



Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica

**Análise de Oscilações na Banda Theta para Indivíduos com TEA  
utilizando HHSA**

HELDER LUIZ DE SOUZA DA SILVA FILHO

UFPA / ITEC / FEEB  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil

2025

Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica

HELDER LUIZ DE SOUZA DA SILVA FILHO

**Análise de Oscilações na Banda Theta para Indivíduos com TEA  
utilizando HHSA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Biomédica.

Orientadora Prof<sup>fa</sup> Me. Suzana Cescon de Souza

UFPA / ITEC / FEEB  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil

2025

HELDER LUIZ DE SOUZA DA SILVA FILHO

Análise de Oscilações na Banda Theta para Indivíduos com TEA  
utilizando HHSA/ HELDER LUIZ DE SOUZA DA SILVA FILHO. - UFPA /  
ITEC / FEEB

Campus Universitário do Guamá

Belém-Pará-Brasil, 2025-

54 p. : il.

Orientadora Prof<sup>a</sup> Me. Suzana Cescon de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia

Biomédica - Universidade Federal do Pará

Instituto de Tecnologia

Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica, 2025.

1. Análise Espectral Holo-Hilbert. 2. Transtorno do Espectro  
Autista. 3. EEG. 4. Cancellation Test I. Suzana Cescon. II.  
Universidade Federal do Pará . III. Faculdade de engenharia  
elétricae biomédica. IV. Análise de Oscilações na Banda Theta para  
Indivíduos com TEA utilizando HHSA.

HELDER LUIZ DE SOUZA DA SILVA FILHO

## **Análise de Oscilações na Banda Theta para Indivíduos com TEA utilizando HHSA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Biomédica.

---

**Prof<sup>a</sup> Me. Suzana Cescon de Souza**  
Orientadora

---

**Prof<sup>o</sup> Dr. Antônio Pereira**  
Coorientador

---

**Arthur Gonsales da Silva**  
Avaliador Externo - (UNICAMP)

---

**Caio de Oliveira Bastos**  
Avaliador Externo - (Instituto Tecnológico Vale)

**VISTO:**

---

**Prof. Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho**  
(Diretora FEEB/ITEC/UFPA)

*Dedico este trabalho a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação, pelo apoio, incentivo e confiança ao longo dessa jornada.*

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a **Deus**, fonte de toda sabedoria e força, por me sustentar nos momentos de incerteza e me conduzir com propósito até aqui.

Agradeço à minha família **Helder Luiz, Alcirene Corrêa e Hellen Mayra**, pelo amor incondicional, pelo suporte constante, pelos ensinamentos, por cada sacrifício silencioso e por sempre acreditarem em mim, mesmo nos dias mais difíceis. Sem vocês, nada disso faria sentido.

À minha companheira **Maria Eduarda**, por ser presença firme, ombro e inspiração ao longo dessa caminhada, por estar ao meu lado em todos os momentos, nos dias bons e nos difíceis, com amor, paciência e força. Seu apoio foi luz nos meus dias escuros e impulso quando eu pensei em parar. Este sonho também é seu.

Aos amigos e colegas de faculdade, em especial aos integrantes do time **Winx e especialistas** que estiveram ao meu lado nos dias de luta e nas conquistas, seja com uma palavra de apoio, um gesto de carinho ou apenas por estarem presentes quando mais precisei em diversas fases enfrentadas durante a graduação.

À minha orientadora, **Prof.<sup>a</sup> Me. Suzana Cescon de Souza** a qual expressei minha total gratidão pela oportunidade de trabalho, pelas incansáveis horas de acompanhamento dedicado, pelas orientações criteriosas, pela prontidão e por acreditar no potencial deste trabalho. Sua orientação foi essencial para que este estudo ganhasse forma, profundidade e relevância acadêmica.

E ao meu fiel companheiro de quatro patas **Ragnar Luiz**, cujo afeto silencioso, olhares e companhia tornaram os dias mais leves e os momentos de solidão mais suportáveis.

A todos vocês, minha mais sincera gratidão.

*"Se não posso dobrar os céus, moverei o inferno" (Virgílio)*

# Resumo

Este trabalho investigou a modulação da banda Theta nos períodos de repouso (pré e pós tarefa) em indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e em indivíduos neurotípicos (grupo Controle), utilizando HHSA 1 na banda Theta (4–8 Hz) em indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e em indivíduos neurotípicos (grupo Controle), por meio da análise de sinais eletroencefalográficos (EEG) registrados antes e após a execução de uma tarefa atencional visual sustentada. A metodologia adotada envolveu a aplicação da Holo-Hilbert Spectral Analysis (HHSA), uma técnica avançada de decomposição espectral que permite visualizar, com alta resolução, as oscilações de frequência portadora (FM) e modulação de amplitude (AM), especialmente nos canais P3 e P4 — localizados sobre o córtex parietal, regiões diretamente associadas à atenção, integração sensório-perceptiva e memória de trabalho. Os resultados revelaram que, no grupo Controle, houve reorganização clara da banda Theta após a tarefa, com deslocamentos nas frequências e intensidades, especialmente no canal P4, indicando uma resposta adaptativa eficiente às demandas cognitivas. Já no grupo TEA, observou-se menor modulação e baixa assimetria funcional entre os hemisférios, sugerindo padrões menos flexíveis de ativação neural. Além disso, ambos os grupos apresentaram redução da intensidade espectral na banda Theta após a tarefa, embora com significados funcionais distintos. A análise conjunta dos dados individuais e das médias reforça o potencial da banda Theta como marcador funcional de reorganização cerebral, e destaca a HHSA como uma ferramenta robusta para a detecção de alterações sutis na dinâmica cortical. Os achados contribuem para a compreensão das diferenças neurofuncionais entre indivíduos com e sem TEA, com possíveis implicações para diagnósticos e intervenções futuras.

**Palavras-chave:** Transtorno do Espectro Autista; EEG; Banda Theta; HHSA; Atenção; Reorganização funcional.

# Abstract

This study investigated the modulation of the Theta band during resting periods (pre- and post-task) in individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD) and in neurotypical individuals (Control group), using HHSA in the Theta band (4–8 Hz). The analysis was conducted through electroencephalographic (EEG) signals recorded before and after the performance of a sustained visual attention task. The methodology employed the Holo-Hilbert Spectral Analysis (HHSA), an advanced spectral decomposition technique that enables high-resolution visualization of carrier frequency (FM) and amplitude modulation (AM) oscillations, with a specific focus on channels P3 and P4—parietal regions directly associated with attention, sensorimotor integration, and working memory. Results showed that the Control group presented clear Theta band reorganization after the task, with shifts in frequency and amplitude, particularly in channel P4, indicating efficient adaptive neural responses to cognitive demands. In contrast, the ASD group exhibited reduced modulation and low functional asymmetry between hemispheres, suggesting less flexible patterns of neural activation. Both groups presented a decrease in Theta spectral intensity after the task, though with distinct functional implications. The combined analysis of individual and group-average data reinforces the potential of the Theta band as a functional marker of neural reorganization and highlights HHSA as a robust tool for detecting subtle changes in cortical dynamics. These findings contribute to a deeper understanding of neurofunctional differences between individuals with and without ASD, with possible implications for future diagnostic and therapeutic approaches.

**Keywords:** Autism Spectrum Disorder; EEG; Theta Band; HHSA; Attention; Functional Reorganization.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Transtorno do Espectro Autista. . . . .	18
Figura 2 – Sistema internacional 10-20 BrainMaster 24D. . . . .	21
Figura 3 – Identificação dos participantes . . . . .	25
Figura 4 – Foto da interface com os alvos e distratores. . . . .	26
Figura 5 – Representação esquemática do protocolo experimental com três fases: repouso inicial, execução da tarefa e repouso final, totalizando aproximadamente 13 minutos e 30 segundos de aquisição contínua. . . . .	27
Figura 6 – Pipeline de pré-processamento dos sinais de EEG. O processo envolveu verificação dos registros, aplicação de filtros, remoção de artefatos extremos e biológicos utilizando ICA, separação dos canais de interesse, seguido de segmentação temporal em três epochs distintos e aplicação da HHSA. . . . .	28
Figura 7 – interface do software MATLAB . . . . .	29
Figura 8 – Fluxograma do pipeline HHSA: EMD → AM/FM → Hilbert → Espectro HHSA, com foco em Theta (4–8 Hz) e modulações 0,5–4 Hz. . . . .	30
Figura 9 – Exemplo de mapa espectral gerado pela HHSA. . . . .	31
Figura 10 – Mapas espectrais do sujeito 5, grupo controle, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P3). . . . .	34
Figura 11 – Mapas espectrais do sujeito 5, grupo controle, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P4). . . . .	34
Figura 12 – Mapas espectrais do sujeito 9, grupo TEA, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P3). . . . .	35
Figura 13 – Mapas espectrais do sujeito 9, grupo TEA, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P4). . . . .	36
Figura 14 – Comparação dos mapas espectrais médios da banda Theta nos canais P3 e P4 entre os momentos pré e pós-tarefa, para o grupo Controle. . . . .	37
Figura 15 – Comparação dos mapas espectrais médios da banda Theta nos canais P3 e P4 entre os momentos pré e pós-tarefa, para o grupo Tea. . . . .	39
Figura 16 – Canal P3 - Sujeito 1 (Antes e Depois) . . . . .	47
Figura 17 – Canal P4 - Sujeito 1 (Antes e Depois) . . . . .	47
Figura 18 – Canal P3 - Sujeito 2 (Antes e Depois) . . . . .	47
Figura 19 – Canal P4 - Sujeito 2 (Antes e Depois) . . . . .	48
Figura 20 – Canal P3 - Sujeito 3 (Antes e Depois) . . . . .	48
Figura 21 – Canal P4 - Sujeito 3 (Antes e Depois) . . . . .	48
Figura 22 – Canal P3 - Sujeito 4 (Antes e Depois) . . . . .	49
Figura 23 – Canal P4 - Sujeito 4 (Antes e Depois) . . . . .	49

