de Chayanat por 120 s.
(KAY,2012)	Investigar a diferença da resposta cortical dependendo da familiaridade da música com foco no entretenimento cortical.	Foram extraídos dois tipos de estímulos sonoros, versões originais e embaralhadas, usando o software de computação e notação de música chamado Sibelius (Avid Technology, EUA). Criaram 20 partes da versão original que consistiam em melodias produzidas por sons de piano. Criaram então 10 partes da versão embaralhada usando as 10 partes superiores da, randomizando notas em cada metro e, em seguida, aleatorizando a ordem dos medidores. Os participantes classificaram os estímulos em familiar ou não familiar, sendo que a versão original dos estímulos foi categorizada em dois grupos (familiares e desconhecidos) de acordo com a resposta do participante.	Os resultados revelaram que as respostas corticais foram significativamente diferentes entre as categorias (Familiar, não Familiar e Misturada), enquanto não houve diferença entre as respostas corticais na primeira e na segunda sessão. A fim de avaliar a lateralização hemisférica nos dois picos entre as sessões de cada categoria, realizaram um teste ANOVA de medidas repetidas de duas vias. O teste mostrou que não houve efeito principal significativo do eletrodo no primeiro e no segundo pico. Os resultados mostram que não há lateralização hemisférica nos dois picos.
(KUMAGAY,2017)	Estudar os diferentes níveis de ativação neural nos ritmos	O estímulo tanpura foi gerado usando o software "Your tanpura".	Os resultados mostram a largura espectral, isto é, a complexidade dos

cerebrais alfa e teta sob efeito de estimulação musical acústica. Além disso fez a importância do contexto da quantificação de emoções, bem como no campo de musicoterapia cognitiva.

ritmos alfa e teta aumenta em todas as sete localizações frontais estudadas, sob o efeito de estímulos musicais. (A LINHA MÉDIA FRONTAL)

**Tabela 6 - objetivos, observações e/ou informações importantes e resultados parte 2**

Artigos	Objetivos	Observações e/ou informações importantes	Resultados
(OGATA, 1995)	Examinar se a valência das emoções percebidas durante as músicas agradáveis e desagradáveis, influenciaria diferencialmente o espectro de potência do EEG e a frequência cardíaca; elucidar se e <del>em quais bandas de</del> frequência o EEG aumentaria as correlações confiáveis do processamento emocional e <u>em quais bandas isto ocorre.</u>	Todos os participantes foram submetidos ao estímulo 2 a 5 dias antes dos registros de EEG para garantir a familiarização com esses estímulos.	A potência teta sobre os eletrodos frontais médios foi maior durante <u>as músicas agradáveis</u> em comparação com trechos dissonantes. De acordo com as classificações dos participantes, algumas peças não induziram fortes emoções, agradáveis ou desagradáveis, mas classificaram como neutro. Como esperado, a observação da potência da região centro-parietal esquerda, que diminuíram durante as batidas, foi sustentada por uma interação de duas vias extremamente significantes de Batidas x Hemisfério em todas as três bandas de frequência. Em suma, a música agradável ( <u>quando comparada com a desagradável</u> ) foi associada a um aumento de potência teta na linha média frontal (Fm). Esses achados mostram que a Fm teta é modulada pela emoção mais fortemente do que se acreditava anteriormente.
(SCHAEFER, 2011)	<u>Obter um</u> Conjunto de dados de domínio público de gravações de eletroencefalografia (EEG) realizadas durante a percepção musical e imaginação que tem como objetivo permitir que pesquisadores de recuperação de	Todos os estímulos foram considerados peças bem conhecidas no contexto cultural norte-americano. Eles foram normalizados em volume e mantidos o mais próximo possível, com o cuidado de garantir que todos eles	Por PCA resultou em componentes principais com características espaciais mal definidas. Como alternativa, realizou-se um PCA nos testes brutos concatenados sem primeiro calcular uma média entre as

	informações musicais interessados nesses novos desafios dos sistemas de recuperação de informações de imagens musicais (MIIR) testem e adaptem facilmente suas abordagens existentes para análise de música, como impressão digital, controle de batidas ou estimativa de andamento em dados de EEG.	continham frases musicais completas a partir do início da peça.	tentativas. Esta abordagem produziu componentes espaciais claramente definidos.
(TANDLE, 2016)	Estudar as valências de emoções musicais e sua lateralidade evocada por instrumentos indianos, através do EEG.	Os voluntários foram posicionados em cadeira confortável. Foi utilizado fone de ouvido com cancelamento de ruído. Todos os voluntários foram registrados com olhos fechados.	Em grupo de pessoas que apreciam a música, o hemisfério esquerdo mostra aumento significativo na potência Teta, quando comparado antes e durante a música. <del>Enquanto</del> <u>Por outro lado,</u> na parte direita do hemisfério, não houve mudança significativa na potência Teta. Com isso, aqueles que apreciaram a música, evocaram emoções positivas ou agradáveis, principalmente <u>na</u> via esquerda do hemisfério do cérebro.

## 2.8 Conclusões

A importância de softwares que possibilitam a blindagem e remoção de ruídos dos sinais analisados se fazem presentes em alguns artigos, porém, o sinal eletroencefalográfico como já dito anteriormente é muito suscetível a oscilações externas e com isso acarreta diversos artefatos que atrapalham na interpretação dos dados. Nota-se, também, que a maioria dos achados fazem com que o voluntário se sinta relaxado e em um ambiente confortável, algo que é de extrema importância, visto que as medições estão tratando apenas de efeitos cognitivos.

Falando sobre estimulação musical em (HEO, 2017), apresentou que sons produzidos por instrumentos musicais, como piano e violino apresentaram menor aceitação da BCI e mais desconforto nos voluntários, sendo que os sons naturais como cachoeira, cigarras teve uma receptação melhor e mais agradável. O som natural foi mais harmônico que a música. Isso corrobora com a maioria dos achados, diferentes tipos de estimulações produzem alterações na atividade cerebral.

Em relação as frequências analisadas durante a estimulação musical, a onda Alfa foi a que teve maior destaque, porém em alguns estudos como (TANDLE, 2016) apresentou que ao analisar o hemisfério esquerdo a onda Teta teve uma alteração mais significativa em pessoas que apreciam música.

Os achados encontrados indicam que apesar de estudos com EEG e música sejam uma realidade ainda existe uma lacuna em relação a protocolos. Diversas sugestões para investigações futuras apresentam-se como desafiadoras pelo fato de serem pouco abordadas: a análise de voluntários com formação musical e/ou canhotos, latino-americanos, e estabelecendo-se um grupo controle, possivelmente empregando técnicas de registro com mais de 20 eletrodos.

## Capítulo 3

### Quantificadores

#### 3.1 Porcentagem de contribuição de potência (PCP)

A PCP é determinada pela quantidade de energia contida em uma faixa de frequência, inicialmente calcula-se a densidade espectral de potência,  $S_x$ , por meio da Transformada de Fourier. Esse cálculo é realizado na variação de 1 a 100 Hz, e todos os ritmos apresentam uma densidade espectral diferente (RAMOS *et al.*, 2020). A (PCP), mensura, de maneira relativa, a potência presente em cada ritmo cerebral, em relação à potência total do espectro, informando, portanto, a contribuição que cada ritmo tem perante a época avaliada.

A partir da densidade espectral que é calculada para o sinal total e as demais faixas, o valor de potência pode ser calculado usando (1).

$$P_i = \int |S_{xi}(f)|^2 df \quad i = 1, 2, \dots, S \quad (1)$$

Sendo:

$P_i$  – Potência espectral

$f$  – Frequência

$S_x$  – Densidade espectral de potência.

$i$  – Segmento considerado

$$PCP_{ritmo} = \frac{\int_{f=f_{inritmo}}^{f_{outritmo}} |S_{xi}(f)|^2 df}{P_i} \quad i = 1, 2, \dots, S \quad (2)$$

Sendo:

$P_i$  - Potência total do sinal na época  $i$ , considerando a frequência variando de 0 a 40 Hz.

$PCP_{ritmo}$  - Porcentagem de potência espectral do ritmo, na época  $i$ .

$f_{in}$  - Frequência inicial do ritmo (delta, teta, beta ou alfa).

$f_{out}$  - Frequência final do ritmo (delta, teta, beta ou alfa).

$S_{xi}(f)$  - Densidade espectral de potência na época  $i$ .

$S$  - Quantidade total de segmentos.

#### 3.2 Percentual de Potência Normalizada (PPN)

O quantificador Percentual de Potência Normalizada (PPN) mensura a quantidade de potência do sinal, abrangendo todos os ritmos existentes entre 1 e 100 Hz (delta, teta, alfa, beta, gama e supergama) é obtido através do resultado do cálculo da densidade espectral de potência (PDS).

$$S_{x^i a}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x i(\tau) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (3)$$

Sendo:

$i$ : Época analisada;

$R_x$ : Autocorrelação do sinal  $[(\mu V)^2]$ ;

$\tau$ : Deslocamento do sinal no tempo;

$a$ : Corresponde ao evento analisado OA ou LP;

$f$ : Vetor de frequência.

Com o resultado do cálculo de  $S_x$ , feito para todos os trechos dos momentos OA e LP, foi calculado os valores de PPN.

$$PPN_{x^a}(f, b) = \left\{ \frac{S_{x^a}(f, b)}{Máx(S_{x^a})} \right\} \times 100\% \quad (4)$$

Onde:

$S_{x^a}(f, b)$  - PDS do trecho  $b$ , na frequência  $f$ , associada ao evento  $a$  [W/Hz]. Escalar;

$S_{x^a}$ : Matriz da PDS em que as linhas representam os valores de frequências ( $f$ ) e as colunas são referentes aos trechos ( $b$ ) [W/Hz];

$Máx(S_{x^a})$ : Amplitude máxima, calculada após análise de todos os elementos da matriz  $S_{x^a}$  . [W/Hz].

### 3.3 Coerência

A Coerência é uma medida estatística relacionada ao grau de acoplamento dos espectros de frequência, e seu valor depende das correlações entre os eventos analisados no domínio da frequência. Pode-se ainda fornecer informações adicionais em diagnósticos ao medir os pares de regiões neocorticais. Se refere, portanto, ao grau de similaridade de fase entre dois sinais, assim como discutido em (Sörnmo;

Laguna, 2007). O cálculo é dado pela magnitude quadrada da densidade espectral cruzada entre os dois sinais, como apresentado na equação (5) (BUZSÁKI, 2009).

$$|\Gamma_{xy}(e^{jw})|_i^2 = \frac{|S_{xy}(e^{jw})|^2}{S_x(e^{jw})S_y(e^{jw})} \quad (5)$$

Sendo:

$i$ : Segmento considerado;

$S_{xy}$ : Densidade espectral de potência cruzada;

$S_x$ : Densidade espectral do sinal X;

$S_y$ : Densidade espectral do sinal U.

Os valores próximos a zero, indicam que a similaridade é baixa e os valores próximos a um apresenta uma correlação alta. Se tratando da eletroencefalografia, a coerência é baseada na análise dos hemisférios esquerdo e direito fazendo a simetria entre oito pares de eletrodos.

### 3.4 Frequência Mediana (FM)

A partir do espectro da frequência obtida pelo cálculo de Fourier, é possível obter a Frequência Mediana, que é o valor da frequência em relação as potências calculadas. Esse método é uma maneira simplificada de realizar a análise do espectro de potência do sinal EEG, sendo o valor da FM um indicativo de alterações no traçado. A equação é dada por:

$$F_{m_i} = \frac{\sum_{n=1}^m \int |S_x(f)|_{f_{aixa}^x} f_{aixa}}{P_i} \quad (6)$$

Sendo:

$F_{m_i}$  – Frequência Mediana

$S_x$  – Densidade espectral de potência

$f$  – Frequência

$f_{aixa}$  – Vetor de frequências

$P_i$  – Potência espectral

$i$  – Segmento considerado

## **Capítulo 4**

# **Estimulação cognitiva de indivíduos normais baseada na leitura de palavras**

### **4.1 Leitura de palavras**

O processo de leitura está relacionado a múltiplas estimulações cerebrais, envolve tanto a parte visual ou o toque, como atenção e semântica (DIMIGEN, 2011). A fim de que uma palavra seja reconhecida é necessário que ocorra a comunicação dessas áreas estimuladas para que ocorra a interpretação homogênea da entrada visual (DIMIGEN, 2011). Sendo assim, pesquisas indicam que várias regiões cerebrais são acionadas durante a leitura, porém, por meio da neuroimagem, constata-se que uma área do córtex occipito-temporal é ativada em leitores fluentes.

Essa região, localizada no giro fusiforme, foi nomeada de “área visual da palavra” (Visual Word Form Area). Sendo responsável por aprimorar o armazenamento de informações no homem, a leitura faz com que seja necessária uma conjuntura de habilidades e estudo contínuo para que a aprendizagem de novas palavras proporcione ampliação nos conhecimentos. Estudos desenvolvidos em (DIMIGEN, 2011), demonstram que tal região da leitura ativa-se quando indivíduos são submetidos às palavras escritas, mas não se ativa quando elas são ouvidas.

