



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Elétrica

Graduação em Engenharia Biomédica

KALINY ALICE CARVALHO DE OLIVEIRA MAGALHÃES

**AVALIAÇÕES DE ESTIMULAÇÕES COGNITIVAS
BASEADAS NO EEG**

Uberlândia

Dezembro, 2019.

KALINY ALICE CARVALHO DE OLIVEIRA MAGALHÃES

**AVALIAÇÕES DE ESTIMULAÇÕES COGNITIVAS
BASEADAS NO EEG**

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

Orientador: João Batista Destro Filho

Assinatura do Orientador

**Uberlândia
Dezembro, 2019.**

KALINY ALICE CARVALHO DE OLIVEIRA MAGALHÃES

**AVALIAÇÕES DE ESTIMULAÇÕES COGNITIVAS
BASEADAS NO EEG**

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

Local, ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Batista Destro Filho

Msc. Camila Davi Ramos

Profa. Msc. Marina Abadia Ramos

Dedico este trabalho a minha família, pelo apoio e carinho incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe Maria Valtervam como também ao meu pai Vanderval e meus irmãos, Lynyker e Kethlyn e o pequeno Evang, pelo apoio e por ter me dado forças para trilhar este caminho que muitas das vezes se mostra árduo e sinuoso, pelo apoio, paciência, compreensão, motivação e principalmente pelo incentivo.

Ao meu orientador João Batista Destro Filho que me guiou durante novas aprendizagens, e também a Camila Davi Ramos, por ter me ajudado diversas vezes nessa jornada. Aos meus amigos, amigas e todas as pessoas que se mantiveram ao meu lado me oferecendo apoio e amparo nos momentos mais complicados.

RESUMO

O cérebro humano é capaz de realizar milhares de conexões elétricas e químicas todos dias e analisar sinais de alta frequência é bastante útil, pois podem fornecer informações sobre a atividade mental, ligada a memória e processamento de informações não vistas em baixas bandas de frequência. A música altera várias áreas cerebrais, influenciando toda área corpórea do ser humano e também atividades cognitivas em geral. Além disso também provoca alterações na maneira como o cérebro e o corpo humano se comporta. Portanto, esse estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar a maneira como os processos cognitivos alteram o traçado do EEG. Os sinais analisados foram de voluntários neurologicamente saudáveis com a autorização do comitê de Ética. As análises feitas relacionadas ao estímulo musical foram desenvolvidas em um paciente, já a leitura de palavras teve um total de 96 registros analisados, sendo bastante significativo ao comparar com a literatura, visto que a quantidade de pacientes dessa pesquisa é grande. Durante a gravação dos processos cognitivos, dois eventos foram considerados, tendo eles em comum o período sem estimulação. O sinal de EEG mostrou que para os ritmos de altas frequências, durante a estimulação musical desagradável, Gama e Supergama tiveram bastante destaque, causando mais alterações que os demais ritmos, e isso também foi visto durante a leitura de palavras, comprovando que estimulações cognitivas causam alterações cerebrais significativas. Em contrapartida, os sinais clínicos, tiveram maiores ativações durante o estímulo agradável, e que mesmo não tendo diferenças muito significativas, pode-se notar que durante a estimulação agradável a região direita cerebral no ritmo Delta teve maior ativação ao comparar com o momento sem estímulo. Portanto, é possível dizer que estimulações cognitivas alteram o traçado do EEG de diferentes formas levando em consideração o tipo da estimulação e que as regiões cerebrais são afetadas de maneiras distintas no caso da estimulação agradável.

Palavras-Chave: EEG, ECG, estimulação musical, processo cognitivo, leitura de palavras

ABSTRACT

The human brain is capable of making thousands of electrical and chemical connections every day and analyzing very useful high frequency signals, as it can provide information about mental activities, relate memory, and process information not seen in low frequency ranges. Music alters various brain areas, influences the entire body area of the human being and also cognitive activities in general. It also causes changes in the way the brain and human body behave. Therefore, this study was developed in order to analyze a way the cognitive processes altered or traced by the EEG. The signs analyzed were neurologically healthy volunteers with authorization from the ethics committee. As the analyzes related to the musical stimulus were performed in one patient, the reading of words already had a total of 96 records analyzed, being quite significant when comparing with the literature, since the number of patients of this research is great. During a recording of cognitive processes, two events were considered, having them in common or period without stimulation. The EEG signal showed that the high frequency rhythms, during an unpleasant musical stimulation, Gama and Supergama were very prominent, caused more alterations in the other rhythms, and this was also seen while reading words, proving the cognitive stimulus caused applicable brain changes. In contrast, the clinical signs, the major activity factors during the pleasant stimulus, and the same do not affect them very much, it can be noted that during a pleasant stimulation in the right brain region in the Delta rhythm was more frequent when compared to the moment without stimulus. Therefore, it can be said that cognitive stimuli alter or trace the EEG in different ways, taking into account the type of stimulation and that brain regions are affected in different ways in the case of pleasant stimulation.

Keyword: EEG, ECG, music stimulation, cognitive process, word reading

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Ilustração da montagem do Sistema Internacional 10-20.....	12
Figura 2. Topografias que apresentam a potência espectral das ondas Delta, Gama e Supergama. Sem estimulação musical.....	30
Figura 3. Topografias que apresentam a potência espectral das ondas Delta, Gama e Supergama. Com estimulação musical	31
Figura 4: Variação da Frequência Cardíaca durante o período de silêncio.....	34
Figura 5. VFC durante a estimulação musical.....	34
Figura 6. Diagrama tempo-frequência da Coerência do ritmo Gama. Os primeiros 30 segundos é durante o evento sem estimulação e posteriormente durante a atividade cognitiva de leitura.....	37
Figura 7. Diagrama tempo-frequência da Coerência do ritmo Supergama. Os primeiros 30 segundos é durante o evento sem estimulação e posteriormente durante a atividade cognitiva de leitura.....	37
Figura 8. Análise tempo-frequência de PPN no ritmo Gama.....	38
Figura 9. Análise tempo-frequência de PPN no ritmo Supergama.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Objetivos dos artigos selecionados.....	17
Tabela 2: Metodologia dos artigos selecionados.....	18
Tabela 3: Informações adicionais e resultado dos artigos selecionados.....	21
Tabela 4: Resultados obtidos usando o quantificador PCP, analisando mediana e desvio padrão da mediana utilizando a situação sem estimulação musical e com estimulação musical.....	31
Tabela 5 Análise de Gama e Supergama para os pares de eletrodos nos dois eventos.....	34
Tabela 6. Média e desvio padrão da amplitude da frequência cardíaca durante os dois eventos.....	36
Tabela 7. PCP dos ritmos Gama e Supergama.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

EEG - Eletroencefalografia

ECG - Eletrocardiografia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. DESENVOLVIMENTO.....	1
6	
2.1 Estado da Arte.....	16
2.2 Estimulações cognitivas.....	25
2.2.1 Aquisição.....	25
2.2.1.1 Estimulação Musical.....	25
2.2.1.2 Leitura de palavras.....	26
2.2.2 Quantificação dos dados.....	27
2.2.2.1 EEG.....	27
2.2.2.2 ECG.....	29
2.2.3 Análise dos dados.....	29
3. RESULTADOS.....	31
4. CONCLUSÃO.....	43
5. REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O cérebro humano é capaz de realizar milhares de conexões elétricas e químicas todos dias. (FREEMAN; QUIROGA, 2013) Os neurônios possibilitam essas conexões por meio de sinapses extremamente rápidas que formam informações e passam por todo corpo humano. Nas sinapses elétricas os fluxos de elétrons possibilitam o carreamento dessas informações de modo que é possível detectar alterações cerebrais ao serem analisadas. (MONTENEGRO, 2018). A Eletroencefalografia é um método de avaliação da atividade elétrica cerebral, e é usada em inúmeras análises e sobretudo nas investigações sobre o cérebro humano, tanto patologias quanto a fisiologia. Sinais elétricos cerebrais produzem oscilações de caráter repetitivo, caracterizados por suas faixas de frequência e amplitude (SORNMO, 2005), o mesmo apresenta uma resolução temporal altíssima através de correntes elétricas produzidas no encéfalo, por essa razão é possível a detecção de alterações nas ondas elétricas cerebrais. Esses sinais (ritmos) são conhecidos como Delta (1-3,5 Hz), Teta (3,5-7,5 Hz), Alfa (7,5-12,5 Hz), Gama (35-80 Hz) e Supergama (80-100 Hz). O EEG apresenta uma resolução temporal altíssima através de correntes elétricas produzidas no encéfalo, por essa razão é possível a detecção de alterações nas ondas elétricas cerebrais.

Com o avanço tecnológico, a mensuração da atividade elétrica se tornou possível e o registro dessa atividade pode ser feito de maneira não invasiva com eletrodos colocados no escalpo do indivíduo ou de maneira invasiva (FINGER-KRATOCHVIL, 2015). Os eletrodos utilizados para a captação não invasiva normalmente são feitos de materiais metálicos e devem permitir o fluxo, com auxílio de um gel condutor, de íons para que a captação seja mais precisa. O sistema internacional de medição de EEG é o chamado 10-20 (Figura 1), são colocados no escalpo 23 eletrodos em todos os lobos, sendo 3 deles os chamados eletrodos de referência. Algumas limitações são vistas nesse tipo de análise, sinais de EEG, no entanto, sofrem de alta níveis de ruído devido à baixa condutividade do crânio humanos ficando assim suscetíveis a ruídos do ambiente e do próprio aparelho.

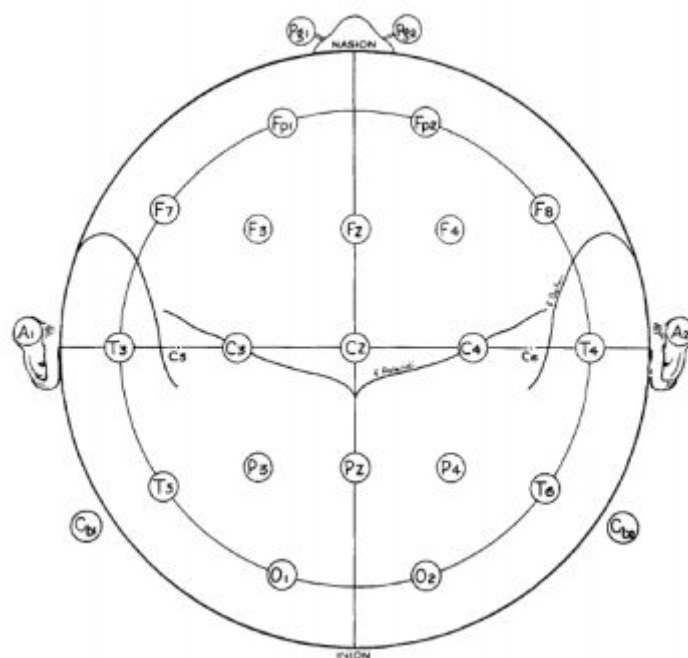


Figura 1. Ilustração da montagem do Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958)

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 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 e processamento de informações não vistas em baixas bandas de frequência.