Figura 24 – Canal P3 - Sujeito 5 (Antes e Depois) . . . . .	49
Figura 25 – Canal P4 - Sujeito 5 (Antes e Depois) . . . . .	50
Figura 26 – Canal P3 - Sujeito 6 (Antes e Depois) . . . . .	50
Figura 27 – Canal P4 - Sujeito 6 (Antes e Depois) . . . . .	50
Figura 28 – Canal P3 - Sujeito 7 (Antes e Depois) . . . . .	51
Figura 29 – Canal P4 - Sujeito 7 (Antes e Depois) . . . . .	51
Figura 30 – Canal P3 - Sujeito 8 (Antes e Depois) . . . . .	51
Figura 31 – Canal P4 - Sujeito 8 (Antes e Depois) . . . . .	52
Figura 32 – Canal P3 - Sujeito 9 (Antes e Depois) . . . . .	52
Figura 33 – Canal P4 - Sujeito 9 (Antes e Depois) . . . . .	52
Figura 34 – Canal P3 - Sujeito 10 (Antes e Depois) . . . . .	53
Figura 35 – Canal P4 - Sujeito 10 (Antes e Depois) . . . . .	53
Figura 36 – Canal P3 - Sujeito 11 (Antes e Depois) . . . . .	53
Figura 37 – Canal P4 - Sujeito 11 (Antes e Depois) . . . . .	54
Figura 38 – Canal P3 - Sujeito 12 (Antes e Depois) . . . . .	54
Figura 39 – Canal P4 - Sujeito 12 (Antes e Depois) . . . . .	54

# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
TEA	Transtorno do Espectro Autista
EEG	Eletroencefalograma
HHSa	Holo-Hilbert Spectral Analysis
FM	Frequência Portadora (Carrier Frequency)
AM	Amplitude Modulada (Amplitude Envelope)
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFPA	Universidade Federal do Pará
SD	Desvio Padrão (Standard Deviation)
ICA	Independent Component Analysis
EMD	Empirical Mode
FFT	Transformada Rápida de Fourier

# Lista de símbolos

$\mu\text{V}$	Microvolt — unidade de medida da amplitude do EEG
$f$	Frequência (Hz)
$\Delta$	Diferença ou variação
$p$	Valor de significância estatística
$\alpha$	Nível de significância (geralmente 0,05)
$\mu$	Média
$\sigma$	Desvio padrão
$t$	Estatística do teste t de Student
$n$	Número de sujeitos/amostras
$\omega$	Frequência portadora (Carrier Frequency)
$\Omega$	Frequência de modulação (Modulation Frequency)

# Sumário

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>	<b>15</b>
1.1	Introdução	15
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos do Trabalho	17
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.4	Estrutura da Dissertação	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
2.1	Transtorno do Espectro Autista (TEA)	18
2.2	EEG e Cognição	19
2.3	A Banda Theta em Indivíduos com TEA	19
2.4	Tarefas Cognitivas em EEG: o Cancellation Test	20
2.5	Sistema Internacional (10-20)	20
2.6	Importância dos Canais P3 e P4 na Atividade Cognitiva	21
2.7	Análise Espectral de Holo-Hilbert	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>25</b>
3.1	Participantes	25
3.2	Setup Experimental	25
3.3	Pré-processamento e Segmentação dos Sinais	27
3.4	Aplicação da HHSA	28
3.5	Leitura de Mapa	30
3.6	Análise Estatística	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
4.1	Gerais	33
4.1.1	Discussão dos Resultados Individuais	33
4.1.1.1	Grupo Controle	33
4.1.1.2	Grupo TEA	35
4.2	Discussão dos Resultados Médios – Banda Theta	36
4.2.1	Discussão das Médias por Grupo	36
4.2.1.1	Grupo Controle	36
4.2.1.2	Grupo TEA	37
4.2.2	Redução de Intensidade Espectral Após a Tarefa	39

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Considerações Finais</b> . . . . .	<b>41</b>
5.1.1	Perspectivas Futuras . . . . .	42
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>43</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>46</b>

# 1 Considerações Iniciais

## 1.1 Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um distúrbio de neurodesenvolvimento que afeta a comunicação social, o comportamento e a regulação sensorial, frequentemente associado a dificuldades no processamento atencional e na flexibilidade cognitiva. A caracterização neurofisiológica desses aspectos tem sido objeto de crescente interesse na neurociência cognitiva, especialmente por meio da análise de sinais eletroencefalográficos (EEG), que permite explorar os padrões de oscilações cerebrais associados às funções cognitivas. Dentre as bandas de frequência de maior relevância nesse contexto, a banda Theta (4-8 Hz) tem sido apontada como um marcador funcional relacionado à atenção sustentada, ao controle executivo e à reorganização neural pós-tarefas cognitivas (WANG; CHEN; ZHOU, 2022).

Estudos recentes indicam que indivíduos com TEA podem apresentar alterações significativas na dinâmica da banda Theta, tanto em condições de repouso quanto durante ou após atividades que exigem foco atencional, como demonstrado por (LARRAÍN-VALENZUELA et al., 2017; AKDENIZ, 2025; WANG; CHEN; ZHOU, 2025). Especificamente, os canais parietais P3 (hemisfério esquerdo) e P4 (hemisfério direito) são regiões amplamente implicadas na integração sensorio-perceptiva, orientação atencional e regulação visuoespacial. A literatura aponta para uma assimetria funcional entre esses canais: enquanto P3 está associado ao foco atencional voluntário e linguagem, P4 se relaciona à vigilância exógena e resposta a estímulos ambientais (CORBETTA; SHULMAN, 2002; POSNER; PETERSEN, 1990). Essa dissociação pode estar comprometida em indivíduos com TEA, levando a padrões de reorganização neural menos eficientes.

Neste contexto, a presente pesquisa propõe a análise da modulação da banda Theta nos canais P3 e P4, antes e após a execução de uma tarefa cognitiva baseada no Cancellation Test, um teste neuropsicológico amplamente utilizado para avaliar atenção sustentada, velocidade de processamento e habilidades visuoespaciais. Durante a tarefa, o participante deve identificar e marcar rapidamente estímulos-alvo entre diversos estímulos distratores apresentados na tela ou em papel, demandando foco atencional contínuo e coordenação motora fina (DILLER; BEN-YISHAY, 1974; KAUR; CHACKO; ABRAHAM, 2021), em indivíduos com e sem TEA.

A aquisição dos sinais foi realizada em três épocas distintas (repouso inicial, tarefa, repouso final), com foco analítico nas épocas de repouso para identificar a reorganização cerebral decorrente do esforço cognitivo. Para isso, utilizou-se a técnica Holo-Hilbert

Spectral Analysis (HHSA), uma abordagem não linear e de alta resolução que permite decompor os sinais EEG em múltiplos níveis de frequência (FM) e modulação de amplitude (AM), oferecendo uma representação espectral precisa da dinâmica neuronal. A HHSA se mostra particularmente adequada para captar alterações sutis em oscilações cerebrais em condições experimentais com populações clínicas. Com base nas diferenças esperadas entre os grupos e nos fundamentos neurobiológicos associados à banda Theta e às regiões parietais, este estudo busca contribuir para a compreensão dos mecanismos de atenção e reorganização funcional no TEA, além de propor um modelo analítico sensível às particularidades da atividade cortical em tarefas cognitivas.

## 1.2 Justificativa

A escolha por investigar oscilações cerebrais na banda Theta em indivíduos com Transtorno do Espectro Autista durante uma tarefa atencional visual sustentada justifica-se pela crescente evidência de que o TEA envolve não apenas manifestações comportamentais, mas também alterações neurofisiológicas específicas. Dentre essas alterações, destaca-se a modulação atípica de bandas oscilatórias como a Theta, que está diretamente relacionada a processos cognitivos como atenção, memória operacional, esforço mental e integração sensorio-perceptiva.

Estudos recentes demonstram que indivíduos com TEA apresentam conectividade funcional diminuída e menor potência oscilatória na banda Theta, especialmente em regiões parietais e occipito-temporais, as quais estão fortemente envolvidas em tarefas visuoespaciais (LARRAÍN-VALENZUELA et al., 2017; WANG; CHEN; ZHOU, 2022; AKDENIZ, 2025). Isso sugere que disfunções na regulação da atividade Theta podem estar associadas às dificuldades cognitivas observadas clinicamente em pessoas com TEA (MITCHELL et al., 2008; CAVANAGH; FRANK, 2014). Adicionalmente, a utilização da HHSA representa um diferencial metodológico importante, pois permite analisar simultaneamente as frequências portadoras e suas modulações de amplitude, oferecendo um mapa espectral mais detalhado e sensível às dinâmicas cerebrais não lineares, o que é particularmente relevante em populações clínicas (HUANG et al., 2016).

Por fim, compreender os padrões cerebrais que diferenciam indivíduos com TEA de indivíduos neurotípicos pode contribuir para o desenvolvimento de ferramentas diagnósticas mais precisas, além de subsidiar intervenções mais eficazes no âmbito educacional e terapêutico, promovendo maior inclusão e qualidade de vida para essa população.