A prática da leitura, além de levar ao aprimoramento dos conhecimentos prévios, também é responsável pelo aperfeiçoamento da percepção auditiva e visual sendo uma forma particular da evolução humana. Durante o processo de leitura, a atividade elétrica do cérebro sofre alterações, as quais podem ser captadas pelo exame eletroencefalográfico (EEG). Sabendo-se que a transmissão das informações cerebrais ocorre por meio de atividade elétrica, o EEG grava essa atividade, que é detectada por eletrodos colocados no couro cabeludo, conforme as seguintes localizações neuroanatomias: Frontal (F), Central (C), Parietal (P), Temporal (T), Occipital (O); sendo os eletrodos ímpares representando o hemisfério esquerdo cerebral, e os pares, no hemisfério direito.

Levando em consideração que são levantadas hipóteses que processos cognitivos provocam alterações na atividade cerebral esse estudo tem o objetivo de

mensurar, por meio do processamento quantitativo, sinais eletroencefalográficos de voluntários neurologicamente saudáveis no processo de leitura.

## **4.2 Métodos**

Esse estudo foi realizado no primeiro semestre do ano de 2019, e abordou os seguintes tópicos de processo metodológico: Coleta de Dados; Pré-Processamento; Quantificação do sinal cerebral; e Análise Estatística.

## **4.3 Coleta de Dados**

Sinais EEG considerados neurologicamente normais foram analisados, esses retirados de uma base de dados de EEG medidos em voluntários saudáveis, entre os anos de 2016 e 2018, apresentado a autorização pelo Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade Federal de Uberlândia (CEP – UFU) foi liberada sob número CAAE: 54781615.6.0000.5152, com parecer de número 1.715.960, permitindo a coleta e uso / processamento desses dados. Dessa base foram utilizados 96 registros de EEG (49 referentes à voluntários do sexo masculino). A idade média dos voluntários foi de  $24 \pm 7,5$  anos.

O equipamento operado para a coleta dos exames possui capacidade para 20 canais, sendo que a filtragem utilizada em todos os registros fez uso de filtro passa-alta com frequência de corte de 1Hz, e filtro passa-baixa a 100Hz. Todos os registros foram coletados seguindo o sistema internacional de coletas 10–20. Diante disso, nesse trabalho, optou-se por analisar dois momentos que fizeram parte do protocolo: Momento 1, referente ao instante em que o voluntário permaneceu de olhos abertos e em repouso, ao longo de três minutos, sem estímulos, aqui denominado Sem Estímulo (SE); e Momento 2, em que o voluntário foi submetido à leitura de dez palavras, aqui denominado Leitura de Palavras (LP).

Para a gravação de SE, o voluntário permaneceu deitado, de olhos abertos e em repouso, ao longo de três minutos, sem nenhuma estimulação. Já em LP, com o voluntário ainda deitado, foram apresentadas uma palavra de cada vez, sequencialmente. Essas eram mostradas, durante um período de 5 segundos, na altura dos olhos do voluntário, escritas em tipos de letras grandes em um pedaço de cartolina, de forma que ele conseguisse fazer a leitura silenciosa. Posteriormente à

leitura, realizou-se mais 5 segundos de gravação, em silêncio, antes de passar para a próxima palavra. No total, o voluntário foi solicitado a ler 10 palavras, sendo essas: Cachorro, Futebol, Camisa, Novela, Banana, Tomate, Música, Celular, Tecido e Trabalho. Esta escolha, embora tenha sido aleatória, buscou utilizar vocábulos de forma a evocar memória e emoções associadas ao dia a dia atual de um brasileiro comum.

#### **4.4 Pré-Processamento**

Para garantir que o estudo considerasse um intervalo de tempo durante o qual o voluntário realmente estivesse realizando o ato da leitura da palavra, foram excluídos o primeiro e o último segundo de cada registro das palavras lidas. Portanto, para o evento LP, foram analisadas 10 épocas (trechos, segmentos) com duração de 3 segundos, cada época associada à leitura de uma palavra específica. Já para o evento SE, cada registro de EEG foi submetido à validação de separação de épocas de interesse. As épocas, também com duração de três segundos de sinal, foram escolhidas por um médico neurologista, especialista em análise de EEG, por meio da visualização.

Adotou-se como padrão para escolha a morfologia do traçado neurologicamente normal, evidenciando momentos livres de artefatos visuais, cujas morfologias das ondas cerebrais estivessem dentro dos padrões esperados para um voluntário saudável.

A fim de que o sinal analisado fosse o mais livre possível de artefatos, como ruído de 60Hz, de artefato muscular, de piscada, ou outros, foram utilizadas, além de análises visuais do traçado, filtragens específicas, o que garantiu que o sinal analisado fosse referente ao traçado EEG.

#### **4.5 Análise Estatística e Quantificadores**

Foram utilizados os quantificadores PPN, PCP e Coerência. Como os valores de PPN variaram numa faixa grande de frequências (1 a 100Hz), optou-se por repartir esses dados em três bandas: Ritmos Clínicos (variando entre 1 e 30Hz); Ritmo Gama (30 a 80Hz); e Ritmo Supergama (80 a 100Hz). A partir dos valores de PPN por banda,

os eventos SE e LP foram dispostos nessa ordem para que diagramas tempo-frequências pudessem ser elaborados. Sendo assim, tais valores foram dispostos no tempo em ordem cronológica de acontecimentos, e dispostos na frequência, do menor ao maior valor (considerando cada banda isoladamente). Para cada eletrodo analisado foram gerados, portanto, três diagramas tempo-frequência: Ritmos Clínicos, Ritmo Gama e Ritmo Supergama.

A fim de verificar a hipótese da igualdade dos dados de PPN em ambos os eventos (SE e LP), o teste de Mann-Whitney, foi utilizado, com 95% de confiança. Trata-se de um teste não paramétrico responsável pela comparação de amostras independentes com o objetivo de testar se existe diferença entre elas. (26) O resultado mostra o nível de significância entre os dados, representados pelo p-valor. Esse, quando for menor que 5%, rejeita-se a hipótese da igualdade, assumindo-se que os dados comparados são distintos.

Os valores de PCP obtidos foram submetidos ao cálculo descritivo (mediana  $\pm$  desvio padrão de mediana) para resumir as informações obtidas por cada ritmo cerebral. Esses também foram comparados para os dois eventos por meio do teste Mann-Whitney com mesmo nível de significância, e os resultados dispostos em tabela.

Por fim, os valores de coerência obtidos tanto no evento SE, quanto no evento LP, foram utilizados para compor diagramas tempo-frequência. O eixo tempo foi formado, assim como para PPN, por valores medidos nas épocas cronológicas, respeitando a ordem dos acontecimentos, em segundos, e o eixo das frequências compreendendo valores que foram da menor à maior contribuição dentro de cada ritmo, em Hz. A comparação estatística entre os valores de coerência medidos no evento SE com os obtidos no evento LP foi implementada também usando o teste de Mann Whitney, com 5% de significância.

#### **4.6 Resultados**

Nas Fig. de 1 a 3 estão representados os diagramas tempo-frequência dos valores de PPN. Em cada figura, de a) a d), os eletrodos Fz, Cz, Pz e Oz, respectivamente, foram mostrados. A Fig. 1 refere-se aos Ritmos Clínicos, a Fig. 2 ao Gama e a Fig. 3 ao Supergama. Em todas as comparações feitas de PPN pela estatística de Mann-Whitney entre SE (1-30 segundos) e LP (30-60 segundos)

apresentou p-valores significativos ( $p\text{-valor} < 0.05$ ), apontando diferença estatística entre PPN medido na situação de repouso e o PPN mensurado durante o processo de leitura.

Figura 1 - Diagramas

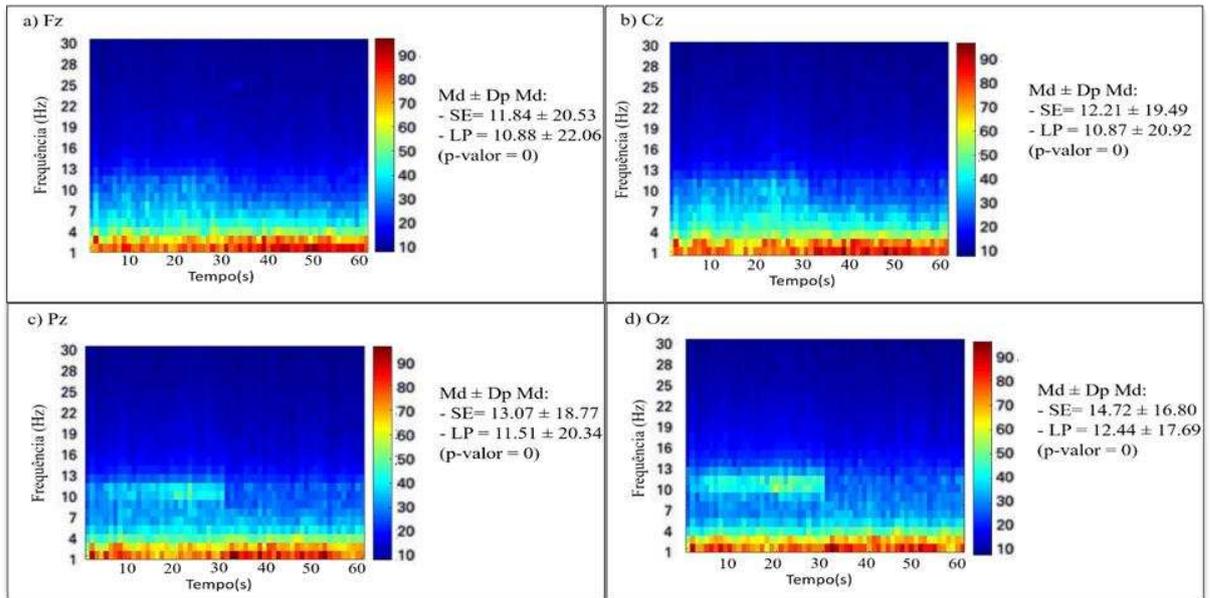


Figura 1. Diagrama tempo-frequência de PPN para ritmos clínicos, sendo os 30 primeiros segundos referentes ao evento Sem Estímulo, e os 30 últimos segundos são referentes ao evento Leitura de Palavras. a) Diagrama referente ao eletrodo Fz. b) Diagrama referente ao eletrodo Cz. c) Diagrama referente ao eletrodo Pz. d) Diagrama referente ao eletrodo Oz.

Figura 2 - Diagramas

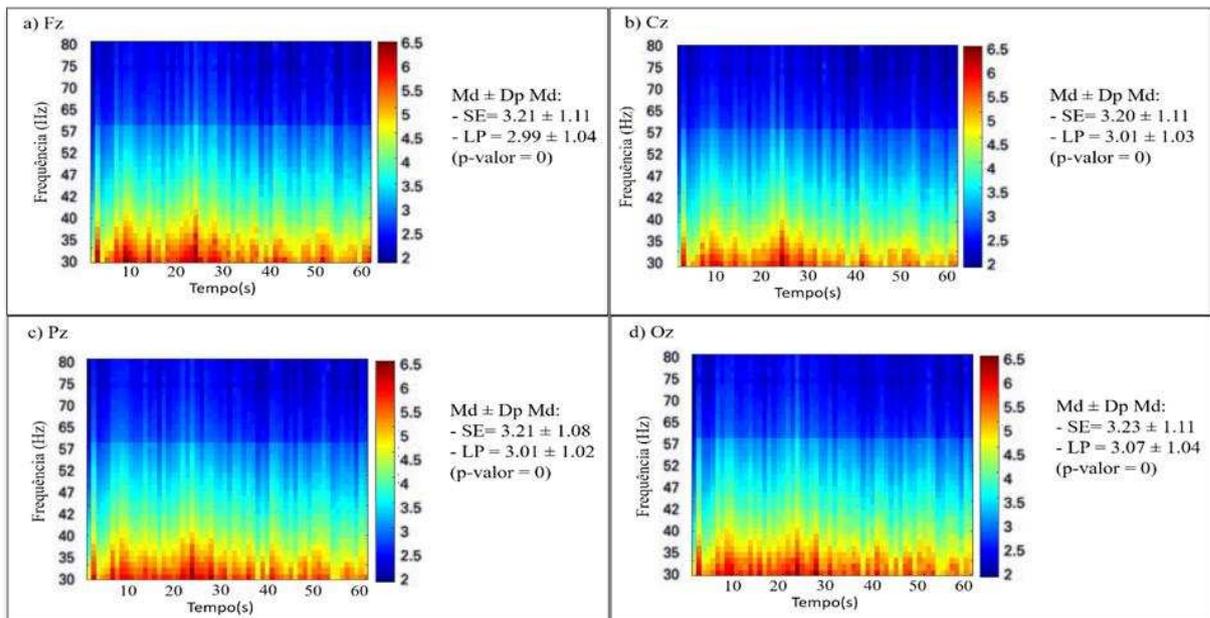


Figura 2. Diagrama tempo-frequência de PPN para gama, sendo os 30 primeiros segundos referentes ao evento Sem Estímulo, e os 30 últimos segundos são referentes ao evento Leitura de Palavras. a) Diagrama referente ao eletrodo Fz. b) Diagrama referente ao eletrodo Cz. c) Diagrama referente ao eletrodo Pz. d) Diagrama referente ao eletrodo Oz.