Patologias em geral podem ser detectadas ao observar o traçado do EEG, suas variações dizem o estado em que o paciente se encontra, como é o caso do Coma. O coma é um estado de inconsciência e ausência de estímulos que interferem em todo o sinal elétrico do indivíduo, como amplitudes e frequências. Como citado anteriormente, os sinais de baixas frequências ficam mais evidentes em pacientes nessas condições, já que a falta de estímulos do tronco encefálico torna as mesmas mais rítmicas e evidentes. O coma pode ser causado por diversas diferentes formas, como intoxicação por drogas, acidentes que causaram lesões na área cerebral, hipotermia, e isso causa um aumento na amplitude das ondas elétricas, fato ao qual está associado a atividade sináptica dos neurônios, ou no caso, a ausência da mesma.

Partindo do pressuposto que inúmeros fatores podem alterar o sinal elétrico cerebral e sabendo que a música é um dos principais influenciadores de emoções e faz parte de diversos tratamentos, a estimulação em pacientes comatosos, por exemplo, é uma nova aplicação e opção de tratamento. Essa ciência músico terapêutica, está bastante presente na neurociência, lidando com tratamento de diminuição de dores, tratamento para ansiedade e reabilitações como também o estímulo em pacientes comatosos, já que a mesma trabalha em diversas áreas do córtex cerebral e desempenha muitas funções, alterando a frequência cardíaca e também a atividade cerebral. Em consequência altera também o traçado do EEG, fazendo com que seja possível a leitura e interpretação do como a música pode promover e ajudar na melhora de um paciente em estado de inconsciência. (GUTIÉRREZ, 2016).

O sistema nervoso é estudado em vários níveis, desde os grandes sistemas que, no encéfalo, formam a base do comportamento e cognição, até as moléculas que definem as funcionalidades dos neurônios. O encéfalo é o centro do sistema nervoso sendo responsável por todas as ações corpóreas, desde o piscar de olhos ao processo de armazenamento de informações (BEAR, 2002). Algumas estruturas encefálicas estão interligadas ao processamento da memória, tais como o hipocampo presente no lobo temporal medial e o diencéfalo (KANDEL, 2014), ambos de grande importância para a consolidação de memórias declarativas, caracterizadas por serem fáceis de formar e também facilmente esquecidas, é a memória para fatos e eventos tendo a interconexão como principal característica. Por exemplo, ao ler um livro ou algum determinado conjunto de palavras, a formação de memórias que relacionam múltiplas coisas pode acontecer, como o lembrar de situações ou imagens que fazem conexão com a leitura, em suma, uma avalanche de fatos relacionados podem ser ativados.

Existem uma ampla quantidade de processos cognitivos, como a leitura de um livro ou redigir um artigo acadêmico, aprender a ler e escrever ou a tocar um instrumento musical. O simples processo de ler uma mensagem da tela do seu computador já é atribuído a processos de cognição e isso causa alterações na forma em que seu cérebro se comporta como cada uma dessas informações são processadas e onde são processadas também, questões importantes como: qual região é responsável pelo entendimento da maioria dos processos cognitivos e como essas alterações ocorrem. São inúmeros mistérios presentes em relação a todo processamento e entendimento do cérebro humano e algumas dessas questões podem solucionar diversas dúvidas acerca desses assuntos. Devido a isso, é muito importante

instrumentos que conseguem captar e analisar informações desse ambiente, como análises de imagens, magnetização ou mesmo o que já foi citado anteriormente o EEG.

A realização de atividades envolvendo aprendizagem motoras, produz alterações neuronais capazes de serem detectadas com o uso do EEG. A mensuração da atividade elétrica relacionada a processos cognitivos se tornou mais possível devido a isso, o registro dessa atividade pode ser sincronizada a um estímulo, como ler uma palavra, a facilidade em analisar esses processos cognitivos, como a leitura é grande (FINGER-KRATOCHVIL, 2015). Regiões primárias do cérebro processam os primeiros sinais das letras captados pelos cones da fóvea, antes de criá-los, na região central do lobo occipital de ambos os hemisférios, independentemente de qualquer especialização. Esse processo acontece em milissegundos e sua saída é enviada de maneira compulsória à região occipito-temporo-ventral do hemisfério esquerdo especializada pela leitura (SCHERER, 2009). Estudos desenvolvidos em (DEHAENE, 2002) demonstraram que essa região de leitura, se ilumina quando indivíduos são submetidos a palavras escritas, mas não quando as mesmas são ouvidas.

As ondas cerebrais, possuem aspectos singulares e também semelhantes. Mas em grande maioria se comportam de maneiras distintas e sofrem alterações em estímulos diferentes, ambientes e análises. Dando destaque para análise de atividades cognitivas e estimulações musicais, ou aprendizagem, uma banda de frequência específica e ampla é comumente mais citada nos estudos literários, assim como já supracitado, as altas frequências Gama e Supergama são sincronizadas em atividades de aprendizagem e memória (FRIES, 2007) já foi documentado que o córtex visual e algumas outras regiões cerebrais auxiliam na manutenção da memória e a sincronização da onda Gama guarda questões cognitivas. As oscilações Gama possuem amplas frequências e são classificadas em altas e baixas, algumas literaturas apresentam as ondas gamas de altas frequências com a nomenclatura de “Supergama”, já outros estudos costumam defini-la como alta ou baixa. As alterações em gama durante tarefas cognitivas, mesmo que sejam mais evidentes, algumas pesquisas mostraram (GROSS, 1999) apontam que a alta frequência não possuem um hemisfério de ativação cerebral fixo, mostram que quando alteradas durante diferentes estímulos independem de regiões cerebrais. Os diversos estímulos cognitivos também desempenham alterações diferentes em Gama, cada um deles apresentam um tipo de modificação ou periodicidade diferente no traçado EEG. Se uma pessoa é submetida a

estímulos desagradáveis ou ruidosos é sabido dizer que as alterações quando comparado a estimulações agradáveis tem a tendência em se comportar de maneiras distintas.

Existem uma ampla quantidade de processos cognitivos, como a leitura de um livro ou redigir um artigo acadêmico, aprender a ler e escrever ou a tocar um instrumento musical. O simples processo de ler uma mensagem da tela do seu computador já é atribuído a processos de cognição e isso causa alterações na forma em que seu cérebro se comporta como cada uma dessas informações são processadas e onde são processadas também, questões importantes como: qual região é responsável pelo entendimento da maioria dos processos cognitivos e como essas alterações ocorrem. São inúmeros mistérios presentes em relação a todo processamento e entendimento do cérebro humano e algumas dessas questões podem solucionar diversas dúvidas acerca desses assuntos. Devido a isso, é muito importante instrumentos que conseguem captar e analisar informações desse ambiente, como análises de imagens, magnetização ou mesmo o que já foi citado anteriormente o EEG.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Estado da Arte

Para a criação da Tabela 1, foi desenvolvido um protocolo de pesquisa utilizando algumas plataformas, a saber: Google acadêmico, PubMed, SciELO e também os periódicos da CAPES. Para que a busca ocorresse de forma adequada, algumas palavras chaves foram selecionadas, sendo elas: EEG; estimulação musical, processo cognitivo, leitura, análise estatística, Gama e Supergama. Essa mesma busca também foi feita em inglês, para que fossem selecionados também artigos internacionais. A priori foram selecionados artigos com pesquisas mais recentes na área do EEG, decidindo assim entre os intervalos de 2002 a 2019.

Foram selecionados dez artigos que se baseavam em estimulação musical ou cognitiva de diversos tipos. Os processos cognitivos presentes nesses artigos, foram: digitação, leitura de palavras, datilografia entre outros. Dos dez artigos encontrados, que tinham uma metodologia de análise compatível com o atual estudo, oito passaram pela triagem e dois foram excluídos já que não se encaixavam nos critérios de inclusão. Esses critérios são especificados a seguir: Artigos que usaram o sistema internacional 10-20, os ritmos analisados com a definição similar a vista em (SORNMO, 2005), altas frequências com resultados relevantes, processos cognitivos variados, todos os tipos de voluntários foram aceitos, com ou sem patologias. Estudos utilizando análise visual do EEG ou o termo “High Frequency” foram excluídos.

Para a criação das Tabelas 1, 2 e 3. foram selecionados alguns dados que seriam relevantes para comparar com o atual estudo, sendo separados em alguns tópicos para a melhor sintetização das informações: Objetivo, para que a síntese principal do referente artigo ficasse clara. A Metodologia foi separada em cinco em sub tópicos, sendo eles: Critérios de inclusão/exclusão; Sequência de Estímulo; Atividade cognitiva; Quantidade Total de Estimulações; Observações e/ou informações importantes. E por último, a coluna de resultados com os principais resultados obtidos durante a análise dos sinais previstos nos estudos. A tabela foi segmentada em três partes para melhor visualização dos dados. Sendo a Tabela 1. Os objetivos. a Tabela 2. A metodologia e por último a Tabela 3. composta pelas informações extras e resultados. Os artigos selecionados foram: (WILL, 2007); (ZHANG,

2015); (NISHIFUJI, S. et al, 2010); (BASTOS. 2004); (URRESTARAZU, 2007); (BASTIAANSEN, 2002); (BHATTI, 2006); (GUTIÉRREZ, 2015)

Tabela 1. Objetivos dos artigos selecionados.