## 1.3 Objetivos do Trabalho

### 1.3.1 Objetivo Geral

Investigar a modulação da banda Theta nos períodos de repouso (pré e pós tarefa) em indivíduos com TEA e controle, utilizando HHSA nos canais P3 e P4, a fim de avaliar a reorganização neural pós-esforço atencional.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Coletar e processar EEG durante o teste, focando em vigilância atencional;
2. Analisar as diferenças entre os grupos TEA e Controle nas frequências FM e AM da banda Theta;
3. Avaliar a intensidade espectral da banda Theta por meio dos mapas HHSA;
4. Identificar padrões atípicos de modulação Theta em indivíduos com TEA e sua relação com a recuperação cognitiva.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

Este documento está organizado da seguinte forma:

Este Capítulo tem como objetivo apresentar as considerações iniciais, justificativa, objetivos e a estrutura do trabalho.

O segundo Capítulo traz a fundamentação teórica, abordando os princípios da Análise Holo-Hilbert, os fundamentos do EEG e sua relação com o TEA.

O terceiro Capítulo descreve os métodos, incluindo o delineamento experimental, o algoritmo utilizado e a análise estatística.

O quarto Capítulo apresenta os gráficos gerados pela HHSA, individualmente e por médias. Além disso, é dedicado à discussão dos achados mencionados.

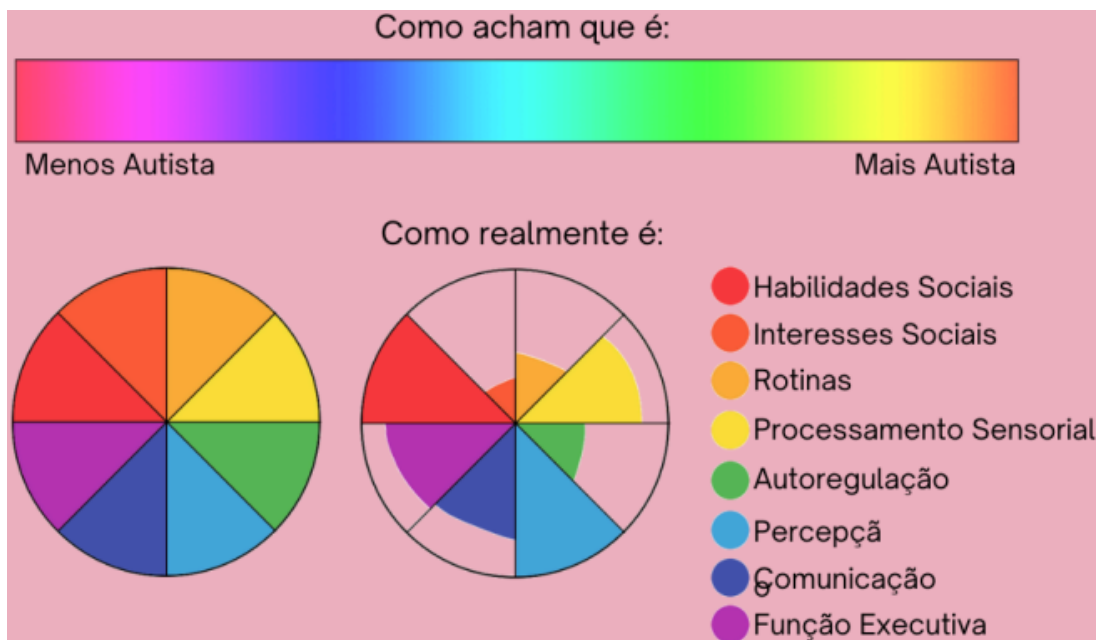
Por fim, no quinto capítulo são feitas as conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Transtorno do Espectro Autista (TEA)

O Transtorno do Espectro Autista é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por prejuízos na interação social, comunicação verbal e não verbal, bem como pela presença de comportamentos repetitivos e interesses restritos ([American Psychiatric Association, 2013](#)). Os indivíduos com TEA apresentam manifestações clínicas heterogêneas, o que implica a necessidade de abordagens diagnósticas e terapêuticas individualizadas ([LORD et al., 2020](#); [MAROTTA et al., 2020](#)).

Figura 1 – Transtorno do Espectro Autista.



MEDIUM,(2025)

Do ponto de vista neurobiológico, o TEA está associado a alterações funcionais e estruturais em diversas regiões do cérebro, como o tronco cerebral, córtex pré-frontal, amígdala, sistema límbico e hipotálamo. Tais alterações impactam o sono, o processamento sensorial, a regulação emocional, a flexibilidade cognitiva e o reconhecimento de expressões faciais, sendo também comuns as comorbidades como epilepsia, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), distúrbios do sono e disfunções gastrointestinais ([BHARATH et al., 2019](#)).

No campo da neurofisiologia, estudos com eletroencefalografia (EEG) têm revelado que indivíduos com TEA frequentemente apresentam anomalia nas oscilações cerebrais, sobretudo nas bandas Theta, Alpha e Gamma. Estas alterações são consideradas potenciais

marcadores da dinâmica atípica das redes neurais envolvidas em atenção, percepção e integração sensorial (COBEN et al., 2008; NICOTERA et al., 2019).

## 2.2 EEG e Cognição

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica de registro da atividade elétrica cerebral não invasiva, amplamente utilizada em pesquisas e contextos clínicos devido à sua elevada resolução temporal e relativa acessibilidade. Baseia-se na detecção de potenciais elétricos gerados pela atividade sincrônica de populações neuronais, captados por eletrodos posicionados no couro cabeludo. Na investigação de processos cognitivos, o EEG permite analisar padrões de oscilações neurais que refletem a dinâmica funcional de redes cerebrais em diferentes estados mentais. Tais oscilações são classificadas em bandas de frequência (Delta, Theta, Alpha, Beta e Gamma) cada uma associada a funções cognitivas específicas. A capacidade do EEG de registrar mudanças rápidas na atividade cerebral o torna especialmente relevante para estudos que investigam atenção, percepção, memória de trabalho e integração sensório-motora (COBEN et al., 2008; NICOTERA et al., 2019).

Além disso, sua natureza não invasiva e portabilidade viabilizam aplicações em populações clínicas, incluindo indivíduos com TEA, nos quais a caracterização de padrões oscilatórios pode fornecer informações relevantes sobre mecanismos neurofisiológicos subjacentes a déficits cognitivos e comportamentais.

## 2.3 A Banda Theta em Indivíduos com TEA

Em indivíduos dentro do Espectro Autista, há evidências consistentes de alterações na modulação da banda Theta. Estudos com EEG demonstram que esses indivíduos frequentemente apresentam padrões atípicos de conectividade funcional, potência espectral e estabilidade oscilatória, especialmente na banda Theta (LARRAÍN-VALENZUELA et al., 2017).

Wang et al. (WANG; CHEN; ZHOU, 2025) identificaram uma diminuição significativa da conectividade funcional em regiões occipito-parietais na banda Theta em crianças com TEA durante tarefas de navegação visuoespacial, sugerindo comprometimento na integração sensorial e na organização do controle atencional. Já Akdeniz (AKDENIZ, 2025) relatou que crianças autistas apresentam respostas mais lentas e de menor amplitude em Theta frente a estímulos visuais complexos, como rostos e figuras de pareidolia, indicando déficits na alocação de atenção e no engajamento com o estímulo.

Tais achados sustentam a hipótese de que a banda Theta pode servir como marcador neurofisiológico de disfunções cognitivas no TEA, especialmente em tarefas que exigem processamento sensório-perceptivo, integração visuoespacial e recuperação pós-estímulo.

## 2.4 Tarefas Cognitivas em EEG: o Cancellation Test

O Cancellation Test é uma tarefa cognitiva padronizada amplamente utilizada para avaliar atenção sustentada, atenção seletiva e velocidade de processamento visuoespacial. A prova consiste na apresentação contínua de estímulos visuais dispostos em matriz, entre os quais o participante deve identificar e selecionar (ou marcar) alvos específicos, ignorando estímulos distratores. Essa configuração demanda não apenas a detecção rápida do alvo, mas também a capacidade de manter o foco ao longo do tempo, inibindo respostas automáticas a estímulos irrelevantes.

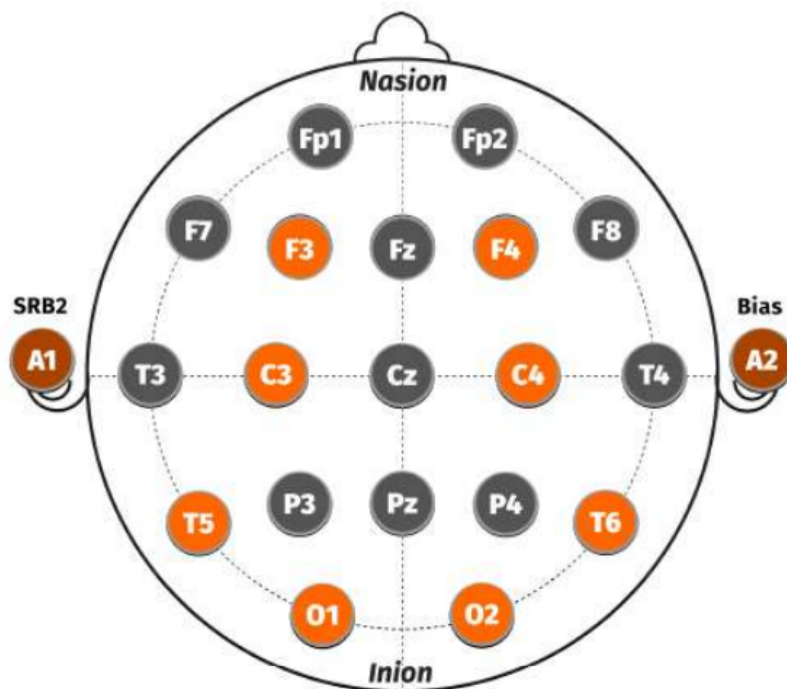
Do ponto de vista neurofuncional, a execução de tarefas de cancelamento envolve o engajamento de regiões como o córtex parietal posterior, responsável pela orientação atencional e integração visuoespacial e o córtex pré-frontal dorsolateral, associado ao controle executivo, planejamento de resposta e manutenção da atenção voluntária (MANLY et al., 2003). No contexto da eletroencefalografia, tarefas de cancelamento têm-se mostrado particularmente relevantes, pois permitem monitorar como a atividade oscilatória cerebral varia antes, durante e após a execução da tarefa. Alterações na potência espectral e na conectividade funcional em diferentes bandas de frequência fornecem informações sobre os mecanismos de preparação, engajamento e recuperação cognitiva.