Figura 3 - Diagramas

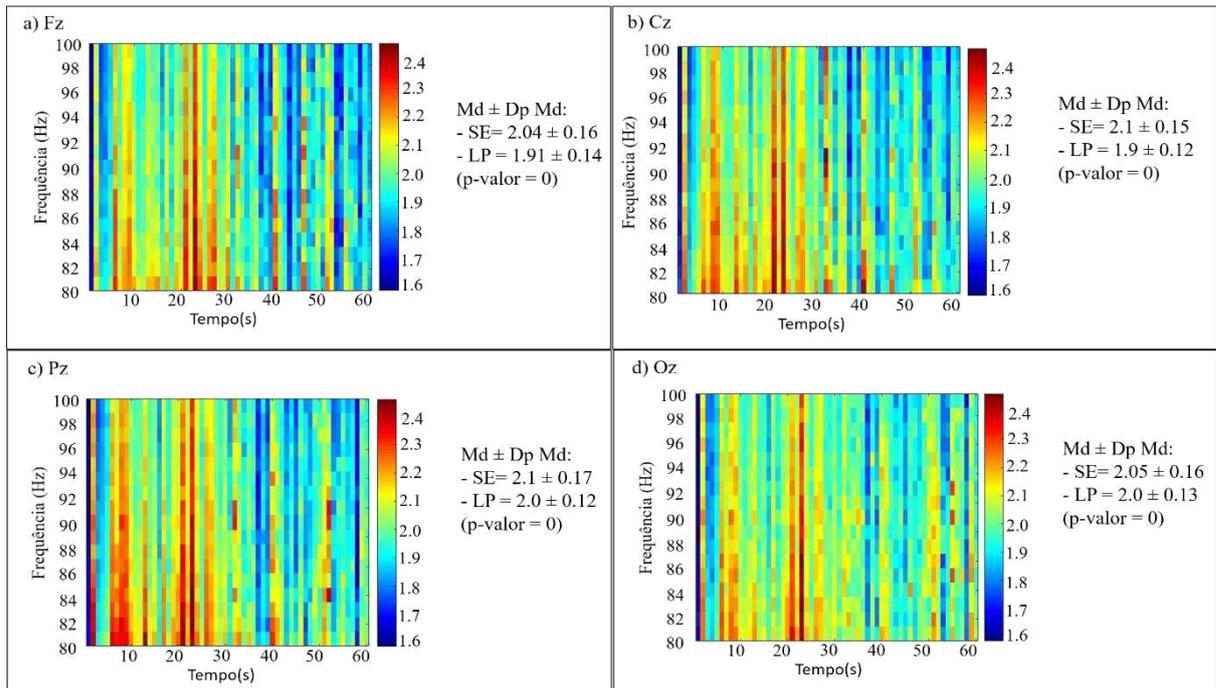


Figura 3. Diagrama tempo-frequência de PPN para supergama, sendo os 30 primeiros segundos referentes ao evento Sem Estímulo, e os 30 últimos segundos são referentes ao evento Leitura de Palavras. a) Diagrama referente ao eletrodo Fz. b) Diagrama referente ao eletrodo Cz. c) Diagrama referente ao eletrodo Pz. d) Diagrama referente ao eletrodo Oz.

Ao fazer a análise visual da Fig. 1, nota-se que na faixa de frequência entre 10 e 13 Hz, a qual a banda Alfa é mais evidente, a discrepância entre os eventos SE e LP é perceptível. Em contrapartida, a Fig. 2 não possui diferença visual quando feita a comparação dos momentos SE e LP, além da diminuição do PPN no evento LP, visto entre 30 e 35 Hz. Analogamente à Fig. 2, na Fig. 3 ocorreu diminuição do PPN em LP, porém essa baixa foi vista em todas as faixas de frequência do Supergama. Destaca-se que, apesar de visualmente as comparações entre SE e LP indicarem igualdade do PPN medido, o teste de Mann-Whitney apresentou diferença significativa em todas as situações mostradas nas Fig. 1 a 3 (p-valor < 0,05).

Os valores de PCP de cada momento, juntamente com o p-valor referente à comparação deles, para cada banda de frequência são expostos na Tabela 7 para o conjunto de eletrodos: F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, T5, T6, O1, Oz e O2. Ao analisar os valores correspondentes ao cálculo do PCP, percebe-se que ao se tratar dos ritmos clínicos, comparando SE com LP, o ritmo Delta teve aumento da potência em todos os eletrodos durante a leitura de palavras. Por outro lado, tanto o ritmo Alfa, quanto o Beta, os valores de PCP diminuíram no processo de leitura. A variação da

banda de frequência Teta apresentou comportamento diferente de PCP conforme a região mensurada. Por exemplo, nas regiões Parietal, Occipital e Temporal o PCP aumentou durante o processo de leitura, enquanto nas demais regiões esse índice diminuiu. Já em Gama e Supergama os valores de PCP diminuíram no processo de leitura, exceto na região occipital e temporal.

A Coerência apresentada na Fig. 4, mostra que nos ritmos clínicos o grau de similaridade entre os eletrodos obteve um acréscimo comparando SE com LP, tendo em vista que o par T5-T6 na imagem c) da Fig. 4 tiveram esse aumento em menor quantidade, ou seja, a Coerência entre os dois hemisférios na região temporal foi menor que nas demais. Na Fig. 5 as imagens b) e d) da alta frequência Gama relacionadas aos pares C3-C4 e P3-P4, respectivamente, visualmente apresentaram maiores semelhanças durante a leitura de palavras. Ao observar a Fig. 6, nota-se que o durante a leitura de palavras, a Supergama mostra-se maior semelhança ao comparar com a situação sem nenhum estímulo.

Figura 4 – Diagramas

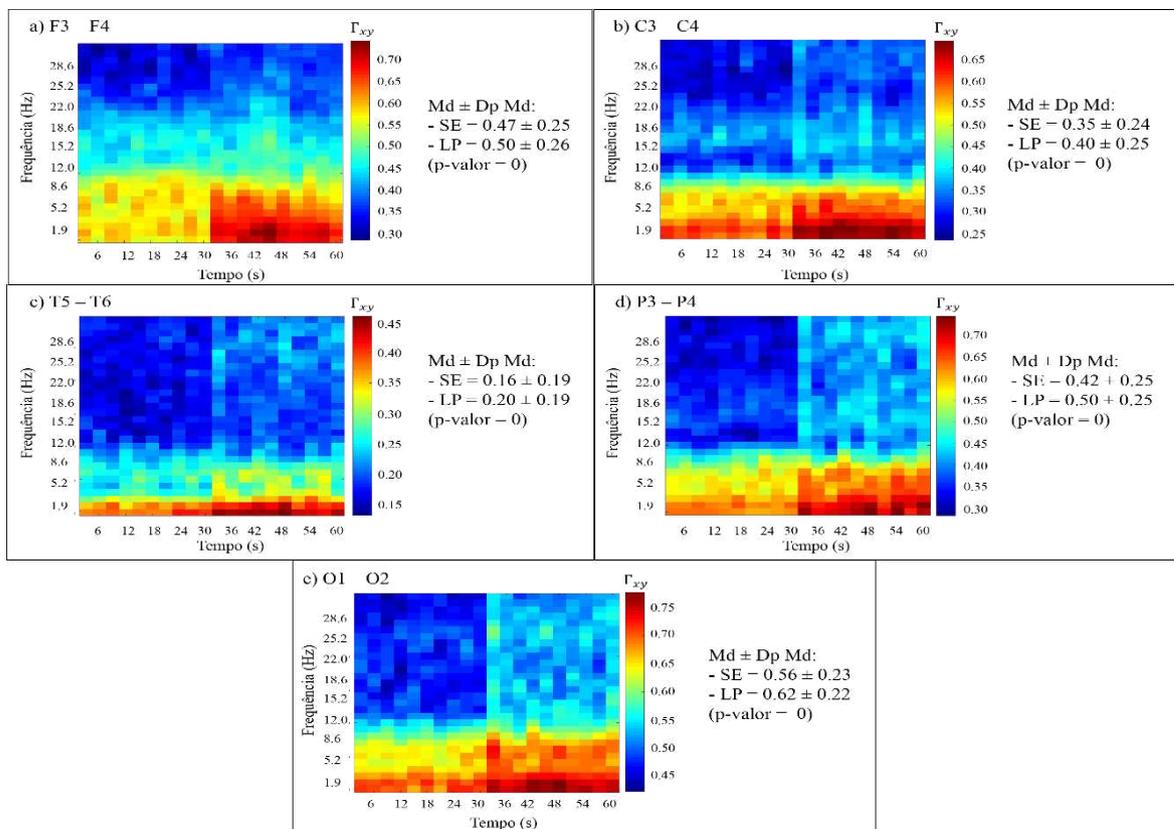


Figura 4. Diagrama tempo-frequência de COERÊNCIA para ritmos clínicos, sendo os 30 primeiros segundos referentes ao evento Sem Estímulo, e os 30 últimos segundos são referentes ao evento Leitura de Palavras. a)

Diagrama referente ao eletrodo Fz. b) Diagrama referente ao eletrodo Cz. c) Diagrama referente ao eletrodo Pz. d) Diagrama referente ao eletrodo Oz.

Figura 5- Diagramas

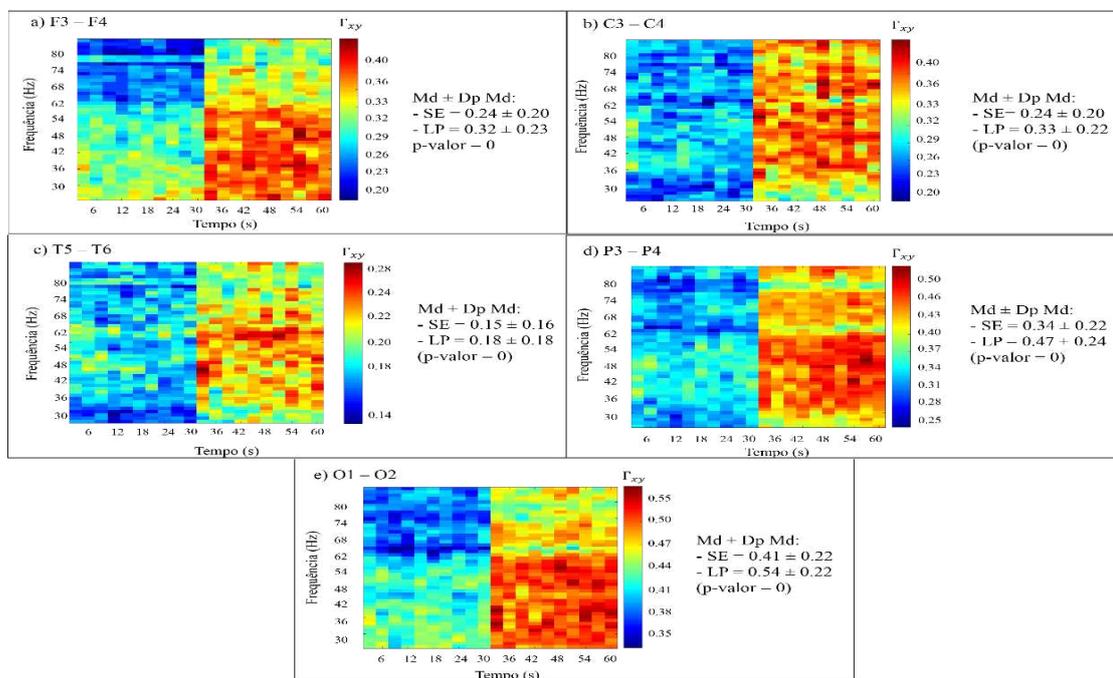


Figura 5. Diagrama tempo-frequência de COERÊNCIA para gama, sendo os 30 primeiros segundos referentes ao evento Sem Estímulo, e os 30 últimos segundos são referentes ao evento Leitura de Palavras. a) Diagrama referente ao eletrodo Fz. b) Diagrama referente ao eletrodo Cz. c) Diagrama referente ao eletrodo Pz. d) Diagrama referente ao eletrodo Oz

Figura 6 - Diagramas

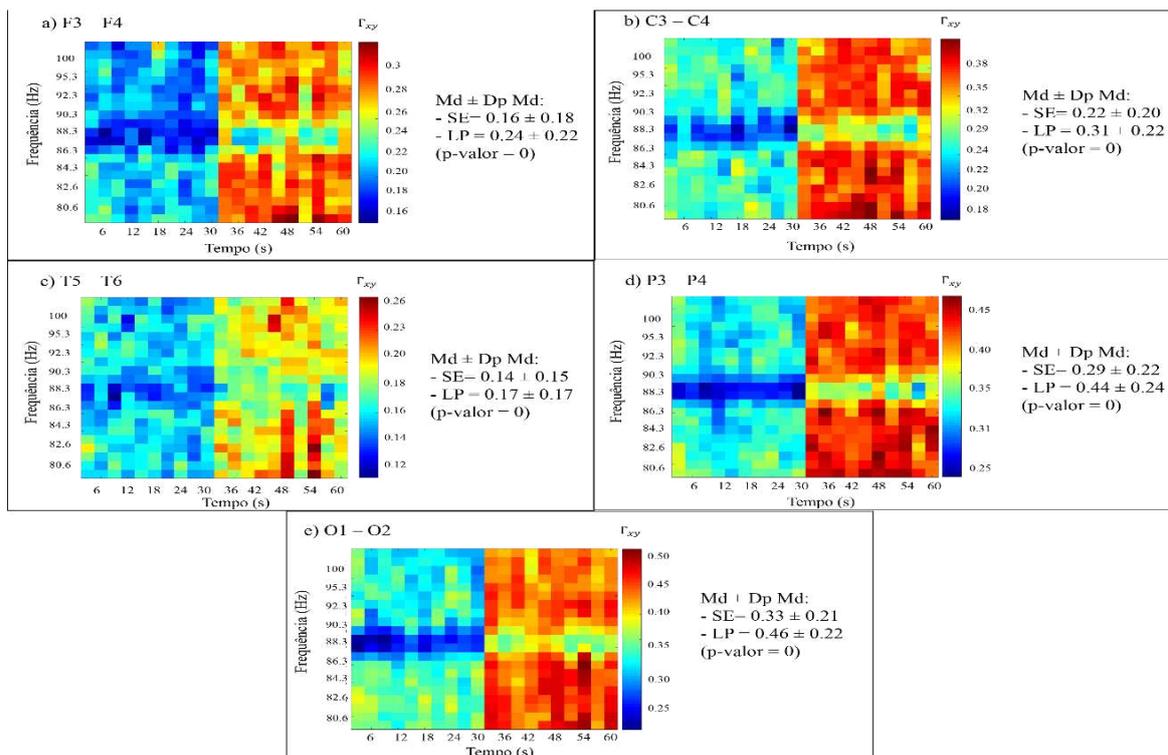


Figura 6. Diagrama tempo-frequência de COERÊNCIA para supergama, sendo os 30 primeiros segundos referentes ao evento Sem Estímulo, e os 30 últimos segundos são referentes ao evento Leitura de Palavras. a) Diagrama referente ao eletrodo Fz. b) Diagrama referente ao eletrodo Cz. c) Diagrama referente ao eletrodo Pz. d) Diagrama referente ao eletrodo Oz.