ARTIGOS (Citação)	OBJETIVOS
WILL, 2007	Comparar as respostas a estímulos periódicos (sons de bateria e cliques com taxas de repetição de 1 a 8 Hz), silêncio e ruído aleatório
ZHANG, (2015)	Testar a hipótese de que o treinamento musical de longo prazo poderia não apenas melhorar o processamento da informação auditiva, mas também modular as funções cognitivas superiores (controle cognitivo “top-down”).
NISHIFUJI, S. et al (2010)	Avaliar os efeitos do estresse do trabalho mental e do ambiente acústico na atividade elétrica cerebral.
BASTOS(2004)	O objetivo do presente estudo foi investigar alterações nos padrões eletroencefalográficos de sujeitos normais e destros durante o aprendizado motor de uma tarefa manual.
URRESTARA ZU, 2007	Caracterizar a relação das oscilações rápidas com o foco das crises e quantificamos sua concordância com os transitórios epileptiformes, aos quais estão fortemente associados.
BASTIAANSE N,2002	Estudar por meio de análises de potência de banda induzida (IBP), que quantificam alterações relacionadas a eventos na amplitude de ritmos de EEG específicos de frequência.
BHATTI, 2016	Os principais objetivos deste estudo foram determinar o efeito de diferentes gêneros de música nas emoções humanas e indicar a faixa etária mais responsiva à música. Este estudo reconheceu emoções felizes, tristes, amor e raiva em resposta a faixas de música de áudio dos gêneros eletrônico, rap, metal, rock e hiphop

GUTIÉRREZ, 2015	Avaliar o processo de aprendizagem de uma tarefa usando medidas eletroencefalográficas (EEG). O objetivo é identificar alterações estatisticamente significativas no PSD de vários ritmos de EEG em diferentes estágios e níveis de dificuldade do processo de aprendizagem.
-----------------	--

Tabela 2. Metodologia dos artigos selecionados.

ARTIGOS (Citação)	METODOLOGIA			
	<i>Crítérios de inclusão/exclusão</i>	<i>Sequência de Estímulos</i>	<i>Atividade cognitiva</i>	<i>Quantidade Total de Estimulações</i>
WILL, 2007	Não informado	Aleatório	Estímulo musical	Três
ZHANG, (2015)	Estudantes de graduação e pós-graduação da Southwest University (Chongqing, China), serem saudáveis, destros e possuir audição normal.	Ordem de todos os estímulos auditivos em cada bloco foi randomizada.	controle cognitivo “top-down”	10 blocos, cada um com duração de aproximadamente 5 minutos e contendo 45 estímulos auditivos (isto é, 15 estímulos transitórios, 15 trens descendentes de estímulos quase estacionários e 15 trens ascendentes de estímulos quase estacionários)
NISHIFUJI, S. et al (2010)	Indivíduos saudáveis	(1) Repouso (40 segundos, 2 tentativas): nenhuma tarefa em ambiente silencioso. (2) Ouvir estímulos	Diversos. (Atividades cognitivas, estimulações musicais, etc)	2, som agradável e não agradável

		acústicos (100 s): 1 Som desagradável (tom de 5 KHz, som de batida de mosquito). 2 Som agradável (Canon de Pachelbel). (3) Tarefas mentais em ambiente silencioso.		
(BASTOS,2004)	Foi constituída de 29 sujeitos, sendo 14 do sexo masculino e 15 do feminino, entre 20 e 40 anos.	A tarefa consistiu de um método de datilografia de aprendizagem progressiva, cujo treinamento foi realizado em um único dia.	Datilografia	Os sujeitos executaram a técnica de datilografia por uma hora, descansaram por 20 minutos e realizaram mais uma hora da tarefa motora (duas horas no total). No final de cada hora, se o exercício não tivesse sido terminado, ele não era considerado.
URRESTAR AZU, 2007	Os pacientes foram selecionados devido à presença de picos dentro e fora da zona de início das crises.	Não informa	Não informa	Não Informa
BASTIAANSEN,2002	Para o experimento	estudadas por meio de análises de		

	principal do ERP, 18 falantes nativos destros de holandês (5 homens, faixa etária de 19 a 25, idade média de 21) participaram do experimento. Nenhum apresentou comprometimento neurológico, sofreu trauma neurológico ou usou neurolépticos.	potência de banda induzida (IBP), que quantificam alterações relacionadas a eventos na amplitude de ritmos de EEG específicos de frequência.		
BHATTI, 2016	Trinta homens e mulheres de três faixas etárias diferentes (15 e 25 anos, 26 e 35 e 36 e 50 anos) foram submetidos ao experimento	Os participantes foram convidados a ouvir músicas em áudio de 1 min para cada gênero em um ambiente sem ruído	Estímulos musicais	Várias
GUTIÉRREZ 2015	Voluntários saudáveis	Doze lições	monitorar o processo de aprendizado de digitação usando o layout do teclado Colemak durante um treinamento de doze lições.	Doze

Tabela 3. Informações adicionais e resultado dos artigos selecionados.

ARTIGOS (Citação)	<i>Observações e/ou informações importantes e</i> RESULTADOS
WILL, 2007	No Estágio S1, maiores densidades de potência dos componentes delta foram observadas com a música-sim do que com a música em todas as derivações do EEG, com exceção do eletrodo occipital esquerdo. No Estágio S2, maiores densidades de potência dos componentes delta foram observadas com a música-sim do que a música nas derivações frontais e centrais do lado esquerdo. Especificamente, encontrou-se (1) uma resposta de sincronização tônica na faixa delta com uma resposta máxima a 2Hz, (2) uma resposta fásica cobrindo a faixa teta, e (3) uma sincronização de fase aumentada na faixa beta / gama (13- 44 Hz) produzido através do aumento da atividade na faixa gama mais baixa e modulado pela periodicidade do estímulo. As respostas de sincronização na faixa delta podem fazer parte dos processos neurofisiológicos subjacentes ao acoplamento de tempo entre a entrada sensorial rítmica e a saída do motor; o máximo de 2 Hz tônico corresponde ao tempo ideal identificado nas experiências de escuta, sincronização de toque e discriminação de intervalo de evento. Além disso, os efeitos de sincronização na faixa beta e gama podem contribuir para as influências relatadas do arrastamento rítmico nas funções cognitivas envolvidas nas tarefas de aprendizagem e memória.
ZHANG, (2015)	Os músicos mostraram PLVs significativamente maiores de AEPs em altas frequências (40-60Hz) do que os não músicos, o que confirmou a noção de que o treinamento musical de longo prazo pode melhorar o processamento de informação no sistema sensorial^{7,23}. Em contraste, sendo evocados por estímulos auditivos transientes e quase-estacionários, os músicos mostraram magnitudes e PLVs significativamente menores de PEAs em baixas frequências (1 a 20 Hz) do que os não-músicos, o que pode indicar que o treinamento musical a termo pode aumentar a inibição cognitiva “de cima para baixo” para o sistema de detecção de novidade / saliência²⁴. Em outras palavras, a exposição prolongada à música e ao treinamento musical aumenta a capacidade dos músicos de processar efetivamente as informações sensoriais evocadas por estímulos auditivos externos e de iniciar o controle cognitivo "de cima para baixo
NISHIFUJI, S. et al (2010)	A amplitude da onda alfa (8–13 Hz), que é o componente representativo das ondas cerebrais acordadas, diminuiu em aproximadamente 15 ~ 20% durante a execução da tarefa mental (aritmética e memorização mental), e estímulos acústicos (5 KHz como tom desagradável e uma música clássica, Canon Pachelbel's como um tom agradável) sozinho em comparação com a amplitude da

	onda alfa espontânea em repouso. Tal supressão da amplitude corresponde ao aumento da flutuação da fase temporal da onda alfa em 15 ~ 30%. Em particular, a taxa de redução da amplitude da onda alfa na faixa de baixa frequência foi de até 25% sob as tensões combinadas, ou seja, a aritmética mental e o tom desagradável de 5 KHz. Por outro lado, a amplitude das ondas beta e gama não apresentou mudança significativa na maioria das condições de estresse, incluindo estresses combinados. A observação obtida indica que a combinação de tensões acústicas e mentais afeta consideravelmente a estabilização da onda alfa na faixa de baixa frequência, que pode ser uma chave crucial para medir o estresse mental usando as ondas cerebrais. · Em particular, a taxa de redução da amplitude da onda alfa na faixa de baixa frequência foi de até 25% sob as tensões combinadas, ou seja, a aritmética mental e o tom desagradável de 5 KHz. Por outro lado, a amplitude das ondas beta e gama não apresentou mudança significativa na maioria das condições de estresse, incluindo estresses combinados.
(BASTOS,2004)	Os resultados principais demonstraram mudança na performance através das variáveis tempo e número de erros. Concomitantemente, foi verificado aumento de potência na banda alfa sobre áreas centrais (CZ-C3/CZ-C4) e diminuição em beta localizada na área temporoparietal esquerda (O1-P3/T3-F7). Alterações na banda teta, como demonstradas em outros experimentos, não ocorreram neste estudo. Tais resultados sugerem uma adaptação do córtex sensório-motor em que a alteração da atividade elétrica cortical é condizente com uma transição ao automatismo motor.
(URRESTARAZU, 2007)	A maioria das ondulações e FRs ocorreu ao mesmo tempo que os transitórios epileptiformes. A taxa de ocorrência de ondulações foi maior dentro da zona de início das crises do que fora em quatro dos sete pacientes. A taxa de FR foi muito maior dentro da zona de início das crises do que fora em quatro dos cinco pacientes com FR (nesses quatro pacientes, os FR eram quase inexistentes fora da zona de início das crises). A potência de ondulações e FRs tendia a ser maior nos eletrodos onde sua taxa também era maior. Esses resultados indicam que os FRs. estavam mais restritos aos eletrodos localizados dentro da zona de ataque, especialmente ao hipocampo, do que às ondulações. Em apenas um paciente, os FRs foram mais frequentes fora da zona de início das crises; esse paciente era o único com displasia cortical e o eletrodo com alta taxa de FR estava dentro da lesão. Este estudo demonstra que ondulações interictais e FRs podem ser registradas com macroeletrodos de profundidade em pacientes. A maioria ocorre no momento de picos epileptiformes, mas alguns são isolados. As ondulações não mostram uma clara diferenciação entre a zona de início das crises e as áreas remotas, enquanto as FRs têm uma taxa mais alta e maior poder na zona de início das crises. Nossos resultados também sugerem uma capacidade especial do hipocampo anormal de

	gerar FRs, embora também tenham sido registrados em outras estruturas.
(BASTIAANS EN,2002)	Resultados demonstrados em tabelas e figuras
BHATTI, 2016	Ficou evidente a partir dos resultados que o MLP fornece a melhor precisão para reconhecer as emoções humanas em resposta às faixas de música com recursos híbridos dos sinais cerebrais. Observa-se também que os gêneros de rock e rap geraram emoções felizes e tristes, respectivamente, nos sujeitos estudados. Os sinais cerebrais da faixa etária (26 e 35 anos) apresentaram a melhor precisão de reconhecimento de emoções de acordo com as emoções autorreferidas.
GUTIÉRREZ, 2015	Os resultados mostraram uma diminuição significativa no poder dos ritmos de banda para dez voluntários durante o processo de aprendizagem, e essa diminuição ocorre independentemente da dificuldade da lição. Esses resultados estão de acordo com os relatórios anteriores de alterações no PSD associados à vinculação de recursos e codificação de memória.