Para indivíduos com TEA, esse paradigma experimental é especialmente útil, visto que estudos anteriores apontam para dificuldades na manutenção da atenção sustentada e na filtragem de estímulos irrelevantes (KEEHN; MÜLLER; TOWNSEND, 2013). Além disso, ao analisar o desempenho e a atividade cerebral associada, é possível identificar padrões neurofisiológicos atípicos, como alterações na modulação da banda Theta, que podem estar relacionados a déficits de integração sensorio-perceptiva e controle atencional.

## 2.5 Sistema Internacional (10-20)

O sistema internacional 10-20 é um padrão amplamente utilizado para a colocação de eletrodos no couro cabeludo em estudos de EEG. Este sistema se baseia em medidas anatômicas padronizadas, estabelecendo distâncias proporcionais (10 ou 20 por cento) entre pontos anatômicos fixos da cabeça, como o nasion, inion e as orelhas (JASPER, 1958). Os eletrodos são posicionados de forma a garantir cobertura uniforme das regiões cerebrais, sendo classificados com letras (F - frontal, C - central, P - parietal, O - occipital, T - temporal) e números (ímpares para o hemisfério esquerdo, pares para o direito). Os canais P3 e P4, utilizados neste estudo, estão localizados na região parietal esquerda e direita, respectivamente, e são associados a funções como atenção visuoespacial e processamento sensorial. A padronização proporcionada pelo sistema 10-20 assegura a reprodutibilidade e comparabilidade dos estudos em neurociência.

Figura 2 – Sistema internacional 10-20 BrainMaster 24D.



BrainMaster(2018)

## 2.6 Importância dos Canais P3 e P4 na Atividade Cognitiva

Os canais P3 e P4, localizados sobre as regiões parietais esquerda e direita do couro cabeludo, respectivamente, são amplamente utilizados na investigação da atividade elétrica cerebral associada a funções cognitivas como atenção sustentada, integração sensorio-perceptiva e memória de trabalho. Essas áreas estão inseridas na chamada rede parietal posterior, a qual desempenha papel central na orientação atencional voluntária, no processamento visuoespacial e na coordenação entre percepção e resposta motora (CORBETTA; SHULMAN, 2002).

Especificamente, o canal P3 é frequentemente associado ao recrutamento do hemisfério esquerdo em tarefas que exigem foco atencional dirigido, linguagem e controle inibitório. Por outro lado, o canal P4 reflete, comumente, a atividade do hemisfério direito em processos de vigilância atencional e orientação exógena a estímulos ambientais. A assimetria funcional entre esses dois canais tem sido interpretada como um marcador da especialização hemisférica e da organização eficiente das redes neurais envolvidas no controle executivo (POSNER; PETERSEN, 1990). Estudos de eletroencefalografia indicam que a atividade oscilatória nas regiões parietais, especialmente na banda Theta é altamente sensível a estados mentais relacionados à concentração, fadiga cognitiva e transições entre estados de repouso e engajamento com tarefas cognitivas. A banda Theta, quando

modulada em regiões parietais, tem sido associada à alocação de recursos atencionais, controle executivo e reconfiguração funcional pós-estímulo (CAVANAGH; FRANK, 2014; LARRAÍN-VALENZUELA et al., 2017).

Tais características tornam os canais P3 e P4 particularmente estratégicos para a investigação de padrões oscilatórios cerebrais dinâmicos, sobretudo em tarefas como o *Cancellation Test*, que envolvem estímulos visuais complexos e alta carga cognitiva. A análise desses canais permite comparar a modulação funcional entre populações neurotípicas e clínicas, como indivíduos com TEA, cujas respostas oscilatórias podem apresentar padrões divergentes de sincronização, amplitude e reorganização ao longo da tarefa (KEHN et al., 2013). A análise desses canais permite comparar diferenças funcionais entre populações típicas e clínicas, como indivíduos com TEA, cujos padrões de sincronização e amplitude apresentam divergências relevantes (Just et al., 2013). Além disso, estudos recentes utilizando imageamento funcional por ressonância magnética (fMRI) evidenciam alterações significativas nas regiões parietais, incluindo P3 e P4, em indivíduos com TEA, o que reforça a relevância da análise dessas áreas em investigações neurofisiológicas (LIU; HU, 2021)

## 2.7 Análise Espectral de Holo-Hilbert

A Análise Espectral de Holo-Hilbert (HHSA) representa uma extensão avançada da Transformada de Hilbert-Huang, oferecendo uma representação tridimensional que integra modulação de amplitude, frequência instantânea e tempo. Em comparação com abordagens tradicionais, como a Transformada de Fourier (STFT) e Wavelets, a HHSA apresenta vantagens significativas. Enquanto a STFT depende de janelas fixas e enfrenta limitações para lidar com sinais não estacionários, e a Wavelet, embora mais flexível, exige funções-base pré-definidas, a HHSA adapta-se intrinsecamente à natureza dinâmica dos sinais fisiológicos. Essa característica permite identificar padrões sutis de acoplamento e reorganização espectral, particularmente úteis na análise de sinais de EEG em indivíduos com TEA, cuja dinâmica oscilatória é complexa e não linear. Além disso, apesar de apresentar maior custo computacional, a HHSA é considerada mais robusta para investigações que demandam alto nível de detalhe e precisão na caracterização de oscilações cerebrais (Huang; Wu; Long, 2016). A HHSA é implementada seguindo as seguintes etapas abaixo:

- Decomposição do sinal usando EMD. Matematicamente, a decomposição de um sinal  $X(t)$  através

do EMD pode ser representada como:

$$X(t) = \sum_{i=1}^n c_i(t) + r_n(t) \quad (2.1)$$

onde  $c_i(t)$  são funções de modo intrínsecos (IMFs) extraídos e  $r_n(t)$  representa o resíduo final. Cada IMF é obtido após um processo de peneiração criterioso de forma que, para ser considerado um IMF, é necessário atender aos seguintes critérios: 1) número de máximos + número de mínimos e o número de vezes que o sinal cruza o eixo zero devem ser iguais ou diferir no máximo em 1 para atender a um comportamento oscilatório local 2) média dos envelopes superior e inferior tender a zero em todos os pontos a fim de manter a simetria local (CHANG et al., 2022; JUAN et al., 2021).

- Para extrair essas informações, aplica-se a *Transformada de Hilbert* em cada IMF, permitindo representar o sinal na forma AM-FM (*Amplitude Modulation - Frequency Modulation*):

$$c_i(t) = a_i(t) \cos(\theta_i(t)) \quad (2.2)$$

em que:

- $a_i(t)$  é a amplitude instantânea (envelope);
- $\theta_i(t)$  é a fase instantânea, relacionada à

frequência instantânea por:

$$\theta_i(t) = \int \omega_i(\tau) d\tau \quad (2.3)$$

- A representação completa do sinal após a aplicação combinada do EMD e da Transformada de Hilbert (ou Transformada Hilbert-Huang - HHT) é expressa por:

$$X(t) = \sum_{i=1}^n I_i(t) = \sum_{i=1}^n a_i(t) \cos \theta_i(t) = \Re \left\{ \sum_{i=1}^n a_i(t) e^{j \int \omega_i(\tau) d\tau} \right\} \quad (2.4)$$

Onde  $\Re \{ \}$  é o operador que extrai a parte real do sinal,  $I_i(t)$  é o  $i$ -ésimo  $IMF_{FM}$ , e  $a_i(t)$  e  $\omega_i(t)$  representam, respectivamente, a amplitude e a frequência instantânea do  $i$ -ésimo  $IMF_{FM}$  no tempo  $t$ , obtidos após a aplicação do EMD de primeira camada.

- Na segunda camada, o envelope dos IMFs adquiridos é amplificado na seguinte equação:

$$\hat{a}_i(t) = \Re \left\{ \sum_{k=1}^m a_{i,k}(t) e^{j \int \Omega_{i,k}(\tau) d\tau} \right\} \quad (2.5)$$

Onde  $a_{i,k}(t)$  e  $\Omega_{i,k}(\tau)$  são as amplitudes e frequências instantâneas do  $K$ -ésimo  $IMF_{AM}$  decomposto do  $i$ -ésimo  $IMF_{FM}$ , respectivamente, no tempo  $t$ .