Na pesquisa de (FITZGIBBON *et. al*, 2004) uma análise feita em 20 adultos, mostrou que durante tarefas cognitivas, inclusive a de leitura, as potências em Gama e Teta produziram um aumento na potência de 2 a 5 e 1 a 3 vezes, respectivamente, ao comparar com o repouso, ao qual os voluntários ficavam observando uma parede durante vinte segundos. Relacionando com os resultados obtidos na Tabela 7, bem como as imagens c) e d) da Fig. 1, o ritmo Teta, nas regiões parietal e occipital também indicaram aumento no valor de PCP quando o voluntário é submetido à leitura. Já como visto na Fig. 2 e Tabela 7, para o ritmo Gama a tendência de PCP é diminuir com o processo de leitura, contrapondo-se ao citado no estudo de (FITZGIBBON *et. al*, 2004).

Além do mais, em (BEDO; RIBARY; WARD, 2014) por meio de análise componente independente de EEG confirmou que no córtex occipito-temporal ventral, como também o central, ocorre progressão da sincronização da banda teta e gama, sendo que, o fluxo de informação dessas bandas, decorre na região visual e de processamento de linguagem, os resultados mostraram também que existe conectividade funcional e causal dessas regiões. Na Tabela 7, Gama e Teta também apresentam um mesmo comportamento na região occipital.

A revisão (ANTONENKO *et al*, 2010) descreve dois estudos de caso sobre a carga cognitiva da leitura de hipertextos feito em vinte estudantes e em leitura de multimídia analisando trinta e oito estudantes. Os resultados do primeiro caso mostraram diminuição significativa na potência de Alfa durante os vinte segundos de leitura, e no caso segundo essa diminuição também foi notada na região frontal do cérebro. Comparando tais resultados com os obtidos no presente estudo, nas imagens a) a d) da Fig. 1, o ritmo Alfa, faixa entre 10 e 13 Hz, apresentou durante o evento SE maior potência do que comparado ao evento LP. Esse fato também é mostrado na Tabela 7, em que todos os eletrodos avaliados mostraram diminuição de PCP no evento LP.

Em (BONINI-ROCHA *et al*, 2009) um estudo feito com dois voluntários masculinos, mostrou que durante a leitura de partituras de violão, sendo uma sequência de notas músicas inéditas desenvolvidas previamente para o experimento, a banda Gama variou quando comparado a um momento sem estimulação. Os

resultados obtidos mostraram que as bandas Teta, Alfa, Beta e Gama sofrem alterações durante atividades cognitivas. Ao fazer uma análise geral dos dados obtidos em todas as figuras e na Tabela 7, os quatro ritmos cerebrais dispuseram de alterações durante as atividades de leitura.

O estudo de (BIZAS *et al*, 1999) avaliou o EEG de 17 voluntários neurologicamente saudáveis, adultos e destros durante a diversos processos cognitivos envolvendo a leitura. Os registros de EEG foram quantificados usando medidas do espectro de energia nas quatro bandas de frequência (Delta a Beta) e mostrou como um dos resultados, que o hemisfério cerebral esquerdo apresentou maiores variações espectrais no processo de leitura. O tal estudo, contradiz com os resultados obtidos na Tabela 7, já que na mesma as maiores variações do PCP foram no hemisfério direito, exceto na região frontal.

O estudo analisou o sinal EEG intracraniano em quatro pacientes epiléticos, os quais foram submetidos à um procedimento cognitivo que envolveu leitura de palavras. A análise tempo-frequência dos sinais EEG analisados revelou que os ritmos Gama e Supergama apresentaram diminuição na potência medida durante o processo de atenção, e ainda se notou que os ritmos Alfa e Beta foram suprimidos no processo da leitura. Os achados anteriores podem ser considerados coerentes com os obtidos no presente artigo, já que observando os diagramas de tempo-frequência da Fig. 1 nota-se que os ritmos Alfa e Beta diminuíram, sendo também comprovado pela Tabela 7. Além de que, as bandas Gama e Supergama também diminuíram em todos os eletrodos com exceção no OZ (Tabela 7).

Em (VON STEIN; SARNTHEIN, 2000), uma pesquisa produzida em 19 voluntários, com o objetivo de analisar EEG usando amplitude e Coerência, apresentou um estudo com 40 objetos da vida cotidiana dividindo a análise em três modalidades: palavra escrita, apresentação auditiva e visual do objeto. Cada estímulo teve duração de 2 s com intervalo de 2-3 s entre todas as condições.

Para efeito de comparação foi utilizado o repouso com o voluntário relaxado de olhos abertos. Obtendo durante o processamento de leitura a frequência Gama, entre o córtex parietal e temporal, uma maior Coerência. Além disso, a banda Alfa também demonstrou um aumento nos eletrodos temporais. Os achados encontrados no atual estudo nas imagens c) e d) da Fig. 5, também mostram um aumento de Coerência na banda Gama durante o processo de leitura. Entretanto, contradizendo

(VON STEIN; SARNTHEIN, 2000) a imagem c) da Fig. 4, não apresentou acréscimo no ritmo Alfa ao comparar olhos abertos com o processo de leitura.

Na pesquisa de (KLIMESCH, 1999) os voluntários tinham o objetivo de ler uma palavra apresentada visualmente e responder se era um objeto ou não, contabilizando um total de noventa e seis palavras. Após a resposta o sujeito ficava em estado de repouso esperando o próximo estímulo. No estudo diz, que devido a esse repouso seguido pela estimulação da leitura, a atividade em Alfa tende a ser suprimida. Observando a Fig. 1 e a Tabela 7, pode ser dito que a PCP na banda Alfa diminui durante a leitura de palavra.

O estudo de (KORNRUMPF; DIMIGEN; SOMMER, 2017) tinha como objetivo investigar a distribuição espacial da atenção durante a leitura, analisando as oscilações da banda alfa no EEG. Desde modo, em seus achados ele concluiu que, durante a leitura existe uma lateralização alfa posterior direita que está diretamente ligada à atenção e tem relação com o comportamento oculomotor durante a leitura. Observando a Tabela 7, nota-se que a banda de frequência Alfa apresentou maior variação do PCP no hemisfério direito, com exceção nos eletrodos F3, Fz e F4.

**Tabela 7 - Resultados do PCP para cada evento feito pelo teste de Mann – Whitney.**

Eletrodos	Situação	Ritmos Clínicos					
		Delta	Teta	Alfa	Beta	Gama	Super Gama
<b>F3</b>	SE	45.2205	21.8472	9.93093	8.10644	3.58942	0.5061
	LP	58.4828	20.5240	6.54028	6.18871	3.09269	0.4428
	p_valor	0	0.15091	0	0	0	0
<b>FZ</b>	SE	45.9322	22.4716	10.1203	7.8758	3.5573	0.5045
	LP	58.7129	21.4661	6.7519	6.0217	2.8901	0.4211
	p_valor	0	0.1421	0	0	0	0
<b>F4</b>	SE	45.9363	22.0698	9.88561	8.12556	3.65793	0.51451
	LP	58.0528	20.7690	6.82971	6.5465	3.13654	0.45735
	p_valor	0	0.09254	0	0	0	0
<b>C3</b>	SE	40.9906	19.7139	11.2447	9.06869	3.80035	0.53837
	LP	51.3182	18.8310	7.87983	7.67409	3.51511	0.49087
	p_valor	0	0.58353	0	0	0	0
<b>CZ</b>	SE	40.8440	23.3387	11.4732	8.2184	3.5921	0.4998

	LP	53.3215	22.4255	7.5501	6.6388	3.1997	0.4548
	p_valor	0	0.3348	0	0	0	0
	SE	41.1354	18.3404	12.9355	9.18924	3.70868	0.51509
<b>C4</b>	LP	52.9994	18.1565	7.62959	7.45931	3.42333	0.48715
	p_valor	0	0.8020	0	0	0.01111	0.05763
	SE	40.7259	18.3864	13.1299	9.32137	3.64225	0.51428
<b>P3</b>	LP	49.9291	18.3204	8.68385	8.24077	3.62587	0.50448
	p_valor	0	0	0	0	0.77825	0.74434
	SE	41.5308	16.0398	13.2494	9.0525	3.5404	0.4970
<b>PZ</b>	LP	52.6265	19.7417	8.5185	7.8195	3.3997	0.4695
	p_valor	0	0	0	0	0.1644	0.1231
	SE	40.2205	14.7144	14.7085	9.2919	3.52156	0.5018
<b>P4</b>	LP	50.8320	18.5168	8.91505	8.35408	3.70371	0.50609
	p_valor	0	0	0	0	0.06418	0.31176
	SE	35.7024	12.4837	15.3361	11.1626	3.75412	0.52371
<b>O1</b>	LP	47.9942	18.4515	9.69654	9.9388	4.11116	0.56522
	p_valor	0	0	0	0	0	0
	SE	37.0740	13.1248	15.2474	10.5538	3.6869	0.5114
<b>OZ</b>	LP	48.8766	17.9926	9.9520	9.6376	3.9078	0.5433
	p_valor	0	0	0	0	0	0
	SE	35.3748	10.9507	18.2358	11.0216	3.73377	0.51859
<b>O2</b>	LP	47.8989	18.1891	10.4657	10.1228	4.12027	0.571
	p_valor	0	0	0	0.01141	0	0

SE indica Olhos Abertos; LP indica Leitura de Palavras; valor menor que 0.05 indica que não há diferença significativa;

## 4.7 Conclusão

O estudo foi realizado com uma quantidade significativa de voluntários, durante os processos de leitura e sem estimulações as baixas frequências designadas como ritmos clínicos e as altas frequências sendo elas Gama e Supergama, foram mensuradas. Em geral, a maioria dos trabalhos estudados utilizaram mais de um tipo de atividade para análise, como: apresentação de imagens, sons, identificação de objetos entre outros. Esse estudo, propôs exclusivamente o processo cognitivo puro de leitura de palavras.

Notou-se que a variação de frequência apresentada ao observar o comportamento do Supergama está de acordo com os resultados encontrados na

literatura, visto que a ativação neurológica durante os processos cognitivos está comumente associada as altas frequências. Na análise de Coerência, ao comparar SE com LP, verificou-se um aumento de simetria em todos os pares de eletrodos analisados, tendo as regiões temporal e frontal com menos destaques.

Dentro dos ritmos clínicos o Delta teve aumento da potência em todos os eletrodos durante a leitura de palavras, os comportamentos apresentados pelos ritmos lentos Alfa e Teta foram opostos ao visto em Delta. A queda da potência em Alfa, provocando uma mudança entre os eventos e por fim, a alteração em Teta na região occipital, sendo a mesma frequentemente citada, sendo um local responsável pelo processamento da leitura.

## Capítulo 5

# Revisão bibliográfica sobre a aplicação do EEG para o estudo da Morte Encefálica

### 5.1 Morte encefálica

A Morte Encefálica (ME) é estabelecida como sendo a parada irreversível das funções cerebrais, incluindo o tronco cerebral. Indicada pela pressão intracraniana maior que a pressão sistólica do indivíduo, ocasionando assim a parada da circulação sanguínea cerebral (WESTPHAL; VEIGA; FRANKE, 2018). Em 1959, (WESTPHAL; VEIGA; FRANKE, 2018) a descrição de morte encefálica era a observação de alguns fatores, como: coma profundo, ausência de respiração e eletroencefalograma com padrão isoelétrico.

Existe ainda, alguns outros conceitos para essa determinação, porém existem controvérsias, como a avaliação da perda de consciência, cognição e perda da capacidade de interação social. As controvérsias se dão ao fato da falta de comprovação da localização da consciência a fim de averiguar seu comportamento.