As Tabelas 1, 2 e 3 possibilitou a análise comparativa entre os diferentes estudos. Os artigos tem como objetivo, avaliar as mudanças que atividades cognitivas, manuais e estímulos musicais fazem com o traçado do EEG, analisar essas alterações e observar onde as mesmas estão mais frequentes, o significado dessas mudanças e como as ondas cerebrais se comportam. Dos 8 artigos analisados, 3 (37,5%) não disponibilizaram a informação do estado neurológico dos voluntários. Apenas 1 estudo (12,5%) foi registrado em pacientes com picos interictais. A média em relação a quantidade de voluntário entre todos os estudo é de aproximadamente 10. As outras quatro pesquisas foram realizadas em voluntários neurologicamente saudáveis. Duas das atividades cognitivas estavam relacionadas a estimulação musical. Os outros artigos usaram atividades cognitivas diversificadas. A sequência de estímulos não segue nenhum padrão entre estudos, cada qual adotou um protocolo de estimulação musical ou cognitiva diferentes . Como em (NISHIFUJI, S. et al 2010) que fez uma análise completa de atividades cognitivas e estimulação musical a fim de detectar o que o estresse acústico e mental pode modificar na atividade elétrica do cérebro, dividindo as estimulações em momentos de repouso (Sem estimulação) e momentos com algum tipo de atividade cognitiva (Aritmética, memorização, estímulos acústicos, tarefas mentais, som agradável, entre outros).A quantidade de estimulações variam entre 2 estímulos

podendo chegar até 100, como foi o caso do estudo realizado por (ZHANG et al, 2015). Os artigos apresentam resultados diferentes mas na mesma direção, estimulações cognitivas alteram o traçado de EEG tendo as altas frequências mais significativas na maioria deles. Durante o processo de aprendizagem (GUTIÉRREZ, 2015) mostrou que a potência tende a diminuir nos ritmos musicais e que durante a estimulação musical (ZHANG et al, 2015) mostrou que os músicos tendem a ter potências maiores nos ritmos de altas frequências.

2.2 Estimulações Cognitivas

Sentimentos, emoções, ansiedades são algumas características presentes nos seres humanos que podem ser modificadas por diversos aspectos, um deles é a música. A musicoterapia é uma ciência que utiliza estímulo musical para ajudar em algumas patologias, como: Ansiedade; dores; em reabilitação de algum acidente; e não só com assuntos patológicos, ela é capaz de influenciar todo um ambiente em que é inserida inclusive a forma em que a atividade cerebral do indivíduo está ocorrendo.

É sabido dizer que a música altera várias áreas cerebrais influenciando assim toda área corpórea do ser humano. Os estímulos musicais podem ser divididos em diversas categorias, como: Agradáveis, desagradáveis, neutros, ruidosos, tons puros ou compostos entre diversos outros. E cada um desses estímulos existentes produzem alterações diferentes nos indivíduos já que, cada pessoa possui singularidades distintas.

2.2.1 Aquisição

2.2.1.1 Estimulação Musical

O registro do sinal foi realizado em Uberlândia, tendo periodicidade de apenas um dia de estimulações, com um voluntário saudável, ou seja, sem nenhuma patologia prévia. O mesmo deveria escolher uma música que considerava agradável ou que gostava para que fosse usada nos critérios de análise do sinal. Através de um equipamento de gravação de EEG, o sinal foi captado em dois eventos distintos: Três minutos de silêncio absoluto com o voluntário deitado e um minuto de estimulação musical agradável. Em todos os eventos o indivíduo permaneceu de olhos fechados para evitar ruídos, além disso o ambiente estava sob total calma para que não houvesse interferências externas. Após a música agradável ter sido tocada foi perguntado ao voluntário como o mesmo estava se sentindo depois da música e o que o mesmo pensou no decorrer da estimulação. O protocolo de aquisição da música desagradável, foi similar ao anterior. A coleta dos sinais EEG e ECG desse estudo foram realizadas em um voluntário saudável, autorizado pelo parecer 2.570.022 do CEPE – UFU. O protocolo de pesquisa incluía dois momentos de análise: No primeiro momento o voluntário deveria ficar com os olhos fechados durante um determinado período de tempo e não poderia ter nenhum tipo de estimulação ou movimentos a fim de evitar ruídos e

alterações no sinal que diferia do critério de análise. No segundo momento o voluntário foi submetido a um estímulo musical desagradável escolhido previamente pelo mesmo, antes que a gravação dos eventos fosse inicializada. O equipamento responsável pelo registro dos sinais de EEG e ECG tinha como frequência de amostragem 400 Hz, captando assim ambos os sinais.

Para que os sinais analisados fossem livres de ruídos que poderiam sobrepor informações importantes sobre o sinal, os registros foram levados para que um neurologista fizesse a análise visual dos registros fazendo com que os melhores trinta trechos com duração de dois segundos cada, que não apresentavam ruídos de rede, sudorese e outros fossem passados para a etapa de processamento.

2.2.1.2 Leitura de Palavras

Processos cognitivos em geral são responsáveis por modificações nas ondas cerebrais como apresentado em (FINGER-KRATOCHVIL, 2015), com base nisso uma pesquisa para identificar essas alterações.

Os sinais analisados foram, de voluntários neurologicamente saudáveis com a autorização do comitê de Ética pelo parecer 1.715.960 CAAE: 54781615.6.0000.5152. Foram analisados 96 sinais de EEG, sendo 47 desses registros, feitos em voluntários do sexo feminino. Para a análise dos sinais, dois eventos foram analisados, a saber: Momento sem estimulação cognitiva, chamado de SC e o segundo momento, o voluntário foi submetido ao processo cognitivo de leitura, o mesmo deveria ler uma sequência de palavras pré definida, chamado: LP. A gravação desses sinais foram realizadas por meio do equipamento de captação de EEG usando o sistema internacional 10-20, que consiste em colocar no escalpo do voluntário 23 eletrodos de captação como já descrito anteriormente. O protocolo utilizado consistia em deixar o paciente deitado em repouso, com os olhos abertos durante um período de tempo pré estabelecido, sendo ele de três minutos corridos, nesse período não houve nenhum tipo de estimulação. Posteriormente as palavras foram apresentadas para o voluntário, que permaneceu deitado. Um total de dez palavras escritas nitidamente em forma grande, foram lidas pelo indivíduo. O intervalo entre as leituras foi de cinco segundos. Em relação às palavras escolhidas, optou-se por utilizar vocábulos que de alguma forma remeteria a emoções e ou memórias. Foram selecionados dez trechos do sinal completo de cada medição realizada. As dez épocas ou trechos foram selecionadas entre os dois eventos LP e

SC, com um total de duração de três segundos. Os sinais iniciais e finais foram excluídos para evitar ruídos e informações incorretas na análise do sinal. O sinal foi passado por uma triagem feita por um Neurologista, com o objetivo de analisar os trechos e selecionar os que tivessem menores ruídos para que um sinal limpo e livres de artefato muscular, ocular, sudorese e entre outros, pudesse ser analisado.

2.2.2 Quantificação dos dados

2.2.2.1 EEG

Ferramentas foram definidas para o processamento do sinal EEG e ECG nos processos cognitivos. Para melhor análise do sinal eletroencefalográfico durante a estimulação agradável, foi selecionado o quantificador Porcentagem de Contribuição de Potência (PCP) 2.2.1.2[2], responsável por analisar a energia contida nas faixas de frequências (Delta, Teta, Alfa, Beta, Gama e Supergama) usando a densidade espectral do sinal. As ondas cerebrais possuem densidades espectrais diferentes, assim sendo, pode ser obtido os valores de potência por meio delas. 2.2.1.2 [1] (RAMOS, 2017 - TESE).

$$P_i = \int |S_x i(f)|^2 df \quad i = 1, 2, \dots, S \quad 2.2.1.2[1]$$

Sendo:

S_x – Densidade espectral de potência.

i – Trecho analisado.

f – Vetor de Frequência.

P_i – Potência espectral.

$$PCP_{ritmo} = \frac{\int_{f_{inritmo}}^{f_{outritmo}} |S_x i(f)|^2 df}{P_i} \quad i = 1, 2, \dots, S \quad 2.2.1.2[2]$$

Foi utilizado para análise dos dados do EEG o quantificador Coerência para a análise do sinal durante estimulação desagradável. (RAMOS, 2017) A Coerência é um quantificador que verifica a similitude de fase entre amostras de sinais diferentes analisando a densidade espectral e sua magnitude quadrada como mostra na equação [3] e [4]. Para usar esse quantificador, os eletrodos devem ser separados em pares, já que o mesmo faz a análise entre os dois hemisférios cerebrais.

$$|\Gamma_{xy}(e^{jw})|^2 = \frac{|S_{xy}(e^{jw})|^2}{S_x(e^{jw})S_y(e^{jw})} \quad 2.2.2.1[3]$$

Onde:

S_{xy} – Densidade espectral de potência cruzada;

S_x – Densidade espectral do sinal X;

S_y – Densidade espectral do sinal U;

i – Trecho considerado.

Formando a propriedade [4]:

$$0 \leq |\Gamma_{xy}(e^{jw})| \leq 1 \quad 2.2.2.1[4]$$

A atividade cerebral pode ser analisada utilizando vários quantificadores, nesse estudo da leitura de palavras foram usados para análise dos dados o quantificador Coerência [4] que deu origem aos diagramas tempo-frequência obtido através das épocas analisadas e Percentual de Potência Normalizada (PPN) [6], com ela é capaz de mensurar a potencial presente no sinal em todos os ritmos cerebrais através do resultado do cálculo da densidade espectral de potência (PDS) [5] como também o quantificador de Porcentagem de Contribuição de potência [2], também responsável pela análise relativa da potência presente nas ondas com a potencial total do espectro. Os dados utilizados nos quantificadores selecionados, foram ambas as 10 épocas dos dois eventos.