- Integrar a potência  $|a_{i,k}(t)|^2$  com as frequências instantâneas  $\omega_L(t)$  e  $\Omega_{i,k}(t)$  ao longo do tempo todos os pontos de todas as  $IMF_{FM_s}$  e  $IMF_{AM_s}$  para obter o mapa tridimensional do espectro de Holo-Hilbert, ou seja,  $(\omega, \Omega, P(\omega, \Omega))$ .

$$P_{total} = \int \int P_s(\omega, \Omega) d\omega d\Omega \quad (2.6)$$

## 3 Metodologia

### 3.1 Participantes

Participaram desta pesquisa 12 voluntários, sendo 6 indivíduos diagnosticados com TEA e 6 indivíduos com desenvolvimento típico, compondo o grupo controle. Os participantes com TEA foram previamente diagnosticados por profissionais especializados, segundo os critérios do Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Fifth Edition (DSM-5®) ([American Psychiatric Association, 2013](#)). O grupo controle foi formado por indivíduos sem histórico de transtornos neurológicos, psiquiátricos ou uso de medicações psicoativas.

Figura 3 – Identificação dos participantes

#### Comitê de Ética em Pesquisa da UFPA - CAAE 56365722.9.0000.0018

Grupo	Nível	M	F	Total	Idade	Inclusão	Exclusão
TEA	1	3	3	6	20–28	18–30 anos, visão normal/corrigida, seguir instruções	Patologias neurológicas/psiquiátricas graves, uso de psicoativos, sem TCLE
Controle	–	3	2	5	20–28	18–30 anos, visão normal/corrigida, seguir instruções	Patologias neurológicas/psiquiátricas graves, uso de psicoativos, sem TCLE

Os critérios de inclusão consideraram a idade compatível com o desenvolvimento neurológico esperado para a faixa etária estudada, a capacidade de realizar tarefas cognitivas simples com instruções visuais e auditivas e a disponibilidade para participar da coleta completa. Foram excluídos participantes com histórico de epilepsia, lesões cerebrais ou condições médicas que comprometessem a atividade elétrica cerebral. Todos os participantes, ou seus responsáveis legais, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição.

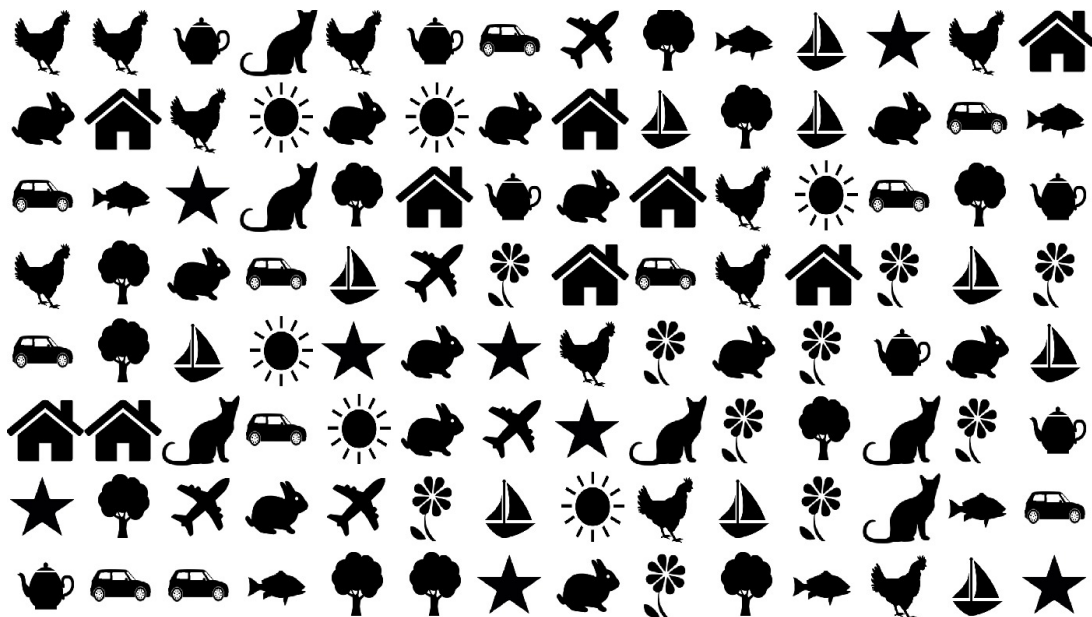
### 3.2 Setup Experimental

Os participantes foram submetidos a uma tarefa de cancelamento visual automatizada, inspirada no modelo do *Cars' Test* descrito por [Cascaes et al. \(2020\)](#). A atividade foi projetada para avaliar estratégias de exploração visual e desempenho atencional sustentado em uma tarefa contínua com estímulos visuais. A interface do teste foi apresentada em

um computador com monitor de 21,5 polegadas, em sala silenciosa e controlada, e os participantes interagiam utilizando um mouse.

A tarefa consistia na exibição contínua de uma tela contendo múltiplos estímulos gráficos, sendo alguns deles definidos como alvos e outros como distratores, ambos organizados aleatoriamente a cada nova apresentação. A cada clique correto em um estímulo-alvo, o sistema atualizava automaticamente a distribuição de todos os estímulos, realocando alvos e distratores de forma randômica, reiniciando assim o ciclo de busca visual. O objetivo do participante era identificar e selecionar os estímulos-alvo utilizando o mouse, sem qualquer limite pré-estabelecido de tentativas ou penalização por erros. Esse processo foi estruturado de maneira cíclica e contínua, ou seja, a cada acerto, a configuração da tela era redefinida e o participante era imediatamente reconduzido a uma nova tarefa de localização. Em cada tela do Cancellation Test, foram apresentados 64 estímulos visuais (grade 8×8), dos quais 16 eram alvos (carros) e 48 distratores (outros ícones). A razão alvo:distrator foi de 1:3, conforme diretrizes do Cars' Test e de cancelamentos computadorizados descritos na literatura, assegurando comparabilidade e sensibilidade do paradigma. A mesma proporção foi mantida ao longo de toda a tarefa.

Figura 4 – Foto da interface com os alvos e distratores.

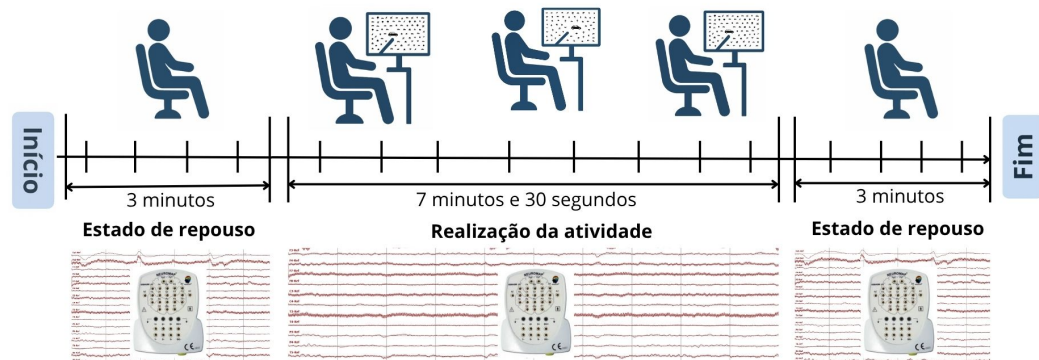


A aquisição dos sinais de EEG foi realizada utilizando o sistema NeuroMap (Neurotec, Brasil), com registro contínuo em 21 canais dispostos conforme o sistema internacional 10–20. O equipamento opera com resolução de 16 bits e frequência de amostragem de 256 Hz, parâmetros adequados para a análise de oscilações corticais nas bandas de interesse (0,5–40 Hz). Durante a coleta, as impedâncias foram mantidas abaixo de 5 k. Os sinais foram referenciados bilateralmente às mastoides, assegurando estabilidade elétrica e qualidade dos registros. A tarefa teve duração total de 7 minutos e 30 segundos, com

encerramento automático, independentemente do número de acertos ou da velocidade de resposta individual. Durante esse período, nenhuma outra tarefa foi solicitada ao participante, assegurando que o engajamento atencional se mantivesse exclusivamente voltado para a identificação visual dos estímulos-alvo. Essa estrutura permitiu manter uma demanda cognitiva sustentada e dinâmica, eliminando estratégias baseadas na memorização espacial dos estímulos, já que a configuração da tela era continuamente alterada. A ausência de feedback explícito sobre erros ou acertos reforçou a natureza autorregulada da atividade, evitando viés motivacional ou aprendizagem por reforço imediato.

A escolha dessa tarefa foi fundamentada em estudos que demonstram a utilidade dos testes de cancelamento para avaliar aspectos como percepção visual, atenção seletiva, memória operacional e flexibilidade cognitiva (CASCAES et al., 2020; CARDOSO; BUENO; COSTA, 2011). Além disso, por se tratar de uma interface automatizada, o teste permitiu a coleta precisa dos dados de desempenho, tempo de reação e padrão de exploração, favorecendo análises quantitativas e qualitativas subsequentes.

Figura 5 – Representação esquemática do protocolo experimental com três fases: repouso inicial, execução da tarefa e repouso final, totalizando aproximadamente 13 minutos e 30 segundos de aquisição contínua.