Os exames gráficos possíveis de serem realizados para diagnóstico de Morte Encefálica, no Brasil, são o eletroencefalograma (avaliando a atividade elétrica) e a arteriografia cerebral e/ou o ultrassom Doppler de artérias cerebrais (verificam a ausência de fluxo sanguíneo cerebral); e a cintilografia cerebral, capaz de demonstrar a ausência de atividade cerebral (WESTPHAL; VEIGA; FRANKE, 2018).

Em relação aos protocolos capazes de determinar a ME, em (LEWIS *et al.*, 2020) foi apresentado um estudo realizado em 24 países, no contexto da Ásia e Pacífico, que mostra diferentes protocolos para a determinação da morte encefálica, mostrando também que existem 13 países sem protocolo de diagnóstico de ME.

Quando necessário, é utilizado o eletroencefalograma (EEG) preferencialmente, seguido pelo ultrassom Doppler de artérias cerebrais. Ressalta ainda que Bangladesh, Chipre, Japão, Jordânia e Taiwan não realizam nenhum exame gráfico no diagnóstico de ME. Em 19 países são feitos exames gráficos para o diagnóstico de ME, sendo que estes são realizados apenas em consequência da dificuldade de execução do teste da apneia.

Tendo como parâmetro a literatura mundial e levando em consideração a legislação brasileira acerca do Diagnóstico de ME, o EEG pode ser considerado como um método factível em larga escala no contexto do Sistema Único de Saúde (SUS), pois pode ser realizado à beira leito, apresenta baixo custo e baixo risco ao paciente quando comparado à cintilografia e arteriografia (pois evita o uso de contraste endovenoso e de deslocamento de um paciente neurologicamente instável para fora da unidade de terapia intensiva), sendo muito utilizado em outras patologias do sistema nervoso central. Por outro lado, a baixa amplitude dos sinais EEG no contexto da ME faz com que possíveis erros de avaliação visual aconteçam, comprometendo o diagnóstico preciso.

Apesar do EEG ser o método gráfico mais relevante quando existem alterações nos exames clínicos e/ou dificuldade na realização do teste de apneia, em nível mundial, e apesar de se constituir no exame gráfico o mais utilizado num contexto internacional, a quantidade de estudos envolvendo o EEG e o diagnóstico de ME é muito reduzida, motivando nossa revisão (LEWIS *et al.*, 2020).

## 5.2 Metodologia

Essa revisão sistemática foi realizada utilizando avaliações de qualidade metodológicas, mecanismos de buscas diversos, 4 opções de palavras chaves e critérios de inclusão específicos.

Para que tenha uma forma de avaliar quantitativamente os artigos encontrados, foi utilizada a ferramenta metodológica de Oxford, sendo muito usada no ramo da saúde, o que permitiu destacar a qualidade metodológica dos artigos buscados, e, portanto, facilitar a inclusão de trabalhos de qualidade. Encontrados os documentos através das pesquisas e filtrados pela Escala de Evidência de Oxford, foram montadas duas tabelas com o tema aspectos clínicos, enquanto a outra, sobre aspectos exatos, expondo os pontos mais importantes dos artigos para que facilite a interpretação dos resultados.

Para delimitar as buscas da pesquisa, foram estipuladas 4 opções de palavras chaves entre os autores, sendo: *brain death AND electroencephalogram*, *brain death AND noise AND electroencephalogram*, *electroencephalograms AND brain death* e *brain death AND electroencephalogram AND intensivcareunits*. As pesquisas foram

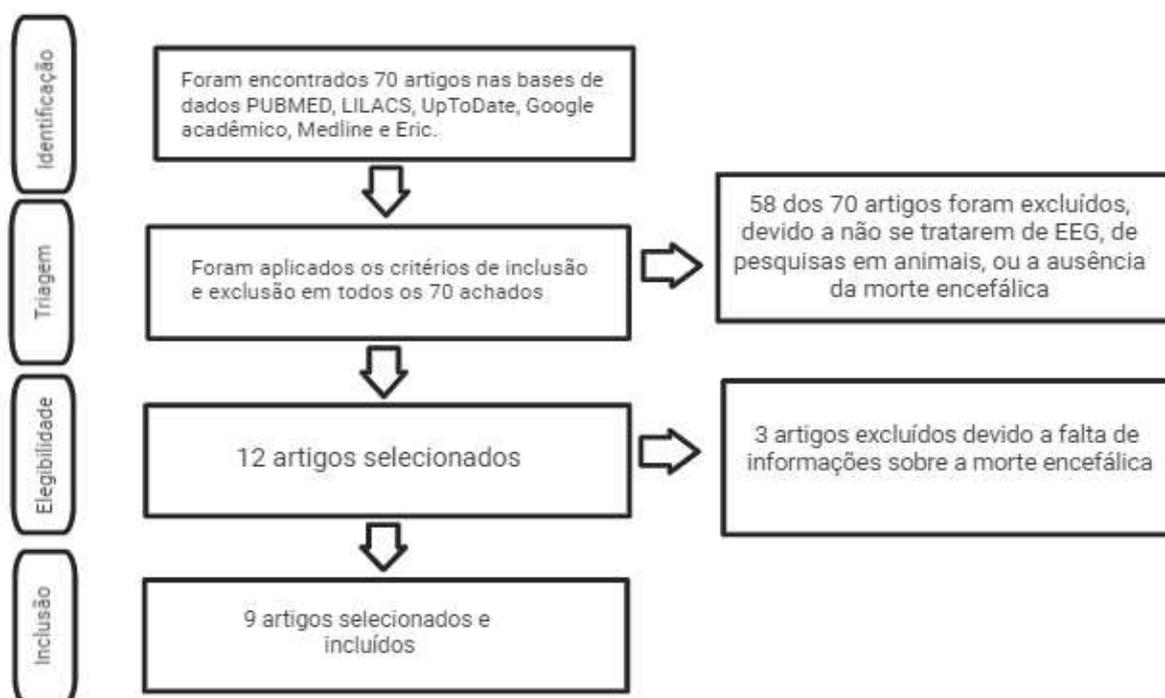
feitas entre fevereiro à julho de 2021 por 4 autores, procurando documentos tanto em português quanto em inglês, que possuem DOI.

Para a realização da revisão sistemática sobre o uso de eletroencefalograma na morte encefálica, foi utilizado diversos mecanismos de buscas, sendo eles: *PUBMED*, *LILACS*, *UpToDate*, *Google acadêmico*, *Medline* e *Eric* (URL 2). Dentro desses mecanismos, foram selecionados artigos de revisão sistemática, considerando o período 2017 – 2021, revisão integrativa, revisão com meta-análise além artigos que apresentassem evidências científicas significativas.

Os critérios de inclusão dos artigos sob o ponto de vista clínico são: artigos envolvendo a utilização do EEG para a morte encefálica; não ter conflito de interesse; ser desenvolvido em países com protocolo de diagnóstico de morte encefálica estabelecido; pacientes com trauma cranioencefálico (TCE) e/ou acidente vascular cerebral (AVC) e/ou anoxia, com idade superior a 12 anos.

As tabelas de resultados foram separadas em estudos clínicos, tendo como foco a parte das informações sobre paciente, grupo de estudos, a etiologia, o procedimento e os detalhes de protocolo. Já a tabela sobre aspectos exatos aborda como foram realizadas as gravações dos dados de EEG, se houve ruído, ferramentas de análise e os resultados por parte da análise.

Figura 7 - Fluxograma representando as etapas de seleção dos artigos



Os resultados foram separados em 4 etapas, apresentados em forma de tabelas e figuras.

Todos os artigos apresentados na Tabela 8 trata-se de pacientes que passaram por algum quadro com eventos neurológicos adversos, aproximadamente 22,23% foram incluídos devido a hemorragia intracranianas e 33,33% dos achados tiveram como critério de inclusão pacientes com parada cardiorrespiratória. A Tabela 8 foi separada em metodologia, contendo sete segmentos de análise, e resultados.

O fluxograma detalhado com todos os processos de escolha de artigos, separados em 4 etapas, exposto na (Figura 7), foram separadas em 1. Identificação, definida pela busca feita em todas as bases de dados mencionadas na secção II, 70 artigos foram encontrados e avançaram para próxima etapa. II. Triagem, os achados foram filtrados usando como base os critérios de inclusão e exclusão descritos no fluxograma, como: Pesquisas realizadas com EEG, tratar de morte encefálica e ter análises exatas, dos 70 artigos encontrados, 58 passaram para a próxima etapa intitulada III Elegibilidade, que faz parte do processo final de decisão de escolha dos artigos mais coerentes para adicionar na análise dos dados relacionados a temática proposta.

Ao final, 9 artigos foram incluídos no presente estudo. Duas tabelas foram geradas e separadas em aspectos clínicos (Tabela 8) e aspectos exatos (Tabela 9). Os indivíduos estudados tinham um perfil comatoso (Tabela 8), 33,33% dos artigos utilizaram a escala de Glasgow, inclusive em (CHEN *et al.*, 2018, p. 22) um dos pontos para inclusão era que o paciente tivesse um Glasgow maior que 9.

Quando se trata do perfil dos pacientes, todos os estudos foram realizados em pessoas comatosas, ou seja, em estado de coma, sendo 33,33% deles utilizando a escala de Glasgow como análise para identificar o grau do coma em que os pacientes se encontravam.

De modo geral, os achados com exceção dos 22,23% que realizaram estudo de casos, não utilizaram grupo de controle para diagnósticos ou resultados, a média total de pacientes analisados no grupo de estudo foram de aproximadamente 157 indivíduos, levando em consideração os critérios de inclusão e exclusão.

Apenas 45% dos protocolos de diagnóstico de ME fizeram a realização de registro EEG, mas todos os trabalhos estudados utilizaram o EEG em algum momento para

avaliação do paciente. Esta verificação se deve ao fato do exame gráfico ou complementar não ser obrigatório no diagnóstico de ME em muitos países. Os protocolos utilizados não seguiram um padrão entre todos os achados, porém, nota-se uma semelhança em alguns aspectos, como dados demográficos e testes neurofisiológicos. Quando a etiologia foi PCR, o protocolo seguido foi o de reanimação cardíaca. A Tabela 9 é representada pelos resultados exatos obtidos nas triagens dos estudos. Segmentada em 4 aspectos exatos, a Tabela 9 apresenta que em nenhum dos artigos foi abordado abertamente sobre os ruídos dos sinais.

Em (CHEN *et al.*, 2018, p. 22) a análise do EEG foi feita através do software estatístico Matlab utilizando potência relativa para obter as razões razão "DAR" e DTABR, inclusive realizaram o cálculo da curva ROC. Nesse achado a mortalidade em 90 dias foi de 55,3%. Os resultados estatísticos mostraram que não houve diferenças significativas no índice de simetria cerebral entre sobreviventes e não sobreviventes (todos  $p > 0,05$ ).

Em (GOBERT, 2018), os pacientes comatosos foram expostos a estímulos, durante 20 minutos, auditivo e nociceptivo avaliando a reatividade de fundo de gravação do sinal EEG, além de coletarem todos os dados clínicos dos pacientes utilizaram da Pontuação de Fisher na tomografia computadorizada para avaliar os resultados obtidos

**Tabela 8 – Aspectos Clínicos**

<b>Autor</b>	<b>Inclusão E Exclusão</b>	<b>Etiologia</b>	<b>Grupo De Estudo</b>	<b>Detalhes Quanto Ao Protocolo</b>
(GOBERT, 2018)	Adultos (estudo coorte) Admissão dentro de 72h após o acidente vascular encefálico (AVC) / presença de hemorragia / pontuação Glasgow < 9 Período 2015 - 2016 /	Hemorragia subaracnoide	7 pacientes	Características epidemiológicas e clínicas foram sistematicamente coletadas, escala de Glasgow, reatividade pupilar.
(CHEN, 2018)	(relato de caso) Idade superior a 14 anos / Exclusão: aplicação de hipotermia, medicamentos sedativos; etiologia encefalopatia hipoxica hisquemica.	Hemorragia supratentorial	Paciente com 15 anos com Glasgow 3	Dados demográficos, dados sorológicos e fatores clínicos, e testes neurofisiológicos coletados
(KOKER, 2018)	Período 2000 - 2017	Overdose por medicamentos	Total 447 pacientes Lesão Supratentorial / 397 pacientes	Utilização do baclofeno
(HERNÁNDEZ, 2019)		Trauma crânio-encefalico (TCE)	Lesão infratentorial 50 pacientes	Protocolo de diagnóstico de ME espanhol

(ELMER,2019)	Pacientes inconscientes até 6 horas após a chegada, que apresentaram evento neurológico primário ou trauma Período 2010 - 2018 /	Coma após parada cardio-respiratória (PCR)	723 pacientes 53 pacientes / 18 mulheres e 35 homens entre 23 a 85 anos. 2 pacientes Feminino, 35 e 39 anos, síndrome de Eisenmenger, histórico de cirrose alcoólica, comatoso	Reanimação de parada cardíaca
(ZHU,2019)	Adultos Período 2004 - 2012	Todos	2 pacientes Feminino, 35 e 39 anos, síndrome de Eisenmenger, histórico de cirrose alcoólica, comatoso	Não foi mencionado
(MITSUHAS HI, 2017)	Estudo de caso	Todos		Registro do EEG Monitoramento do índice bispectral e confirmada a morte encefálica quando apropriado por EEG e/ou angiotomografia cerebral.
(JOUFFROY,2017)	Adultos	PCR	46 pacientes	Ressucitação cardiopulmonar e submetido a EEG
(RENZEL,2017)	Adultos Período 2005 - 2013	PCR	131 pacientes	