Para a sintetização dos dados foram feitos diagramas tempo-frequência analisando os eventos já citados anteriormente, os ritmos analisados foram Gama e Supergama a fim de verificar como as altas frequências se portam durante a leitura de palavras. Para verificar a homogeneidade das informações coletadas com o PPN e com a Coerência, usando estatística descritiva, mais precisamente o teste de Mann-Whitney, foi realizada a análise desses dados. Já para PCP a estatística descritiva da mediana e desvio padrão da mediana foram os métodos selecionados para a avaliação dos dados obtidos.

2.2.2.2 ECG

As ferramentas para análise do sinal do ECG foram escolhida levando em consideração a forma como o mesmo se comporta, já que para a detecção de modificações devem-se a variação da frequência cardíaca (VFC) no indivíduo. Essa variação está

diretamente ligada como o corpo se comporta e com as funções internas do mesmo. No ECG a frequência cardíaca foi captada durante os dois momentos supracitados, e foram usadas para a análise de modificações. Assim como o EEG, o ECG também pode sofrer alterações durante determinadas atividades que um ser humano faz e, com isso, também é possível verificar se essas alterações foram ocasionadas pelas as emoções desenvolvidas durante os estímulos musicais.

2.2.3 Análise dos dados

Foram utilizadas ferramentas estatísticas para a melhor sintetização dos dados dos sinais EEG obtidos: O teste de Mann-Whitney, a mediana e o desvio padrão foram usadas, os mesmos são responsáveis por fazerem a melhor descrição dos dados nos eventos com estimulação e sem estimulação cognitiva, por meio de análise da mediana e desvio padrão da mediana as informações obtidas levaram a resultados concretos no processamento dos sinais eletroencefalográficos.

Bastante utilizado para testar diferenças entre dados (FONTELLES, 2012), o Mann-Whitney é um teste não paramétrico usado para avaliar a heterogeneidade entre amostras independentes a fim de verificar a diferença entre os sinais, sendo elas referentes aos dois eventos citados anteriormente.

Para o melhor entendimento das informações, a estatística foi utilizada na análise do ECG, utilizou-se o cálculo da média e desvio padrão para melhor sintetização dos resultados nos dois eventos já descritos durante a estimulação desagradável.

Para a sintetização dos dados da leitura de palavras foram feitos diagramas tempo-frequência analisando os eventos já citados anteriormente, os ritmos analisados foram Gama e Supergama a fim de verificar como as altas frequências se portam durante a leitura de palavras. Para verificar a homogeneidade das informações coletadas com o PPN e com a Coerência, usando estatística descritiva, mais precisamente o teste de Mann-Whitney, foi realizada a análise desses dados. Já para PCP a estatística descritiva da mediana e desvio padrão da mediana foram os métodos selecionados para a avaliação dos dados obtidos.

Vale ressaltar que nesse estudo os ritmos cerebrais foram considerados assim como na bibliografia de (SORNMO, 2005).

3 RESULTADOS

Ao comparar os dois eventos (Silêncio e estimulação musical agradável), não foi visto nenhuma diferença estatística no PCP, pelo teste realizado para a maioria dos eletrodos e ritmos apresentados. Ou seja, o resultado do teste mostrou que o p_valor da comparação das amostra foi maior que 0.05 isso caracteriza a ausência de diferença. Foi comprovado na Figura 2 que a onda cerebral Delta teve sua maior ativação durante o período de silêncio nas regiões laterais do cérebro, sendo que os eletrodos FP1 e FP2 tiveram as medianas com mais destaque. Ao fazer a análise visual das ondas de alta frequências Gama e Supergama nota-se que durante o período de silêncio elas foram pouco ativas, visto que a potência espectral das duas são baixas em comparação com o ritmo de baixa frequência, Delta. Apresentando que a onda de menor ativação durante o silêncio foi a Supergama

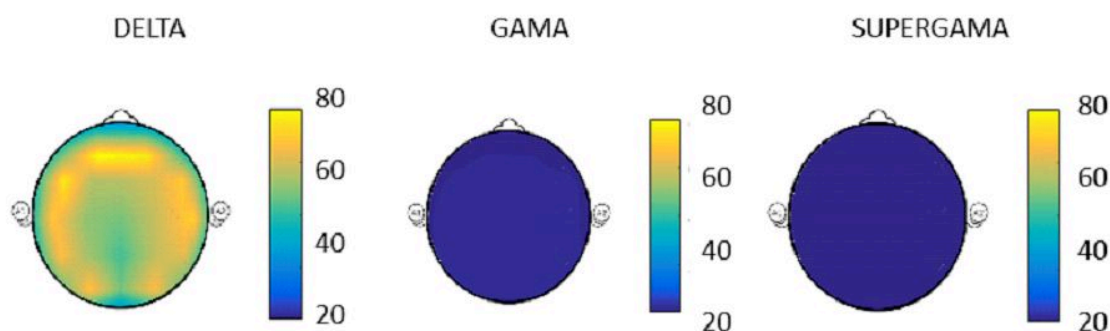


Figura 2. Topografias que apresentam a potência espectral das ondas Delta, Gama e Supergama. Sem estimulação musical

No segundo evento, com a música que gosta (Figura 2), a ativação da banda de frequência Supergama continuou em baixa e teve pouca modificação visual quando comparada aos outros ritmos cerebrais Delta e Gama. A onda Delta continuou em alta e teve maior ativação nas regiões direitas do cérebro, como pode ser visto na Figura 2.

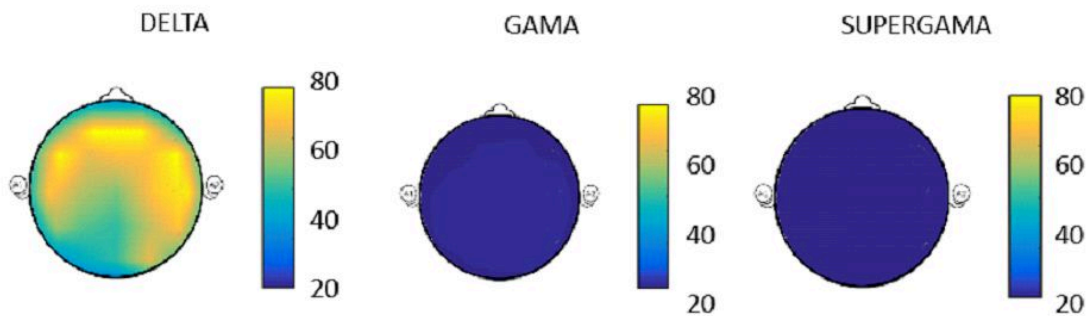


Figura 3. Topografias que apresentam a potência espectral das ondas Delta, Gama e Supergama. Com estimulação musical

Nota-se que o ritmo Gama teve maior ativação, e obteve mais diferenças que o Supergama ao analisar o PCP dos dois eventos, já que em suas topografias existem áreas mais claras que retratam maiores potências. Para melhor sintetização dos dados duas tabelas contendo os valores de medianas dos dois eventos analisados para todos os eletrodos foram anexadas nos estudos. A Tabela 4 mostra os valores de mediana para o evento sem estimulação em todos os vinte eletrodos, das ondas Delta (baixa frequência) e Gama e Supergama (altas frequências) concretizando as análises apresentadas pelas topografias.

Tabela 4: Resultados obtidos usando o quantificador PCP, analisando mediana e desvio padrão da mediana utilizando a situação sem estimulação musical e com estimulação.

Eletrodo	Situação	Delta	Gama	Super Gama
FP1	Sem estimulação	80.39±34.06	1.73±1.78	0.21±0.41
	Com Estimulação	80.29±42.16	1.46±1.56	0.21±0.26
FP2	Sem estimulação	77.18±36.08	1.62±1.5	0.17±0.28
	Com Estimulação	79.77±32.48	1.61±1.71	0.22±0.35
F7	Sem estimulação	76.72±29.16	1.9±1.65	0.21±0.39
	Com Estimulação	79.18±37.21	1.34±1.72	0.19±0.31
F3	Sem estimulação	55.15±39.73	2.11±1.54	0.22±0.35
	Com Estimulação	62.78±51.22	1.51±1.43	0.19±0.18
FZ	Sem estimulação	55.92±40.76	2.06±1.6	0.2±0.35
	Com Estimulação	67.28±50.09	1.63±1.32	0.19±0.17

F4	Sem estimulação	60.01±37.78	1.97±1.68	0.2±0.38
	Com Estimulação	67.17±43.24	1.52±1.39	0.2±0.19
F8	Sem estimulação	69.45±32.29	1.93±1.72	0.2±0.27
	Com Estimulação	80.45±28.74	1.61±1.23	0.18±0.23
T3	Sem estimulação	68.96±32.75	2.2±1.76	0.26±0.36
	Com Estimulação	68±34.2	1.73±1.96	0.18±0.41
C3	Sem estimulação	50.8±40.67	2.23±1.58	0.2±0.31
	Com Estimulação	54.85±47.63	1.82±1.43	0.2±0.18
CZ	Sem estimulação	47.6±44.32	1.84±1.83	0.2±0.22
	Com Estimulação	48.26±49.45	1.88±1.22	0.18±0.16
C4	Sem estimulação	58.96±44.55	1.94±1.63	0.17±0.24
	Com Estimulação	68.78±49.13	1.55±1.34	0.19±0.2
T4	Sem estimulação	71.38±30.01	1.55±1.48	0.19±0.19
	Com Estimulação	77.29±29.96	1.73±1.28	0.21±0.26
T5	Sem estimulação	67.2±32.33	2.27±2.1	0.23±0.4
	Com Estimulação	52.76±40.97	1.87±1.8	0.19±0.32
P3	Sem estimulação	53.97±41.85	1.98±1.48	0.2±0.26
	Com Estimulação	44.82±50.43	1.88±1.71	0.18±0.2
PZ	Sem estimulação	42.64±46.04	1.88±1.59	0.2±0.18
	Com Estimulação	40.11±54.21	1.56±1.57	0.18±0.17
P4	Sem estimulação	58.02±44.15	2.02±1.34	0.21±0.2
	Com Estimulação	58±42.87	1.72±1.63	0.17±0.25
T6	Sem estimulação	64.7±36.27	1.99±1.62	0.27±0.2
	Com Estimulação	73.46±29.17	1.62±1.6	0.18±0.22
O1	Sem estimulação	68.37±42.2	2.14±1.49	0.23±0.28
	Com Estimulação	34.08±52.92	1.55±1.74	0.19±0.27
OZ	Sem estimulação	47.58±44.61	2.09±1.47	0.21±0.23
	Com Estimulação	40.39±50.75	1.83±1.85	0.2±0.26

O2	Sem estimulação	66.57±38.12	2.14±1.51	0.22±0.28
	Com Estimulação	62.92±40.15	1.96±2.12	0.21±0.27

Na Tabela 4 pode-se notar que as potências na onda Delta são maiores que nas ondas Gama e Supergama. O comportamento das potências em Supergama foi similar em todos os eletrodos analisados, variando entre 0,17 a 0,22. No Gama a variação foi melhor ao analisar todas as regiões cerebrais, tendo em vista que esse intervalo foi maior mas ainda bastante similares. Delta teve maiores variações e isso fica claro ao analisar as tabelas e figuras simultaneamente, os eletrodos do lado direito do cérebro durante o evento com estimo agradável teve maior ativação, potências maiores e valores de medianas mais altos.