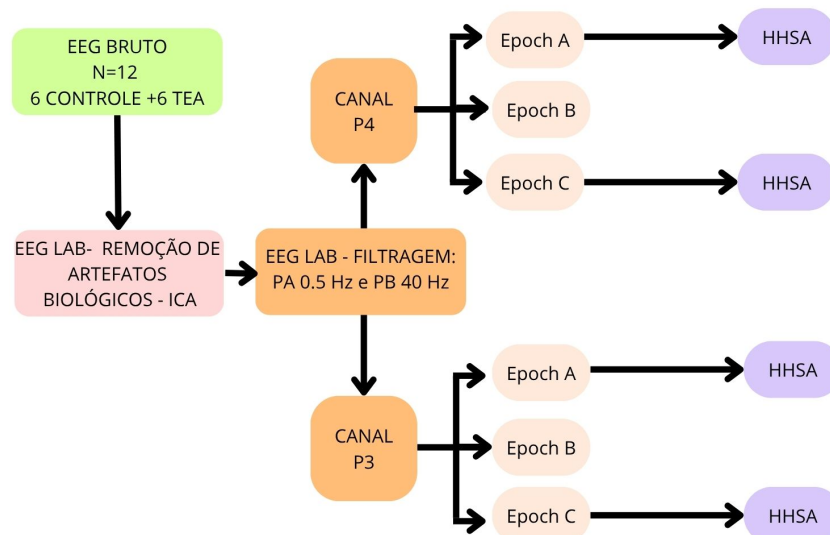
Os dados foram armazenados em arquivos digitais no formato .edf e, posteriormente, convertidos para análise. A coleta foi realizada com supervisão técnica, garantindo estabilidade no sinal e conforto para o participante.

### 3.3 Pré-processamento e Segmentação dos Sinais

O pré-processamento dos sinais de EEG foi realizado com o objetivo de garantir a qualidade dos dados e a fidedignidade das análises espectrais subsequentes. Inicialmente,

todos os registros passaram por inspeção visual para remoção de artefatos extremos. Em seguida, aplicaram-se filtros passa-banda de 0,5–40 Hz para eliminar ruídos de baixa e alta frequência. Artefatos fisiológicos, como piscadas e movimentos musculares, foram minimizados por meio da decomposição em Componentes Independentes (ICA). Posteriormente, os canais de interesse (P3 e P4) foram extraídos para análise, e os sinais foram segmentados em três épocas distintas: repouso inicial (Parte 1), tarefa (Parte 2) e repouso final (Parte 3). Para este estudo, optou-se por analisar apenas as Partes 1 e 3, correspondentes aos momentos de repouso antes e após a tarefa, com o objetivo de investigar a reorganização neural decorrente do esforço atencional.

Figura 6 – Pipeline de pré-processamento dos sinais de EEG. O processo envolveu verificação dos registros, aplicação de filtros, remoção de artefatos extremos e biológicos utilizando ICA, separação dos canais de interesse, seguido de segmentação temporal em três epochs distintos e aplicação da HHSA.



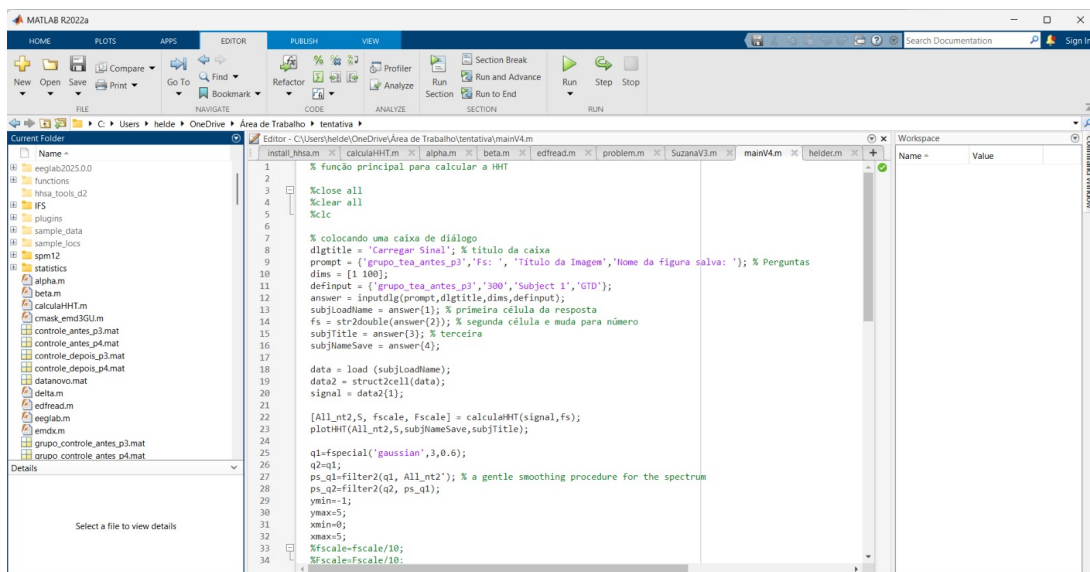
A Epoch B, correspondente à tarefa em si, foi excluída da análise final, uma vez que o objetivo do estudo concentrou-se na comparação da atividade de repouso antes e após o esforço cognitivo, a fim de avaliar as reações moduladas pela banda Theta.

### 3.4 Aplicação da HHSA

A HHSA foi o método central empregado neste estudo para a análise dos sinais de EEG. Sua aplicação permitiu a decomposição dos sinais em componentes intrínsecos, possibilitando a extração de parâmetros de modulação de amplitude e frequência (AM-FM), que foram posteriormente utilizados para a análise comparativa entre os grupos Controle e TEA. A implementação da HHSA foi realizada no ambiente MATLAB, utilizando scripts customizados desenvolvidos para este estudo. O processamento inicia com a seleção do

arquivo de dados no formato `.mat`, seguido da extração do canal de interesse (P3 ou P4) e parametrização da taxa de amostragem e do nome do arquivo de saída. Em seguida, o sinal bruto é processado pela função `calculaHHT()`, que executa a Decomposição Empírica de Modos para separar o traçado em modos oscilatórios intrínsecos. Cada IMF é transformado em sua forma analítica por meio da Transformada de Hilbert, obtendo-se a amplitude instantânea e a frequência portadora. A amplitude, por sua vez, é novamente decomposta para extrair as frequências moduladoras, compondo assim o espectro tridimensional  $S(\omega, \Omega)$ .

Figura 7 – interface do software MATLAB



Para melhorar a qualidade visual e interpretativa dos resultados, o espectro é suavizado por filtros gaussianos bidimensionais e representado por mapas de contorno em escala logarítmica, nos quais o eixo X corresponde à frequência portadora (FM), o eixo Y à frequência moduladora (AM) e a intensidade da cor à energia relativa da oscilação. Linhas diagonais de referência são sobrepostas para indicar relações diretas de acoplamento entre  $\omega$  e  $\Omega$ . Após a geração do espectro completo, o código realiza um recorte específico para a banda Theta e suas modulações lentas, permitindo uma análise direcionada às características funcionais de interesse. As imagens resultantes são exportadas automaticamente em alta resolução para utilização na etapa de análise dos resultados. Todo o procedimento foi aplicado individualmente para cada participante, considerando separadamente os canais P3 e P4 e as duas condições experimentais: repouso pré-tarefa (Parte 1) e repouso pós-tarefa (Parte 3). Essa estrutura permitiu investigar, de forma controlada, alterações na potência e na modulação da banda Theta associadas à recuperação neural após esforço atencional, possibilitando comparações intra e intergrupos entre indivíduos com TEA e controles neurotípicos.

A Figura 8 apresenta o fluxograma do pipeline de aplicação da HHT, sintetizando

as etapas descritas e evidenciando a sequência lógica desde a extração dos sinais até a obtenção dos mapas bidimensionais  $S(\omega, \Omega)$ .