**Tabela 9. Aspectos Exatos**

Nome Do Autor, Data	Gravação De EEG	Ruídos	Ferramentas De Análise	Resultados
(GOBERT,2018)	Duração de 20 minutos, com estímulos auditivo e nociceptivo, avaliando a reatividade de fundo	Não informado	Pontuação de Fisher na tomografia computadorizada.	Avaliação visual do EEG para verificar a reatividade. Não houve diferenças significativas no índice de simetria cerebral entre pacientes que fecharam o protocolo, e aqueles que não fecharam o protocolo.
(CHEN, 2018)	Faixa de 1-30 Hz , frequência 400 Hz.	Não informado	Análise baseada na análise espectral e coerencia, estatística univariada e multivariável curvas de características de operação do receptor(ROC) Valor preditivo, intervalo de tempo entre a data e hora de entrada ao diagnóstico de ME	Apenas indicadores de pulsatilidade de hemisférios não afetados foram os melhores preditores para o desfecho clínico, se comparados com as variáveis individuais. Grupo de pacientes com lesão Infra tentorial necessitou de um tempo maior para confirmar o diagnóstico
(HERNÁNDEZ,2019)	Gravação na faixa de 1-30 Hz , frequência 400 Hz	Não informado		

### 5.3 Conclusão

Apesar de ser um dos principais exames utilizados no Brasil para a avaliação da ME, os achados encontrados apresentam diferentes protocolos para realização

dessa análise, podendo ou não conter a Eletroencefalografia. Apenas 45% realizaram o método como parte crucial do processo, visto que o exame gráfico não é obrigatório no diagnóstico de ME em muitos países. O EEG padrão na faixa 0 – 40 Hz, com duração de 20 minutos, aliado com análise espectral e com algumas ferramentas não-lineares, é usado nesses trabalhos. Foram estudadas diversas etiologias diferentes, tendo destaques Hemorragias e PCR. Todos os achados que tratava de PCR utilizaram o EEG em seus protocolos.

Nenhum dos artigos encontrados apresentou informações extremamente relevantes quando se trata de EEG, como ruído e filtros. 33,33% dos achados apresentaram detalhes da gravação do sinal eletroencefalográfico, tendo 66,66% dos mesmo utilizado uma frequência de amostragem de 400 Hz. Portanto, a falta de embasamento exato é facilmente notada e isto pode ser considerado muitíssimo paradoxal, dado que justamente os ruídos representam o maior empecilho técnico para a utilização do EEG como exame diagnóstico do protocolo de ME.

De acordo com a análise dos 9 artigos da Tabela I através da escala de Nível de Evidência Científica por Tipo de Estudo - “Oxford Centre for Evidence-based Medicine”, podemos classificá-los como estudo controle 3B e série de casos 4C, demonstrando a necessidade de pesquisas mais bem fundamentadas sobre o assunto.

A sequência deste trabalho envolve aprofundar a pesquisa iniciada, envolvendo mais bases de dados científicas, retrocedendo no tempo para se tentar obter mais informações quantitativas e exatas.

# Capítulo 6

## Análise dos ruídos do EEG no contexto de sala blindada

### 6.1 Sala Blindada

Salas com isolamento magnético são utilizadas para se criar um ambiente o mais isento possível de ruídos artificiais, particularmente, o ruído de 60 Hz. A parte interna da câmara é fabricada com um material de alta permeabilidade, como o Mu metal, visto que o ruído térmico magnético é menor para esse material, se comparado com o alumínio.

Os ambientes isolados são altamente testados para garantir a eficácia em relação a filtragem de ruídos. Ruído de rede afeta, principalmente, os traçados de EEG captados em unidades intensivas de saúde devido a grande quantidade de equipamentos ligados na rede elétrica, podendo assim, influenciar a qualidade das informações captadas durante um registro EEG. Para se avaliar a eficiência dos filtros do equipamento EEG na supressão do ruído de 60 Hz, pode-se realizar testes em sala eletromagneticamente blindada.

Este capítulo, propõe a avaliação da qualidade de uma sala eletromagneticamente blindada.

### 6.2 Metodologia

A metodologia foi dividida em quatro partes, sendo elas: Gravação dos dados, processamento dos dados, quantificadores e análise estatística.

### 6.3 Gravação dos dados

Foi realizada a separação das épocas de todas as situações mensuradas durante a coleta de dados na sala blindada. O sinal foi dividido em 10 épocas diferentes de 2 segundos de duração. Os eventos foram separados de acordo com as gravações realizadas dentro e fora da sala blindada, a saber: 600 Hz dentro da sala e 600 Hz fora da sala, 400 Hz dentro da sala e 400 Hz fora da sala. 240 Hz dentro da sala e 240 Hz fora da sala. O indivíduo foi inicialmente registrado fora da sala, e posteriormente dentro da mesma. Nos dois casos, o indivíduo esteve deitado, em

silêncio absoluto, de olhos fechados. Foram registrados um total de 10 minutos contínuos para cada um dos ambientes, variando-se a frequência de amostragem do registro (240, 400 e 600 Hz), e variando-se a atuação do filtro Notch de 60 Hz do equipamento de EEG. Em alguns momentos, este filtro foi ativado, em outros, desligado.

O experimento foi realizado nas dependências do laboratório de Biomagnetismo, Departamento de Física, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, campus de Ribeirão Preto, sob coordenação do Prof. Oswaldo Baffa Filho. A câmara eletromagneticamente blindada foi construída em conformidade com as diretrizes explicadas detalhadamente. Foram realizadas medidas de EEG num indivíduo neurologicamente normal, dentro da sala blindada, e externamente a esta. Para evitar ruído, o equipamento foi alimentado através de uma bateria de 12 V.

#### **6.4 Processamento dos dados**

Foram quatro situações analisadas para todas as três frequências supracitadas, cada uma delas possui uma interpretação em relação ao filtro Notch, responsável pela filtragem dos ruídos de redes de 60 Hz e a eficácia da sala blindada, sendo: A primeira situação (S1) diz respeito a, dentro da sala blindada com o filtro Notch ativado comparado com dentro da sala sem o filtro Notch ativado, pode-se afirmar que a interpretação geral é sobre o Grau de refinamento do filtro Notch.

A segunda situação (S2) foi feita a captação do sinal dentro da sala blindada com o filtro Notch ativado comparado fora da sala com o filtro Notch ativado, análise que leva a qualidade da sala blindada relativamente a ruídos que não sejam de 60 Hz.

A terceira situação (S3) é a comparação entre dentro e fora da sala blindada, ambos com o filtro Notch desativado, visando a conclusão em relação a qualidade da sala blindada considerando todo tipo de ruído, inclusive o de 60 Hz. Por último, (S4) foi realizada a análise essencial do filtro notch referente apenas ao ruído de 60 Hz.

#### **6.5 Quantificadores**

Após a separação das épocas, foram realizados os processamentos dos dados utilizando o software estatístico *Matlab*, onde foram obtidos os quantificadores

que serão utilizados para analisar os sinais: Porcentagem de Contribuição de Potência (PCP), Frequência Mediana (FM) e Coerência apresentados no Capítulo 5.

## 6.6 Situações de análise

As situações realizadas nesse estudo, foram segmentadas considerando alguns aspectos de análise da sala eletromagneticamente blindada, a saber: Durante a captação dos dados o filtro Notch, responsável por filtrar os ruídos de rede de 60 Hz que entram na sala, ditando assim se o filtro realiza ou não filtragens significativas. Por exemplo, quando o filtro notch está ativado ele é eficaz na redução dos ruídos de rede? Esse evento será conhecido como Grau de refinamento do filtro NOTCH. O próximo evento determina a Qualidade da sala blindada relativamente a ruídos que não sejam de 60 Hz, ou seja, nessa análise o filtro NOTCH estava ligado durante a medição dos dados, por tanto, os ruídos filtrados serão todos aqueles que não se referem a 60 Hz. Já a terceira análise é a determinação da Qualidade da sala blindada considerando todo tipo de ruído, incluindo o de 60 Hz, ou seja, o filtro notch estava desligado durante as medições desse cenário. Por último, a fim de averiguar apenas o filtro NOTCH foi criado o evento de Análise essencial do NOTCH, assim determinando seu comportamento sem considerar outros fatores, logo, os dados analisados foram apenas referentes ao ruído de rede.

## 6.7 Análise estatística

Com os resultados do processamento, foram realizados os testes de comparações entre todos os eventos e para cada um dos quantificadores citados anteriormente. O teste estatístico utilizado para tal análise foi o Mann-Whitney.

**Tabela 10 - Comparação Das Situações Pelo Quantificador PCP**

Situação	PCP					
	240 eletrodos	400 eletrodos	600 eletrodos	240 ruídos	400 ruídos	600 ruídos
Grau de refinamento do filtro Notch	N	10%	0.83%	N	10%	N

Qualidade da sala blindada desconsiderando o ruído de 60 [Hz]	39.16%	32%	59.17%	25%	5%	20%
Qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos	5.83%	5.83%	61.67%	5%	5%	35%
Análise essencial do filtro Notch	1.67%	1.67%	5%	N	5%	N

**Tabela 11 - Comparação Das Situações Pelo Quantificador COR**

Situação	COR					
	240 eletrodos	400 eletrodos	600 eletrodos	240 ruídos	400 ruídos	600 ruídos
Grau de refinamento do filtro Notch	62.5%	39.58%	33.33%	37.5%	12.5%	25%
Qualidade da sala blindada desconsiderando o ruído de 60 [Hz]	68.75%	52.08%	58.33%	25%	62.5%	12.5%
Qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos	52.08%	52.08%	60.41%	75%	75%	62.5%
Análise essencial do filtro Notch	35.41%	25%	39.58%	50%	37.5%	50%

**Tabela 12 - Comparação Das Situações Pelo Quantificador FM**

Situação	FM					
	240 eletrodos	400 eletrodos	600 eletrodos	240 ruídos	400 ruídos	600 ruídos
Grau de refinamento do filtro Notch	28.33%	N	8.33%	N	5%	N
Qualidade da sala blindada desconsiderando o ruído de 60 [Hz]	9.16%	19.17%	21.66%	N	10%	15%
Qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos	5.83%	5.83%	24.17%	10%	10%	10%
Análise essencial do filtro Notch	1.67%	5%	5.83%	5%	5%	10%

## 6.8 Resultados

Os valores de PCP quando comparados utilizando o teste de Mann-Whitney, na situação que analisa o grau de refinamento do filtro NOTCH, não apresentaram diferenças estatísticas significativas, como pode ser visto na Tabela 10, o valor de 10% visto na frequência de 400 [Hz] está dentro da faixa de aceitação.

Já no evento de qualidade da sala blindada desconsiderando 60 [Hz], pode-se considerar que mesmo se o notch funcionar ele não elimina todos os ruídos, então pode dar diferente já que a sala é blindada.

É correto afirmar que os ruídos fora da sala blindada estão diretamente ligados a 60 [Hz], porém os resultados apresentam diferenças significativas e isso evidencia que fora da sala blindada tem ruídos diferentes de 60 [Hz]. O mesmo não volta a acontecer em nenhuma outra comparação de PCP das frequências de 240 e 400 [Hz], com exceção de alguns pontos específicos que apresentam um p\_valor mais baixos que os demais.

Verificando a qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos, incluindo o de 60 [Hz] que faz a verificação da sala blindada, se está ou não funcionando, apenas é confirmada na análise da frequência de 600 [Hz] visto que apresentou uma diferença de 61.67%.

Fora com Fora sem, espera-se que dê diferente, porém os resultados não confirmam essa teoria, entretanto comprova que fora da sala blindada não tem tantos ruídos. Isso ajuda a confirmar o motivo de não ter dado valores significativos na mesma, quando é utilizado 240 e 400 como frequência de amostragem (FA), os valores só mostram que tem diferença significativa quando analisando uma FA maior de 600 [Hz].

Em uma análise separada de eletrodos a Coerência, ao utilizar a frequência de 240 Hz, no evento que considera o grau de refinamento do filtro NOTCH, é possível notar que os ritmos Beta, Gama e Super Gama apresentaram grandes diferenças significativas, tendo um valor baixo na maioria dos pares de eletrodos, com exceção de F7-F8 em Beta e Gama, F3-F4 e T3 e T4 em Beta. Em geral, a Tabela 11 mostra que a frequência de 240 [Hz] foi a única que atingiu uma diferença maior de 60%, enquanto 400 e 600 [Hz] tiveram apenas 39,58% e 33,33% respectivamente. Na análise da qualidade da sala blindada, sem considerar os 60 [Hz] e considerando os 60 [Hz], Gama e Super Gama obtiveram resultados semelhantes, a região temporal com os pares eletrodos T5-T6 foram as únicas que não manifestaram diferenças significativas, mas em geral, a Tabela 11 mostra que para essas duas situações as semelhanças ficaram inferiores a 50%. Em geral, em todos os eventos relacionados a Coerência, obtiveram um comportamento similar com grandes diferenças significativas.

A FM não apresentou tantas diferenças significativas, porém pode-se concluir claramente na análise da sala blindada considerando todos os ruídos e posteriormente desconsiderando o de 60 [Hz] que quando aumenta a frequência de amostragem, aumenta também a diferença visto que quanto mais componentes tem na frequência mais são afetadas pelo filtro.