O estudo dos sinais do ECG também geraram figuras interessantes que representam a forma como o sinal se comportou durante os eventos. A frequência cardíaca captada durante o protocolo de execução, mostrou que durante a estimulação musical agradável o voluntário tinha 97 batimento por minuto (bpm) e que durante o período de silêncio, esses batimentos eram menores, sendo eles de 79 bpm. Para que a análise da variação da frequência cardíaca ficasse mais visual, duas figuras foram geradas contendo os sinais da VFC dos dois eventos supracitados. Através da média do sinal obtido no ECG, a VFC durante o silêncio foi de 0.7625 e o desvio padrão de 0,0608. Durante o estímulo esses valores foram de 0,6590 para a média e 0,0850 para a mediana.

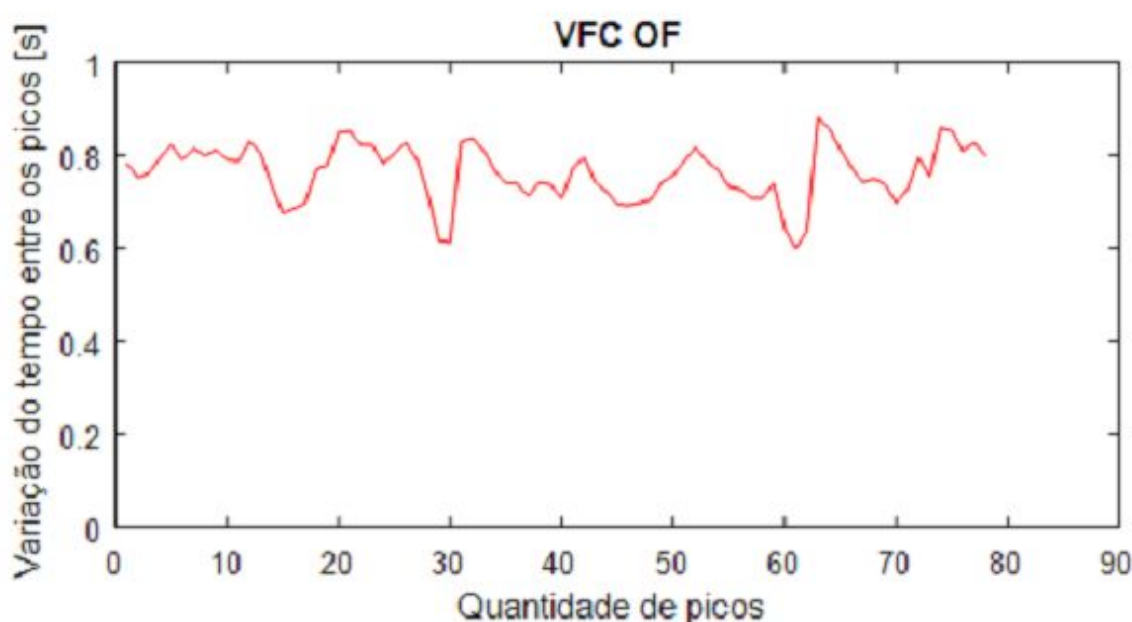


Figura 4: Variação da Frequência Cardíaca durante o período de silêncio..

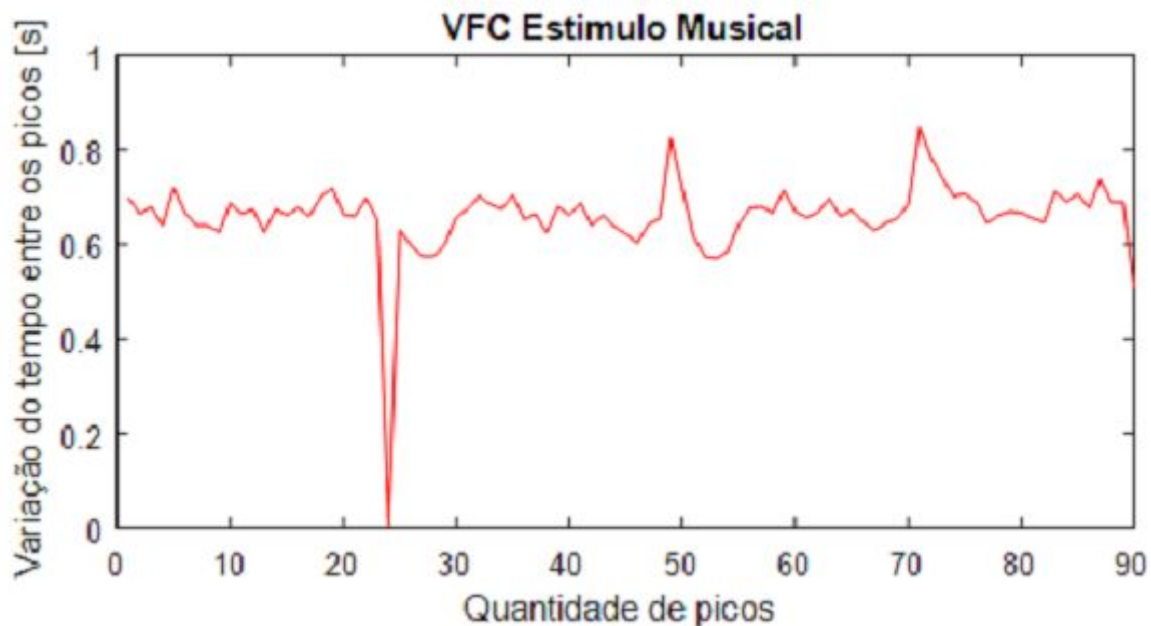


Figura 5. VFC durante a estimulação musical

Os resultados do processamento da estimulação desagradável foram dispostos em tabelas. Apenas os ritmos Gama e Supergama foram analisados em todos os pares de eletrodos. O sinal de EEG mostrou que os ritmos de altas frequências Gama (30 a 80 Hz) e Supergama (> 80hz) tiveram bastante destaque visto que seus p_valor (Tabela 6) foram bem pequenos, (menores que 0.05) caracterizando um alto nível de significância, mostrando que ao comparar os dois eventos supracitados, tiveram maiores diferenças ao comparar os hemisférios cerebrais.

Tabela 5 Análise de Gama e Supergama para os pares de eletrodos nos dois eventos

Eletrodos	Situação	Delta	Gama	Supergama
FP1 - FP2	Sem estimulação	0.78 ± 0.1	0.39 ± 0.20	0.33 ± 0.19
	Com estimulação	0.87 ± 0.14	0.60 ± 0.19	0.50 ± 0.18
	p_valor	*	***	***
F7 - F8	Sem estimulação	0.21 ± 0.15	0.11 ± 0.13	0.11 ± 0.12

	Com estimulação	0.30 ± 0.25	0.11 ± 0.13	0.10 ± 0.13
	p_valor	*	NS	NS
F3- F4	Sem estimulação	0.87 ± 0.08	0.49 ± 0.21	0.33 ± 0.19
	Com estimulação	0.81 ± 0.15	0.69 ± 0.16	0.64 ± 0.18
	p_valor	**	***	***
T3 - T4	Sem estimulação	0.40 ± 0.19	0.12 ± 0.13	0.11 ± 0.13
	Com estimulação	0.22 ± 0.22	0.14 ± 0.15	0.12 ± 0.14
	p_valor	**	***	NS
C3 - C4	Sem estimulação	0.83 ± 0.08	0.46 ± 0.19	0.47 ± 0.19
	Com estimulação	0.81 ± 0.15	0.68 ± 0.15	0.70 ± 0.15
	p_valor	NS	***	***
T5 - T6	Sem estimulação	0.41 ± 0.21	0.22 ± 0.16	0.26 ± 0.17
	Com estimulação	0.50 ± 0.17	0.29 ± 0.18	0.30 ± 0.18
	p_valor	NS	***	**
P3 - P4	Sem estimulação	0.81 ± 0.13	0.57 ± 0.19	0.47 ± 0.20
	Com estimulação	0.85 ± 0.12	0.74 ± 0.14	0.74 ± 0.16
	p_valor	*	***	***
O1 - O2	Sem estimulação	0.74 ± 0.17	0.52 ± 0.18	0.51 ± 0.18
	Com estimulação	0.78 ± 0.17	0.64 ± 0.17	0.59 ± 0.17
	p_valor	NS	***	***

* p_valor < 0.05; ** p_valor < 0.005; *** p_valor < 0.005; NS = Sem significância.

A Tabela 5 mostra que nas regiões Parietais, Occipitais, Central e Frontal do cérebro os níveis de significância foram maiores que nas regiões Temporais que apresentaram p_valor sem significância.

No ECG, os resultados mostraram que estatisticamente existe uma diferença ao analisar os dois eventos (p_valor = 0.002). Na tabela 6 os dados da média e desvio padrão dos

dados da frequência cardíaca no ECG são apresentados. Através desse estudo detalhado de casos, concluiu-se que o voluntário ao ser estimulado com uma música “desagradável” apresentou pouca similaridade entre o lado direito e esquerdo e mesmo que a Frequência cardíaca tenha diminuído, a diferença entre os eventos foi maior.

Tabela 6. Média e desvio padrão da amplitude da frequência cardíaca durante os dois eventos.