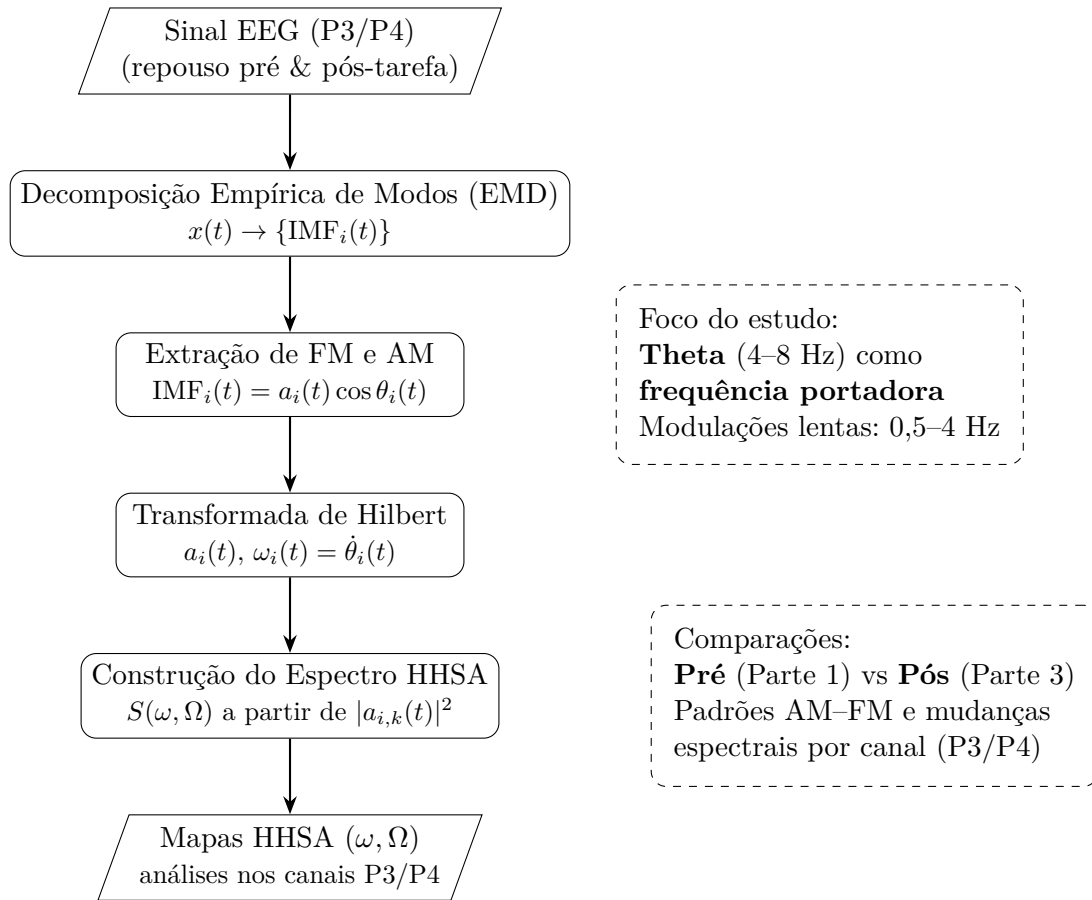
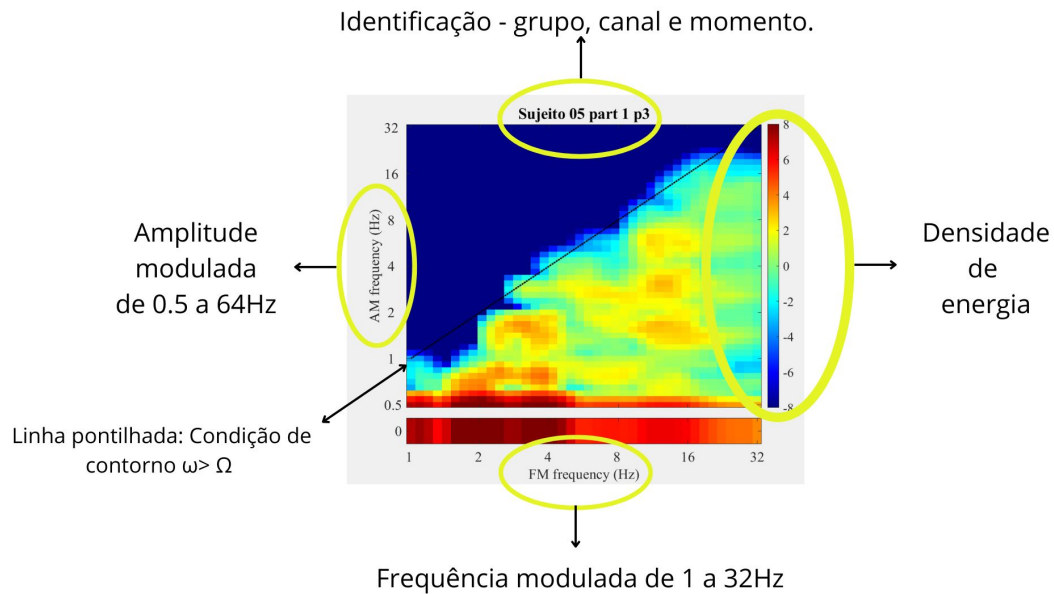


Figura 8 – Fluxograma do pipeline HHSa: EMD  $\rightarrow$  AM/FM  $\rightarrow$  Hilbert  $\rightarrow$  Espectro HHSa, com foco em Theta (4–8 Hz) e modulações 0,5–4 Hz.

### 3.5 Leitura de Mapa

Os mapas espectrais gerados pela HHSa foram analisados visualmente e qualitativamente, com foco na localização dos picos de intensidade espectral nas dimensões de frequência portadora ( $\omega$ ) e modulação ( $\Omega$ ). As comparações foram realizadas entre os momentos de repouso pré e pós-tarefa, tanto em nível individual quanto nas médias de grupo.

Figura 9 – Exemplo de mapa espectral gerado pela HHSA.



As imagens representam a distribuição tridimensional da energia cortical, com a amplitude espectral (eixo z) variando conforme a frequência portadora (x) e a frequência moduladora (y). A região de interesse concentrou-se na banda theta, particularmente quando associada a modulações entre 0,5 e 4 Hz (KLIMESCH, 2012; HUANG; WU; LONG, 2016). A presença de amplitudes elevadas dentro dessa região foi interpretada como indicativo de reorganização neural responsiva ao esforço cognitivo, enquanto padrões estáticos ou ausentes sugeriram rigidez funcional. Foram observadas diferenças entre os canais P3 e P4, bem como entre os grupos Controle e TEA, com destaque para a assimetria funcional em indivíduos neurotípicos e padrões mais homogêneos no grupo TEA. Essas observações sustentam a hipótese de disfunção parietal no TEA e confirmam a utilidade da HHSA como ferramenta sensível para avaliação neurofuncional.

### 3.6 Análise Estatística

Para verificar se as diferenças observadas nos parâmetros espectrais (frequência portadora e modulação de amplitude) entre os momentos pré e pós-tarefa foram estatisticamente significativas, foram extraídos os valores médios dos mapas HHSA de cada participante, em cada canal (P3 e P4) e condição experimental (repouso pré-tarefa – Parte 1 e repouso pós-tarefa – Parte 3). Não foi realizada segmentação adicional em janelas menores (trials); cada sujeito contribuiu com um valor médio por condição e por canal, de modo que o número de observações correspondeu ao número de participantes em cada grupo (N = 6 no Controle; N = 6 no TEA).

As comparações intra-grupo (pré vs. pós-tarefa, dentro de cada grupo) foram conduzidas por meio do teste t de Student pareado, adequado para avaliar se duas médias

relacionadas diferem entre si. Já as comparações inter-grupos (Controle vs. TEA em cada condição) foram realizadas utilizando o teste t de Student para amostras independentes, a fim de verificar diferenças entre populações distintas.

O nível de significância adotado foi  $= 0,05$ . Valores de  $p < 0,05$  foram considerados estatisticamente significativos. Além disso, foram reportadas as médias, desvios padrão e o tamanho de efeito (Cohen's d), complementando a interpretação dos resultados.

Essa escolha metodológica segue a prática consolidada em estudos de EEG e neurociência cognitiva, onde o teste t é amplamente utilizado para comparar condições experimentais e verificar diferenças em oscilações neurais (FIELD, 2013; MITCHELL et al., 2008)

## 4 Resultados

### 4.1 Gerais

A análise dos sinais eletroencefalográficos processados pela técnica Holo-Hilbert Spectral Analysis permitiu explorar com alta resolução espectral as oscilações cerebrais moduladas na banda Theta (4–8 Hz), especialmente nos canais parietais P3 e P4, antes e após a execução de uma tarefa atencional visual sustentada. Os resultados obtidos revelaram diferenças marcantes entre os grupos Controle e TEA, tanto em nível individual quanto nas médias dos grupos, refletindo padrões funcionais distintos no âmbito da reorganização oscilatória.

Os mapas espectrais tridimensionais gerados pela HHSA possibilitam uma representação detalhada da dinâmica dos sinais de EEG, permitindo observar simultaneamente a frequência portadora ( $\omega$ ), a frequência de modulação ( $\Omega$ ) e a intensidade da energia associada. A escala de cores evidencia a densidade espectral, em que tons quentes representam maior potência e tons frios indicam baixa atividade oscilatória. Essa configuração visual fornece um panorama mais sensível das oscilações cerebrais do que técnicas espectrais convencionais, permitindo identificar padrões sutis de reorganização neural. Nos gráficos analisados, é possível acompanhar o comportamento da banda Theta (4–8 Hz) e suas modulações lentas (0,5–4 Hz), evidenciando reorganizações funcionais decorrentes da execução da tarefa cognitiva. A comparação entre os momentos pré e pós-tarefa possibilita observar deslocamentos nos picos de energia, bem como mudanças na intensidade espectral, que podem ser interpretadas como indicativos de adaptação neural ou de dificuldades nos mecanismos de regulação cognitiva, a depender do grupo analisado.

Assim, os mapas HHSA assumem papel central neste estudo, pois oferecem um recurso visual e quantitativo para a compreensão da dinâmica cortical em indivíduos com e sem TEA, reforçando seu potencial como ferramenta de investigação em neurociência cognitiva (HUANG et al., 2016)

#### 4.1.1 Discussão dos Resultados Individuais

##### 4.1.1.1 Grupo Controle

Nos sujeitos do grupo Controle, foi observada uma tendência geral de deslocamento das frequências portadoras e de modulação de amplitude dentro da banda Theta após a tarefa. Na maioria dos participantes, notou-se um leve aumento da AM e uma reorganização da FM, o que pode indicar a capacidade funcional do cérebro neurotípico de se adaptar à carga cognitiva imposta e, posteriormente, retornar a um estado de repouso eficiente.

Essa adaptação está em consonância com os achados de (CAVANAGH; FRANK, 2014), que associam a banda Theta à regulação do esforço cognitivo e ao controle executivo. No grupo Controle, observou-se uma diferença clara entre os canais P3 e P4. O canal P4 frequentemente apresentou maior reorganização da FM, sugerindo uma participação mais ativa na orientação atencional e vigilância exógena após a tarefa, conforme descrito por (POSNER; PETERSEN, 1990) e (CORBETTA; SHULMAN, 2002). O canal P3, por sua vez, apresentou variações mais sutis, indicando a manutenção do foco atencional voluntário com menor necessidade de reajuste.