**Tabela 13 - Comparação Entre Quantificadores No Evento: Grau De Refinamento Do Filtro NOTCH**

Grau de refinamento do filtro Notch			
Frequência	PCP	COR	FM
240 eletrodos	N	62.5%	28.33%
400 eletrodos	10%	39.58%	N
600 eletrodos	0.83%	33.33%	8.33%
240 ruídos	N	37.5%	N
400 ruídos	10%	12.5%	5%
600 ruídos	N	25%	N

**Tabela 14 - Comparação Entre Quantificadores No Evento Qualidade Da Sala Blindada Relativamente A Ruídos Que Não Sejam DE 60 [Hz]**

Qualidade da sala blindada desconsiderando 60 [Hz]			
Frequência	PCP	COR	FM
240 eletrodos	39.16%	68.75%	9.16%
400 eletrodos	32%	52.08%	19.17%
600 eletrodos	59.17%	58.33%	21.66%
240 ruídos	25%	25%	N
400 ruídos	5%	62.5%	10%
600 ruídos	20%	12.5%	15%

**Tabela 15 - Comparação Entre Quantificadores No Evento: Qualidade Da Sala Blindada Considerando Todo Tipo De Ruído Inclusive O De 60 [Hz]**

Qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos				
Frequência	PCP	COR	FM	
240 eletrodos	5.83%	52.08%	5.83%	
400 eletrodos	5.83%	52.08%	5.83%	
600 eletrodos	61.67%	60.41%	24.17%	
240 ruído	5%	75%	10%	
400 ruído	5%	75%	10%	

600 ruído	35%	62.5%	10%
-----------	-----	-------	-----

**Tabela 16 - Comparação Entre Quantificadores No Evento Análise Essencial Do Filtro Notch Referente Apenas Ao Ruído De 60 [Hz]**

Análise do filtro Notch			
Frequência	PCP	COR	FM
240 eletrodos	1.67%	35.41%	1.67%
400 eletrodos	1.67%	25%	5%
600 eletrodos	5%	39.58%	5.83%
240 ruídos	N	50%	5%
400 ruídos	5%	37.5%	5%
600 ruídos	N	50%	10%

As tabelas 13, 14, 15 e 16 apresentam uma análise mais detalhada entre os quantificadores processados. Nas três primeiras situações analisadas, quando avaliado a frequência de amostragem em 240 Hz a coerência apresenta resultados significativos passando de 50% de diferença, enquanto PCP e FM continuam em baixas porcentagens. É possível notar também que a coerência é o quantificador que mais sofre alterações ao comparar a faixa de ruído dos eletrodos em todas as situações. O FM possui um comportamento parecido em todas as situações e frequência sendo o quantificador que menos sofre alterações de ruídos.

## 6.9 Conclusão

Qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos, aponta que quanto maior a faixa de frequência de amostragem é, mais interferência os quantificadores sobre. Isso se vale a quantidade de amostras que são analisadas. Pode-se concluir também, que entre 240 Hz e 400 Hz os três quantificadores apresentaram resultados idênticos, mostrando que a sala blindada tende a sofrer menos interferência de ruídos quando são utilizadas frequências de amostragem mais baixas.

Os quantificadores FM e PCP possuem comportamentos semelhantes em três condições sendo elas: Grau de refinamento do filtro Notch, qualidade da sala blindada em relação a todos os ruídos, e a análise essencial do Notch referente apenas ao 60 [Hz]. Em todas as situações e frequências de amostragem, a coerência foi a que sofreu mais oscilações quando comparada aos demais, logo, pode-se concluir que

esse quantificador apresenta características que evidenciam a sua sensibilidade a ruídos.

A frequência mediana sofre pouquíssimas alterações quando está com filtro Notch ativado independentemente da quantidade de amostras do sinal analisado, sendo o quantificador que menos sofre interferências de ruídos visto que existem poucas diferenças significativas em suas comparações, nunca chegando aos 30%.

Por tanto, é possível afirmar que a sala blindada reduz consideravelmente os ruídos em análises de frequências de amostragem superiores a 400 Hz, fazendo um isolamento satisfatório dos artefatos no sinal. Porém quando se trata da análise de uma quantidade menor de amostras do sinal, apenas a coerência apresentou uma grande variação significativa.

## Capítulo 7

### Conclusões gerais

Alegria, nervosismo, excitação, raiva. Os processos da mente geram sensações de modo multifário, expondo assim, resultados de suma importância para a literatura.

As frequências cerebrais estão comumente relacionadas com estados específicos da mente e quando são analisadas em contextos de estimulações musicais, nota-se que a frequência Gama e Beta, no hemisfério direito na localização frontal ficam mais evidenciadas. O que compactua com a literatura presente, visto que altas frequências são associadas a processos cognitivos e ativação de memória. Em geral, os achados sobre estimulações musicais apresentados nesse estudo, expõe que a atividade no córtex cerebral é muito interessante. As estimulações musicais mostraram que interferem diretamente em alguns ritmos cerebrais causando alterações e oscilações evidentes.

Além da análise dos ritmos, a literatura aponta que a frequência de amostragem utilizada em estudos relacionados a estimulação musical, variou-se entre 128 Hz a 2048 Hz, mostrando que a quantidade de amostras dos sinais ainda não possui um protocolo padrão definido, um adendo a pesquisa da sala blindada que se mostrou bem mais eficaz quando se utiliza frequências de amostragem mais altas. Ainda sobre protocolos, todos os processos para a utilização do EEG são passíveis para análise como o posicionamento de eletrodos, que mostrou-se ser o maior padrão de medição com a maioria dos achados utilizando o sistema internacional 10-20.

A eletroencefalografia está presente em quase todos os estudos sobre os estados da mente, e a importância do seu estudo se faz totalmente necessária em diversos aspectos, tanto em software, hardware e clínicos.

Com isso, é importante a utilização de softwares que agem na remoção e blindagem de ruídos, visto que sinais elétricos são bastante suscetíveis a artefatos, dentre eles o de 60 Hz causado pela rede elétrica, como sudorese e musculares. Sendo assim, a utilização de uma sala blindada mostra-se bastante necessária, apesar de ter sua eficácia mais efetiva quando se é trabalhado com quantidades maiores de amostras de sinal, seu funcionamento apontou que os ruídos são reduzidos consideravelmente em amostras superiores a 400 Hz.

A importância de realizar a análise de ruídos se dão por inúmeros fatores, dentre eles a consideração de unidades de terapia intensiva (UTI), visto que em sua maioria estão repletas de equipamentos ligados a rede elétrica, isso por si só já pode ser fatores que podem produzir muitos ruídos no sinal. Sabe-se que o EEG é utilizado nos principais exames de avaliação de Morte Encefálica no Brasil e em muitos outros países que o adicionaram nesse protocolo de avaliação. Por tanto a utilização de meios que possibilitam reduzir a emissão de artefatos se fazem extremamente necessários.

Quanto aos processos cognitivos, fica evidente que quando a potência do ritmo Delta sobre alterações em todos os eletrodos analisados, o que diferentemente acontece com Beta e Alfa na vista do PCP. Ainda sobre aspectos quantitativos, quando se trata do grau de similaridade entre os hemisférios cerebrais, os resultados apontaram que a região temporal se altera menos que as demais. Por tanto, é possível afirmar que alterações diversos níveis acontecem, principalmente em ritmos de alta frequência como Gama e Supergama compactuando assim com a literatura, que associa esses processos as mesmas frequências.

## REFERÊNCIAS

ABDULLAH A; Z. OMAR, **The Effect of Temporal EEG Signals While Listening to Quran Recitation**. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, v. 1, n. 4, p. 372, Jan, 2011. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.1.4.77>

ANTONENKO, P; PAAS, F; GRABNER, R; VAN GOG, T. **Using electroencephalography to measure cognitive load**. Educ Psychol Rev. 2010;22:425-38. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9130-y>

ALEJANDRO, A. Coma and Brain Death. **American Academy of Neurology**, [s. l.], p. 1708-1731, 2018. <https://doi.org/10.1212/CON.0000000000000666>

BABILONI et al. Brains “in concert”: Frontal oscillatory alpha rhythms and empathy in professional musicians. **NeuroImage**, v. 60, n. 1, p. 105–116, Dez. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.008>

BAJOULVAND et al. Analysis of folk music preference of people from different ethnic groups using kernel-based methods on EEG signals. Applied Mathematics and Computation, v. 307, p. 62–70, Aug, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.02.042>

BALASUBRAMANIAN G; A. KANAGASABAI; J. MOHAN. Biomedical Signal Processing and Control Music induced emotion using wavelet packet decomposition — An EEG study. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 42, p. 115–128, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2018.01.015>

BANERJEE et al. Study on Brain Dynamics by Non Linear Analysis of Music Induced EEG Signals. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 444, p. 110–120, Oct. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.10.030>

BHATTACHARYA J; E. LEE. Modulation of EEG Theta Band Signal Complexity by Music Therapy. **International Journal of Bifurcation and Chaos**, v. 26, n. 01, p. 1650001, Apr. 2016. <https://doi.org/10.1142/S0218127416500012>

BEDO, N; Ribary, U; Ward, LM. **Fast dynamics of cortical functional and effective connectivity during word reading**. Plos One. 2014;9(2):e88940. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088940>

BENDER, A. *et al.* Persistent Vegetative State and Minimally Conscious State: A systematic review and meta-analysis of diagnostic procedures. **Deutsches Ärzteblatt International**, Deutschland, v. 112, p. 235-242, 2015. <https://doi.org/10.3238/arztbl.2015.0235>

BIZAS, E. SIMOS; P.G, STAM; C.J, ARVANITIS, S; TERZAKIS, D. MICHELOYANNIS. S. EEG correlates of cerebral engagement in reading tasks. *Brain Topogr.* 1999; 12(2):99-105. <https://doi.org/10.1023/A:1023410227707>

BIGDELY-SHAMLO, N. *et al.* Automated EEG mega-analysis I:: Spectral and amplitude characteristics across studies. **NeuroImage**, San Diego, CA, USA, v. 207, p. 1-22, 23 nov. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116361>.

BONINI-ROCHA, A.C; CHIARAMONTE, M; ZARO, M.A; TIMM, M.I; WOLFF, D. Observação das evidências cognitivas de aprendizagem motora no desempenho de jovens violonistas monitoradas por eletroencefalograma: um estudo piloto. **Ciênc Cogn.** 2009;14(1):103-20.

BUZSÁKI, G. Rhythms of the Brain. **Oxford Academic**, [s. l.], p. 1, 26 out. 2009. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195301069.001.0001>.

BUCHNER, H; SCHUCHARDT, V. Reliability of Electroencephalogram in the Diagnosis of Brain Death. **European Neurology**, Basel, v. 30, n. 3, p. 138-141, 14 fev. 2008. <https://doi.org/10.1159/000117330>.

BROTONS, M; KOGER, S.M. The impact of music therapy on language functioning in dementia. **Journal of Music Therapy.** 37(3): 183-95. 2000.

CHEN, Y. *et al.* Transcranial Doppler combined with quantitative EEG brain function monitoring and outcome prediction in patients with severe acute intracerebral hemorrhage. **Critical Care**, China, p. 22-36, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-1951-y>

CHANDRASEKARAN, M. *et al.* Predictive value of amplitude-integrated EEG (aEEG) after rescue hypothermic neuroprotection for hypoxic ischemic encephalopathy:: a meta-analysis. **Journal of Perinatology**, London, UK, v. 00, p. 1-6, 19 jan. 2017. <https://doi.org/10.1038/jp.2017.14>

CONG, F *et al.* Linking brain responses to naturalistic music through analysis of ongoing EEG and stimulus features. **IEEE Transactions on Multimedia**, v. 15, n. 5, p. 1060-1069, Aug.2013. <https://doi.org/10.1109/TMM.2013.2253452>

DALY L. *et al.* Neural correlates of emotional responses to music : An EEG study. **Neuroscience Letters**, p. 1-6, May, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.05.003>

DIMIGEN, O. Coregistration of eye movements and EEG in natural reading: analyses and review. **National Library of Medicine** , [s. l.], Nov. 2011. DOI 10.1037/a0023885.

EHRlich , S. K. *et al.* A closed-loop, music-based brain-computer interface for emotion mediation. **PLOS ONE**, v.14, n.3, p. 1-24, Mar. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213516>

ELMER, J. *et al.* A novel methodological framework for multimodality, trajectory model-based prognostication. **Resuscitation**, Pittsburgh, PA, USA, p. 197-204, 18 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.02.030>.

FACHNER, J; C. GOLD; J. ERKKILÄ. Music therapy modulates fronto-temporal activity in rest-EEG in depressed clients. **Brain topography**, v. 26, n. 2, p. 338-354, Apr, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10548-012-0254-x>

FITZGIBBON, S.P; POPE, K.J; MACKENZIE, L; CLARK. C.R; WILLOUGHBY. J.O. Cognitive tasks augment gamma EEG power. *Clin Neurophysiol.* 2004;115(8):1802-9. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.03.009>

FLORES-GUTIÉRREZ O. E. *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. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.03.004>

FOLGIERI, M. R . BERGOMI and S. CASTELLANI. EEG-Based Brain-Computer Interface for Emotional Involvement in Games Through Music. **Digital Da Vinci**, p. 205–236, Apr. 2014. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0536-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0536-2_9)

FREMAN, W. AND R. Q. QUIROGA,” *Imaging Brain Function With EEG*”, 1st ed., New York: **Springer-Verlag**, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4984-3>

GÓDOR, I. Revitalizing DRX for enhanced mobile sleep modes. **Computer Communications**, Budapest, Hungary, ano 2019, p. 98-105, 20 mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.02.004>.