	Média	Desvio padrão
Com estimulação	0.1392	37.2731
Sem estimulação	0.0266	39.6942

Com as Figuras 6 e 7, foi obtido os diagramas tempo-frequência dos eventos de estimulação cognitiva: Leitura de Palavras. Neles, nota-se que os ritmos Gama e Supergama apresentaram uma maior coerência durante a estimulação cognitiva quando comparada com o silêncio em todos os pares de eletrodos analisados (F3-F4; C3-C4; T5-T6 e P3-P4)

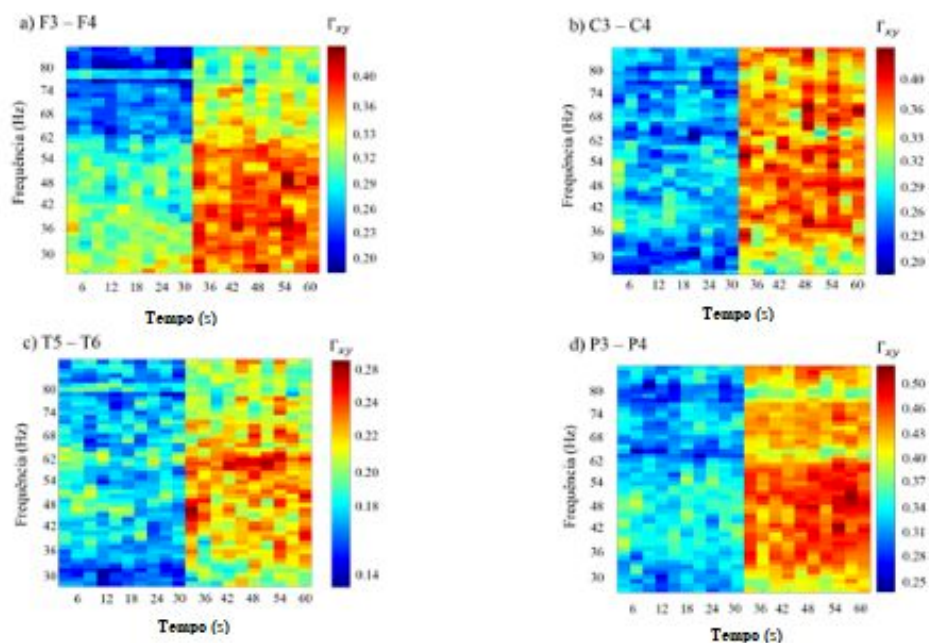


Figura 6. Diagrama tempo-frequência da Coerência do ritmo Gama. Os primeiros 30 segundos é durante o evento sem estimulação e posteriormente durante a atividade cognitiva de leitura.

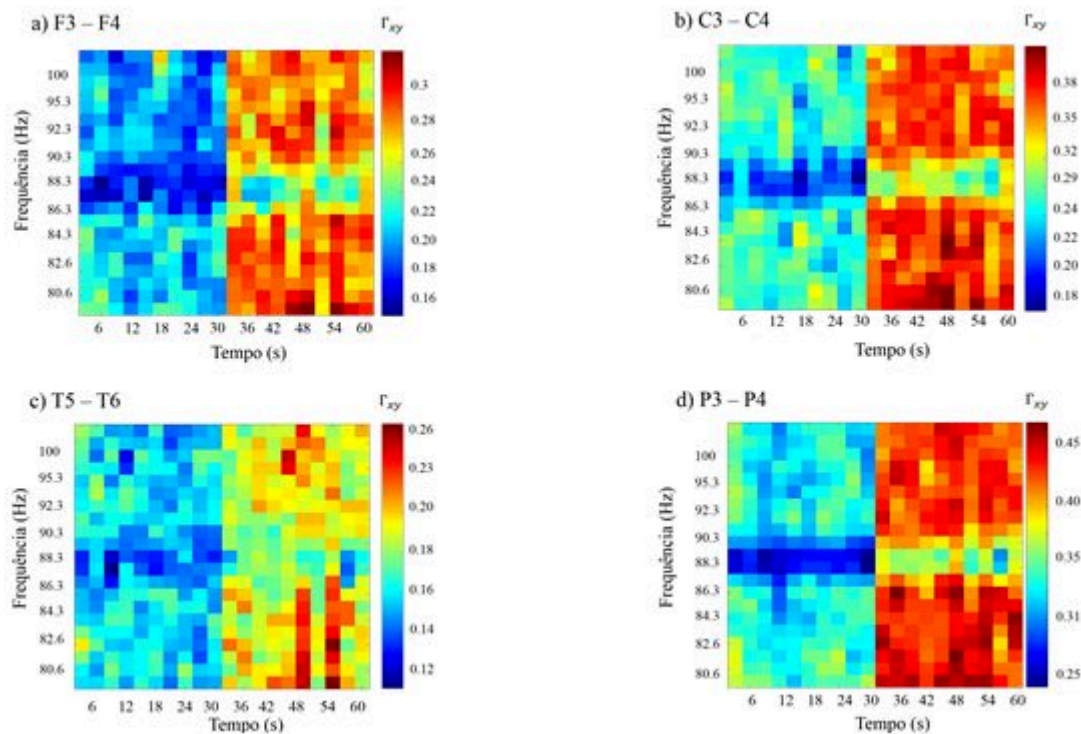


Figura 7. Diagrama tempo-frequência da Coerência do ritmo Supergama. Os primeiros 30 segundos é durante o evento sem estimulação e posteriormente durante a atividade cognitiva de leitura.

A análise tempo-frequência também foi realizada com o quantificador PPN (Figuras 7 e 8), obtendo assim, a análise espectral dos mesmos. Os valores de PPN estão mais presentes na banda Gama, ao analisar os diagramas mostra que esses valores reduziram durante o evento de estimulação cognitiva de leitura. Em relação ao ritmo Supergama ao fazer a análise visual da Figura 8, pode-se notar que é a figura que melhor representa a passagem do silêncio para o momento de leitura. A potência presente durante o evento de silêncio vai sendo amenizada após o estímulo começar, ou seja, o PPN começa a reduzir gradualmente. O comportamento dos dois ritmos analisados (Gama e Supergama) são semelhantes ao analisar os valores de PPN.

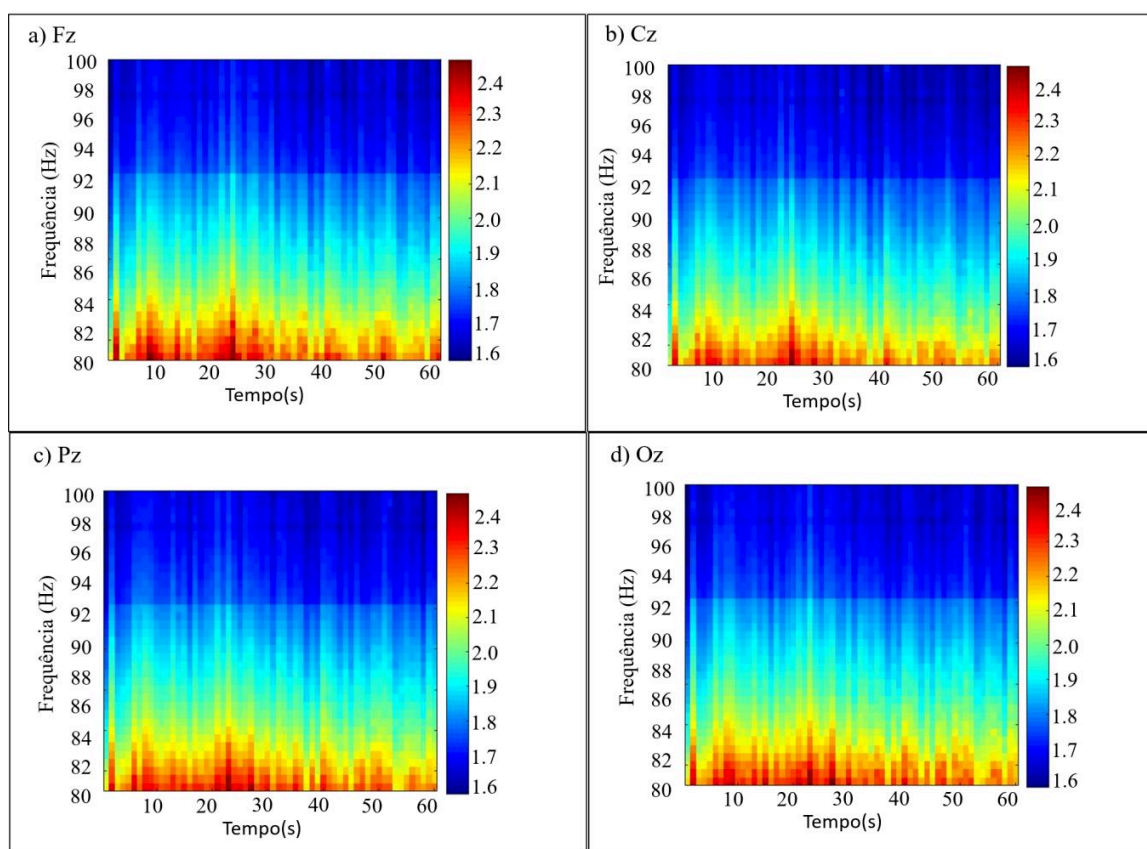


Figura 8. Análise tempo-frequência de PPN no ritmo Gama.