GROUSSARD, M. *et al.* When Music and Long-Term Memory Interact:: Effects of Musical Expertise on Functional and Structural Plasticity in the Hippocampus. **PLoS ONE**, France, 5 out. 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013225>.

GOBERT, F. *et al.* Proving cortical death after vascular coma:: Evoked potentials, EEG and neuroimaging. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], p. 1-33, 24 fev. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2018.02.133>.

GOMES P; T. PEREIRA; J. CONDE. Musical emotions in the brain-a neurophysiological study, v. 1, n. 1, Department of Clinical Physiology, Coimbra Health School, Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra, Portugal. Feb, 2017.

HEO, J. *et al.* Music and natural sounds in an auditory steady-state response based brain–computer interface to increase user acceptance. **Computers in Biology and Medicine**, v. 84, p. 45–52, May 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compbio.2017.03.011>

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, M. Á; MARCO DE LUCAS, E.; MUÑOZ-ESTEBAN, C.; HERNÁNDEZ, J. L.; FERNÁNDEZ-TORRE, J. L. The observation period after clinical

brain death diagnosis according to ancillary tests: differences between supratentorial and infratentorial brain injury, **J Neurol**, no. 266, vol 8, p. 1859-1868, Ago. 2019. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09338-5>

JACKSON, J; STEC, M. Brain Death Determination: An Integrative Review of the Literature. **International Journal of Nursing and Health Care Research**, Cincinnati, Ohio, USA, v. 2, ed. 9, p. 1-5, 30 set. 2019. <https://doi.org/10.29011/2688-9501.101114>.

JOUFFROY, R. *et al.* Early Detection of brain death using the Bispectral Index (BIS) in patients treated by extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (E-CPR) for refractory cardiac arrest. **Resuscitation**, Paris, France, p. 1-22, 18 ago. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.08.217>.

KAY P. B. *et al.* Moderating effects of music on resting state networks. **Brain Research**, v. 1447, p. 53-64, Feb, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.01.064>

KOELSCH, S. Towards a neural basis of music-evoked emotions. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 14, p. 131-137, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.002>

KUMAGAI, Y; ARVANEH, M; TANAKA, T. Familiarity Affects Entrainment of EEG in Music Listening. **Frontiers in Human Neuroscience**, Japan, v. 11, p. 1-8, 26 jul. 2017. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00384>.

KLIMESCH, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Brain Res Rev.* 1999;29(2-3): 169-95. Review. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)

KORNRUMPF, B. DIMIGEN, O. SOMMER, W. Lateralization of posterior alpha EEG reflects the distribution of spatial attention during saccadic reading. *Psychophysiology.* 2017;54(6):809-23. <https://doi.org/10.1111/psyp.12849>

KOKER, A. *et al.* An intoxication mimicking brain death: baclofen. **Acta Neurologica Belgica**, Belgian, p. 33-35, 30 ago. 2018. <https://doi.org/10.1007/s13760-018-1012-y>.

LEWIS, C.C; BOYD, M.R; WALSH-BAILEY, C. *et al.* A systematic review of empirical studies examining mechanisms of implementation in health. **Implementation Sci** **15**, 21 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13012-020-00983-3>.

LEHEMBRE. R. *et al.*, "Resting-state EEG study of comatose patients: a connectivity and frequency analysis to find differences between vegetative and minimally conscious states", *Funct. Neurol.*, vol. 27, no.1, pp. 41-47, Mar. 2012.

MAGUIRE J. M., Music and epilepsy: A critical review, Department of Neurology, United Kingdom. Vol. 53, n° 6: 947 – 961, Mar, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2012.03523.x>

MAITY K. A et al. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of alpha and theta EEG rhythms with musical stimuli. **Chaos, Solitons and Fractals**, v. 81, Parte A, p. 52–67, Dec. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2015.08.016>

MARTÍNEZ-RODRIGO et al. Neural Correlates of Phrase Rhythm: An EEG Study of Bipartite vs. Rondo Sonata Form. **Frontiers in Neuroinformatics**, v. 11, n. 29, April, 2017. <https://doi.org/10.3389/fninf.2017.00029>

MASLENNIKOVA V. A.; A. A. VARLAMOV; B. V. STRELETS. Characteristics of Evoked Changes in EEG Spectral Power and Evoked Potentials on Perception of Musical Harmonies in Musicians and Nonmusicians. **Neuroscience and Behavioral Physiology**, v. 45, n. 1, p. 78–83, Jan. 2015. <https://doi.org/10.1787/qna-v2015-1-6-fr>

MITSUHASHI, M. *et al.* Electroretinogram (ERG) to photic stimuli should be carefully distinct from photic brainstem reflex in patients with deep coma. **Clin Neurol**, Kyoto, p. 1-4, 2017. <https://doi.org/10.5692/clinicalneuro.cn-001049>.

MEHMOOD et al. Computers in Human Behavior Human emotion recognition and analysis in response to audio music using brain signals. **Computers in Human Behavior**, v. 65, p. 267–275, Aug.2016. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.029>

NISHIFUJI S et al. Effect of acoustic stimuli and mental task on alpha, beta and gamma rhythms in brain wave. **SICE Annual Conference 2010**. The Grand Hotel, Taipei, Taiwan, p. 1548–1554, Aug. 2010.

MOORE S. K. Systematic review on the neural effects of music on emotion regulation: implications for music therapy practice. **Journal of music therapy**, v. 50, n. 3, p. 198–242, Sep. 2013. <https://doi.org/10.1093/jmt/50.3.198>

NOZARADAN, S. Exploring how musical rhythm entrains brain activity with electroencephalogram frequency-tagging. **Phil. Trans. R. Soc**, Canada, p. 1-10, 19 out. 2014. DOI 10.1098/rstb.2013.0393. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2013.0393>. Acesso em: 13 jun. 2022.

OLIVEIRA, W. M. DE *et al.* REAVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS CLÍNICOS E ELETRENOCEFALOGRAFÍCOS DE DETERMINAÇÃO DA MORTE CEREBRAL NA CRIANÇA. **Arq. Neuro-psiquiatria**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 25-31, março 1984. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X1984000100005>

OGATA S. Human Eeg Responses to Classical Music and Simulated White Noise: Effects of a Musical Loudness Component on Consciousness. **Perceptual and Motor Skills**, v. 80, n. 3, p. 779–790, Fev. 1995. <https://doi.org/10.2466/pms.1995.80.3.779>

RAMOS, Camila Davi *et al.* Analysis of electroencephalography brain rhythms in the reading process. **Einstein**, São Paulo, 30 out. 2020. [https://doi.org/10.31744/einstein\\_journal/2020AO5442](https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2020AO5442)

Ribeiro, K.R.A; Prado, L.S; Santos, F.R; Gonçalves, F.A.F; Borges, M.M; Abreu, E.P. Morte encefálica e o processo de doação de órgãos: uma atenção ao familiar. *Rev Fun Care Online*. 2020 jan/dez; 12:190-196. DOI:<http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.rpcfo.v12.7197>.

RENZEL, R. R. *et al.* Persistent generalized periodic discharges: A specific marker of fatal outcome in cerebral hypoxia. **Clinical Neurophysiology**, Switzerland, p. 1-6, 5 nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.10.091>.

REIS, C. *et al.* Pathophysiology and the Monitoring Methods for Cardiac Arrest Associated Brain Injury. **International Journal of Molecular Sciences**, Loma Linda, CA, USA, 11 jan. 2017. MDPI journal, p. 1-18. <https://doi.org/10.3390/ijms18010129>

SAMMLER *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. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>

SANYAL S *et al.* Detrended Fluctuation and Power Spectral Analysis of alpha and delta EEG brain rhythms to study music elicited emotion. **International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC 2015)**, p. 205–210, 24-26 Sept.2015. <https://doi.org/10.1109/ISPCC.2015.7375026>

SCHAEFER R *et al.* Music perception and imagery in EEG: Alpha band effects of task and stimulus. **International Journal of Psychophysiology**, v. 82, n. 3, p. 254–259, Sep. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.09.007>

STOBER S *et al.* Towards Music Imagery Information Retrieval: Introducing the OpenMIIR Dataset of EEG Recordings from Music Perception and Imagination. **16th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR'15)**, p. 763–769, 2015.

SHEYKHIVAND, S, Z. Mousavi, T. Y. Rezaii and A. Farzamnia, "Recognizing Emotions Evoked by Music Using CNN-LSTM Networks on EEG Signals," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 139332-139345, Aug, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3011882>

SÖRNMO, L; LAGUNA, P. Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications. **Elsevier**, New Jersey, USA, p. 6-27, 3 jul. 2007. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-6-27>.

SONG, M. *et al.* Prognostic models for prolonged disorders of consciousness: an integrative review. **Cellular and Molecular Life Sciences**, China, p. 1-17, 18 abr. 2020. <https://doi.org/10.1007/s00018-020-03512-z>.

SZURHAJ, W. *et al.* EEG guidelines in the diagnosis of brain death: L'EEG dans le diagnostic de mort cérébrale. **Neurophysiologie Clinique**, Lille cedex, France., n. 45, p. 97-104, 14 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2014.11.005>.

TANDLE et al. Study of valence of musical emotions and its laterality evoked by instrumental Indian classical music: An EEG study. **International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016**, p. 327–331, Apr. 2016. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754149>

THAUT, H. M., C. G. MCINTOSH & V., Neurologic music therapy: From social science to neuroscience, pp. 1-6, New York, NY, US: Oxford University Press, 2014.

TSENG, K. C. et al. Emotion recognition of EEG underlying favourite music by support vector machine. **1st International Conference on Orange Technologies (ICOT)**, p. 155-158, Mar. 2013. <https://doi.org/10.1109/ICOT.2013.6521181>

URL: Página oficial da escala de evidencias "Oxford". Disponível em: Acessado em 20 maio 2021.

URL 1: Página oficial da "Secretaria da saúde do governo do Rio Grande do Sul", edição 240, seção 1, p 50-275, Dez. 2017. Disponível em: . Acessado em 26 Agosto 2021.

URL 2: Página oficial do motor de busca de dados "Eric". Disponível em: Acessado em: 5 de junho 2021.

VALDESA, E. *et al.* Special considerations in the assessment of catastrophic brain injury and determination of brain death in patients with SARS-CoV-2. **Journal of the Neurological Sciences**, St.Brooklyn, NY, p. 1-6, 8 ago. 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.117087>. Disponível em: [https://www.jns-journal.com/article/S0022-510X\(20\)30424-X/fulltext](https://www.jns-journal.com/article/S0022-510X(20)30424-X/fulltext). Acesso em: 22 nov. 2022.

VERRUSIO et al. The Mozart effect: a quantitative EEG study. **Consciousness and cognition**, v. 35, p. 150-155, Feb. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.05.005>

VIJAYALAKSHMI, K et al. Estimation of effects of Alpha music on EEG components by time and frequency domain analysis. **International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE'10)**, p. 1-6. Kuala Lumpur, Malaysia, 11-13 May 2010.

VON STEIN, A; SARNTHEIN, J. Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization. *Int J Psychophysiol.* 2000;38(3):301-13. Review. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00172-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00172-0)

WANG et al. Exploiting Ongoing EEG With Multilinear Partial Least Squares During Free-Listening To Music. **IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON MACHINE LEARNING FOR SIGNAL PROCESSING**, p. 1–6. SALERNO, ITALY, 13–16 SEPT. 2016.

WESTPHAL, G. A; VEIGA, V. C; FRANKE, C. Augusto. Diagnosis of brain death in Brazil. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, Porto Alegre, p. 403-409, 4 fev. 2018. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20190050>.

WESTPHAL, G. A. . C. C. ROBINSON, A. B. CAVALCANTI, A. R. R. GONÇALVES, C. M. GUTERRES, C. TEIXEIRA, C. STEIN, et al. Brazilian guidelines for the management of brain-dead potential organ donors. The task force of the Associação de Medicina Intensiva Brasileira, Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos, Brazilian Research in Critical Care Network, and the General Coordination of the National Transplant System. / Diretrizes brasileiras para o manejo de potenciais doadores de órgãos em morte encefálica. Uma forçatarefa composta por Associação de Medicina Intensiva Brasileira, Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos, Brazilian Research in Critical Care Network e Coordenação Geral do Sistema Nacional de Transplantes, Rev Bras Ter Intensiva, no. 33, vol 1, p 1-11, 2021.

WILL, U; E. BERG. Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli. **Neuroscience Letters**, v. 424, n. 1, p. 55–60, Jul. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.07.036>

ZHANG L. et al. Electrophysiological evidences demonstrating differences in brain functions between nonmusicians and musicians. **Scientific Reports**, v. 5, p. 1–14, Sep. 2015. <https://doi.org/10.1038/srep13796>

ZHU, Li *et al.* A Hybrid System for Distinguishing between Brain Death and Coma Using Diverse EEG Features. **Sensors**, [s. l.], p. 1-15, 18 mar. 2019. <https://doi.org/10.3390/s19061342>