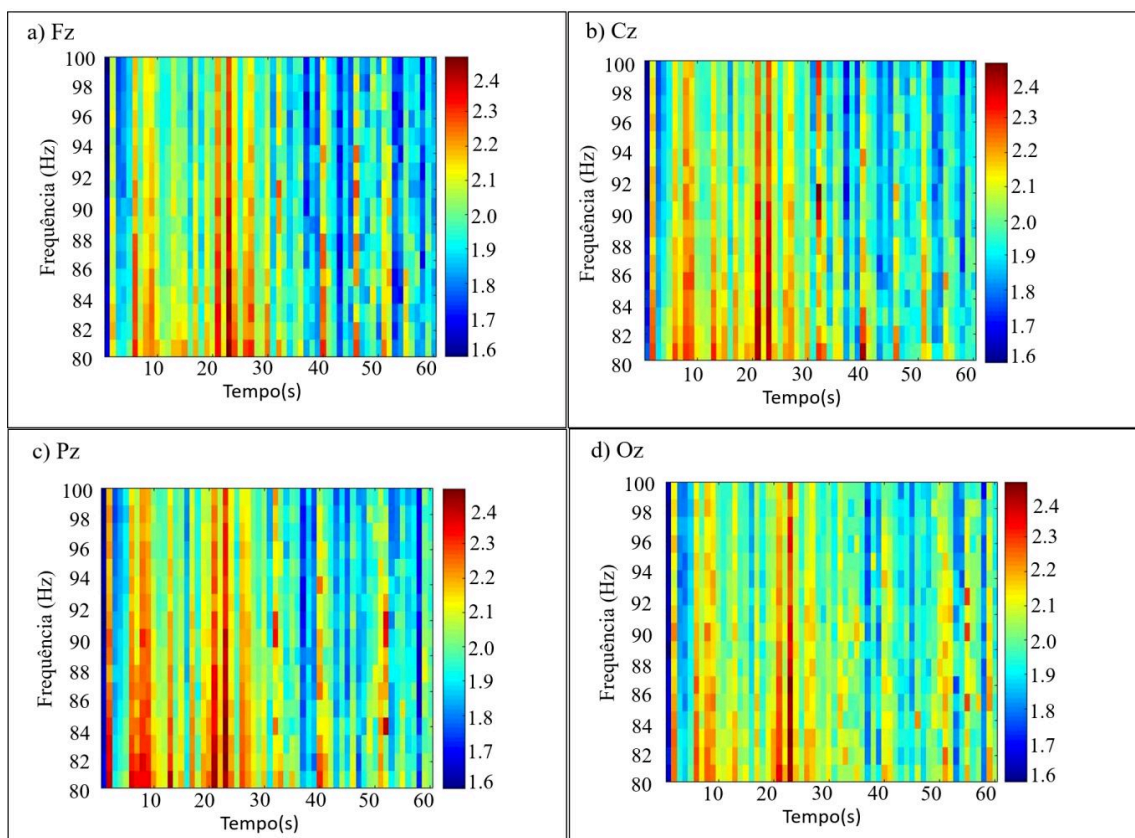


Figura 9. Análise tempo-frequência de PPN no ritmo Supergama.

É possível analisar que nas regiões Centrais, Temporais e Occipitais o p-valor teve grande significância estatística nessa região, ocasionando uma mudança ao comparar os dois eventos. Em contrapartida as regiões Parietais não são eficazes para a análise de atividades de leitura em comparação com o silêncio visto que os valores obtidos estatisticamente não apontaram relevância nessa comparação.

Tabela 7. PCP dos ritmos Gama e Supergama

Elctrodos	Situação	Gama	Supergama
C3	Sem estimulação	3.8	0.5
	Com estimulação	3.5	0.4
	p-valor	0	0
CZ	Sem estimulação	3.5	0.4
	Com estimulação	3.1	0.4
	p-valor	0	0
C4	Sem estimulação	3.7	0.5
	Com estimulação	3.	0.4
	p-valor	0	0.1
P3	Sem estimulação	3.6	0.5
	Com estimulação	3.6	0.5
	p-valor	0.7	0.7
PZ	Sem estimulação	3.5	0.4
	Com estimulação	3.3	0.4
	p-valor	0.1	0.1
P4	Sem estimulação	3.5	0.5

	Com estimulação	3.7	0.5
	p-valor	0.1	0.3
T5	Sem estimulação	3.8	0.5
	Com estimulação	4.3	0.5
	p-valor	0	0
T6	Sem estimulação	3.6	0.5
	Com estimulação	4.1	0.5
	p-valor	0	0
O1	Sem estimulação	3.7	0.5
	Com estimulação	4.1	0.5
	p-valor	0	0
OZ	Sem estimulação	3.6	0.5
	Com estimulação	3.9	0.5
	p-valor	0	0
O2	Sem estimulação	3.7	0.5
	Com estimulação	4.1	0.5
	p-valor	0	0

4 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nos referentes estudos, foi possível analisar que os sinais de EEG e ECG durante o processo de estimulação musical agradável proporciona alterações vistas nos seus traçados, e essas alterações foram estabelecidas nesse sentido: Durante o estímulo a frequência cardíaca do indivíduo aumentou e que a região direita do cérebro durante um estímulo agradável, ativa mais a onda Delta. Em contrapartida, ao fazer a análise dos sinais coletados durante um estímulo desagradável, nota-se que os ritmos Gama e Supergama foram os que se destacaram na comparação dos dois eventos e que em relação ao sinal do eletrocardiograma notou-se que a frequência cardíaca do voluntário diminuiu, contrapondo o estudo com músicas agradáveis. Em alguns achados presentes na literatura notou-se que as frequências mais rápidas foram mais ativadas durante estimulação musical em alguns casos e que a potência diminuiu nas bandas de frequência, compactuando com os achados desse estudo que também teve as ondas Gama e Supergama em mais ênfase durante a estimulação desagradável.

A atividade da leitura é um processo cognitivo que modifica muitas coisas em um indivíduo, desde a área de memória até a visual. Esse estudo utilizou-se desse processo cognitivo para a avaliação da leitura livre, ou seja, sem nenhum outro tipo de atividade cognitiva para que não fosse obtido resultados que pudessem sobrepor essa atividade. Os ritmos de Gama e Supergama provocaram alterações parecidas na potência comparando as regiões frontais, temporais, centrais e occipital, aumentando. Compactuando com os achados bibliográficos, esses resultados podem ser aplicados dentro de ambientes que utilizam a análise de processamento de sinais para avaliar situações envolvendo processos de leitura ou o que ocorre ao ser lido uma palavra já conhecida.

Desenvolver análises quantitativas de processamento de informações dentro de sinais biomédicos é muito importante para a ampliação dos conhecimentos e aquisição de metodologias cada vez mais eficazes para tratamento de diversas patologias e situações em geral. Tendo isso em vista, entender como funciona processos cognitivos em geral, estimulações musicais e cognitivas, aumenta a leva de conhecimento e aplicações de melhores técnicas.

Após a análise de processos cognitivos de estimulação musical e leitura de palavras, pode-se notar através dos dados obtidos, que os registros de EEG e ECG sofreram

modificações durante esses eventos. Como apresentado na literatura disponível, os sinais de EEG nos artigos encontrados mostraram que diferentes estimulações cognitivas, manuais e musicais fazem com que o traçado do EEG se altere, compactuando com os resultados obtidos nessa pesquisa. Nesse estudo as altas frequências foram mais evidentes em processos cognitivos de leitura e também de estimulação musical desagradável. A literatura apresenta formas de análise diversificadas e com isso os resultados obtidos podem ser vistos de perspectivas diferentes, entretanto, a maioria dos artigos encontrados compactuam com os obtidos nessa pesquisa. Como em (BASTOS, 2004), seus resultados mostraram que teve aumento de potência nas regiões centrais e diminuição das occipitais, frontais, temporais e parietais durante atividades cognitivas e manuais. O estudo de (GUTIÉRREZ, 2016) aponta como principal ritmo presente durante processos associados à aprendizagem e percepção a onda rápida Gama e que dependendo do nível de dificuldade no processo de aprendizagem as potências cerebrais tendem a diminuir.

Para trabalhos futuros, pretende-se analisar uma quantidade maior de voluntários durante a estimulação musical agradável de desagradável para comparar mais estudos e conseguir analisar melhor as informações dispostas em um EEG. Como também, fazer uma análise utilizando palavras pouco usuais no cotidiano da sociedade e fazer essa comparação entre palavras muito conhecidas com palavras desconhecidas.

4. REFERÊNCIAS

- BASTIAANSEN, M.C.M. J.J. van Berkum, P. Hagoort, Eventrelated theta power increases in the human EEG during online sentence processing, *Neurosci. Lett* 323 13–16, 2002
- BASTOS, V. H. et al. Análise da distribuição de potência cortical em função do aprendizado de datilografia. *Rev Bras Med Esporte* [online]. Dez., 2004.
- BEAR, M. F. *Neurociências - Desvendando O Sistema Nervoso*. 4ª Ed. Artmed. 2017
- BHATTI, Adnan Mehmood; MAJID, Muhammad; ANWAR, Syed Muhammad; et al. Human emotion recognition and analysis in response to audio music using brain signals. *Computers in Human Behavior*, 2016.
- DEHAENE, S. et al. The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, v. 13, n. 3, p. 321–325, Mar. 2002.
- FINGER-KRATOCHVIL, C. A pesquisa em leitura e o uso das tecnologias : *Translog e EEG*. *Letras de Hoje* p. 13–21, 2015.
- FONTELLES. M. J. *BIOESTATÍSTICA Aplicada à Pesquisa Experimental: volume 1*, 1A. ED. 20. São Paulo: Livraria da física, 2012.
- FREEMAN, W., & QUIROGA, R. Q. (2013). *Imaging Brain Function With EEG* (1st ed.) New York: Springer-Verlag, 2013.
- FRIES, Pascal; NIKOLIĆ, Danko; SINGER, Wolf. The gamma cycle. *Trends in Neurosciences*, v. 30, n. 7, p. 309–316, 2007.
- GUTIÉRREZ, D.; RAMÍREZ-MORENO, M. A. Assessing a learning process with functional ANOVA estimators of EEG power spectral densities. *Cognitive Neurodynamics*, v. 10, n. 2, p. 175–183, Dez. 2016.
- GROSS, D. W.; GOTMAN, J. Correlation of high-frequency oscillations with the sleep-wake cycle and cognitive activity in humans. *Neuroscience*, v. 94, n. 4, p. 1005–1018, 1999.
- KANDEL, E. R.; HUDSPETH, A. J. O cérebro e o comportamento. *Princípios de Neurociências*, 5ª Ed. p. 5–18, Amgh, 2014.
- 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

MONTENEGRO, M. EEG NA PRÁTICA CLÍNICA. Unicamp - Montenegro 3ª edição, ISBN: 9788554650315, Mar, 2018

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.

RAMOS, C. D. Caracterização do eletroencefalograma normal em situação de vigília: elaboração da base de dados e análise quantitativa. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017

SCHERER, L. C. Como os hemisférios cerebrais processam o discurso: evidências de estudos comportamentais e de neuroimagem. In Linguagem e Cognição. Porto Alegre: ediPUCRS, 1999.

SORNMO, L.; LAGUNA, P. Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications. 1. ed. Burlington: Elsevier Academic, USA, 688 p., 2005.

URRESTARAZU, E., Iriarte, J., Alegre, M., Valencia, M., Viteri, C., Artieda, J.,. Independent component analysis removing artifacts in ictal recordings. Epilepsia 45, 1071–1078, Out 2004

WILL, U.; BERG, E. Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli. Neuroscience Letters, v. 424, n. 1, p. 55–60, Jul. 2007.

ZHANG, L. et al. Electrophysiological evidences demonstrating differences in brain functions between nonmusicians and musicians. Scientific Reports, v. 5, p. 1–14, Sep. 2015.