Figura 10 – Mapas espectrais do sujeito 5, grupo controle, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P3).

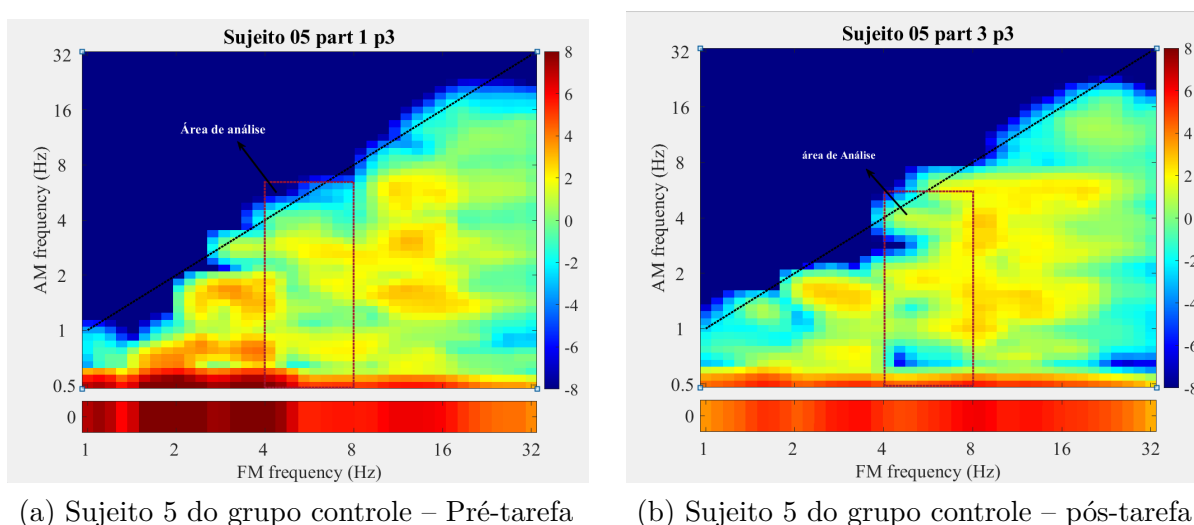
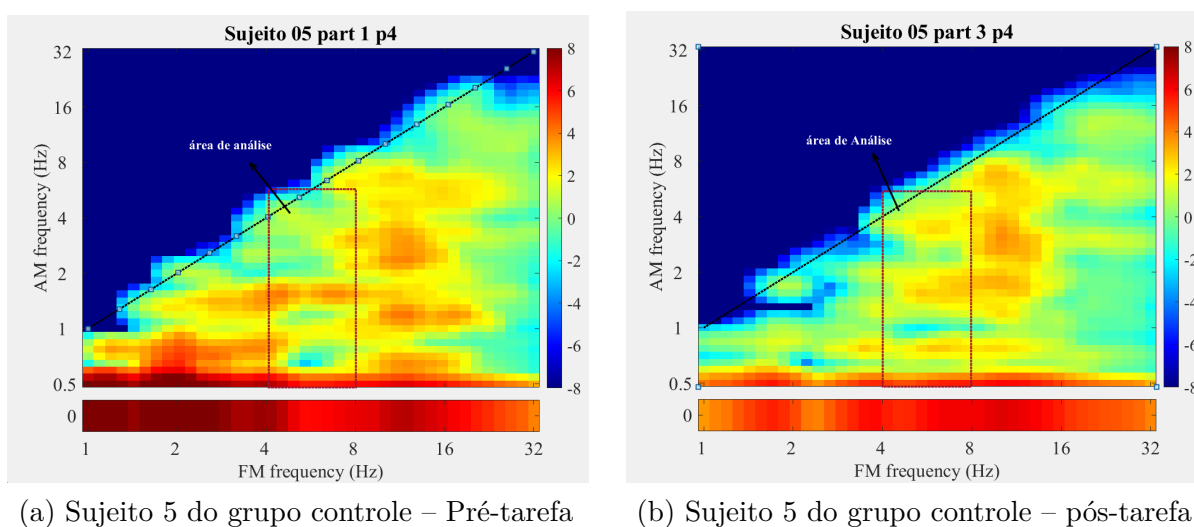


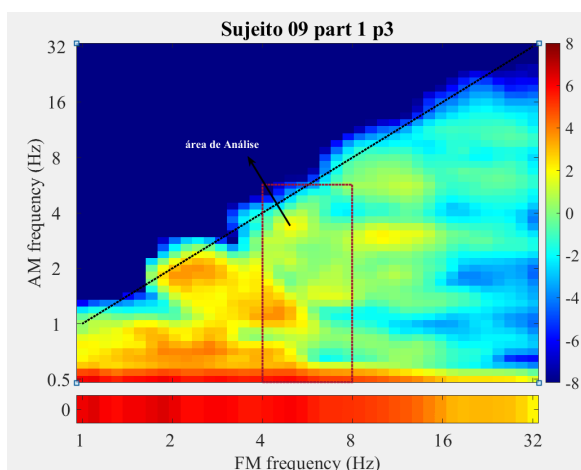
Figura 11 – Mapas espectrais do sujeito 5, grupo controle, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P4).



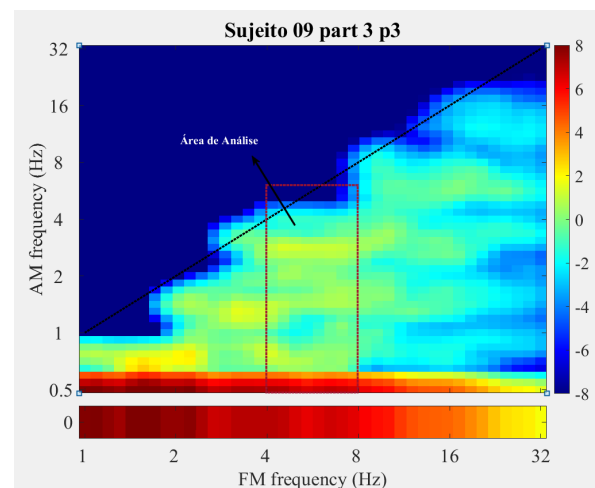
#### 4.1.1.2 Grupo TEA

Nos indivíduos com TEA, os mapas HHSa individuais revelaram padrões menos consistentes e uma variação espectral reduzida. Em muitos casos, observou-se uma estabilidade ou mesmo redução nas frequências AM e FM na banda Theta após a tarefa. Esses resultados sugerem uma menor capacidade de reorganização funcional pós-estímulo, possivelmente relacionada a uma rigidez nas redes parietais responsáveis pela atenção e integração sensorial. Tal comportamento está de acordo com (LARRAÍN-VALENZUELA et al., 2017) e (KEEHN et al., 2013), que apontam para alterações significativas na dinâmica oscilatória Theta em populações com TEA. A diferença entre os canais P3 e P4 foi menos pronunciada. Ambos apresentaram padrões de baixa reorganização espectral, com pouca variação entre as condições antes e depois da tarefa. A ausência de assimetria funcional pode indicar um comprometimento na especialização hemisférica e na distribuição de recursos cognitivos, reforçando a hipótese de disfunção parietal no TEA.

Figura 12 – Mapas espectrais do sujeito 9, grupo TEA, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P3).

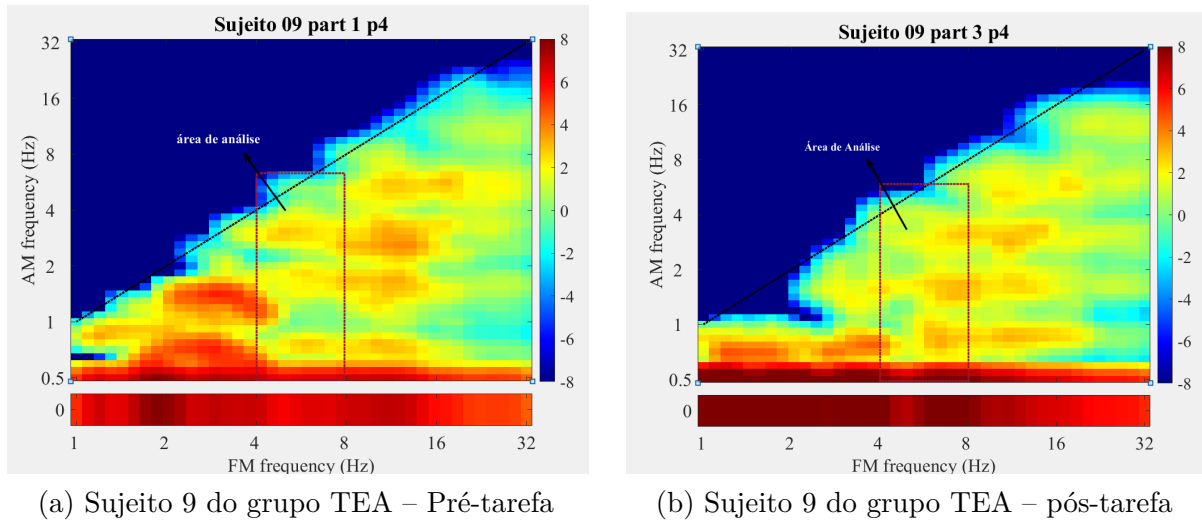


(a) Sujeito 9 do TEA – Pré-tarefa



(b) Sujeito 9 do grupo TEA – pós-tarefa

Figura 13 – Mapas espectrais do sujeito 9, grupo TEA, antes e após a realização da tarefa cognitiva (canal P4).



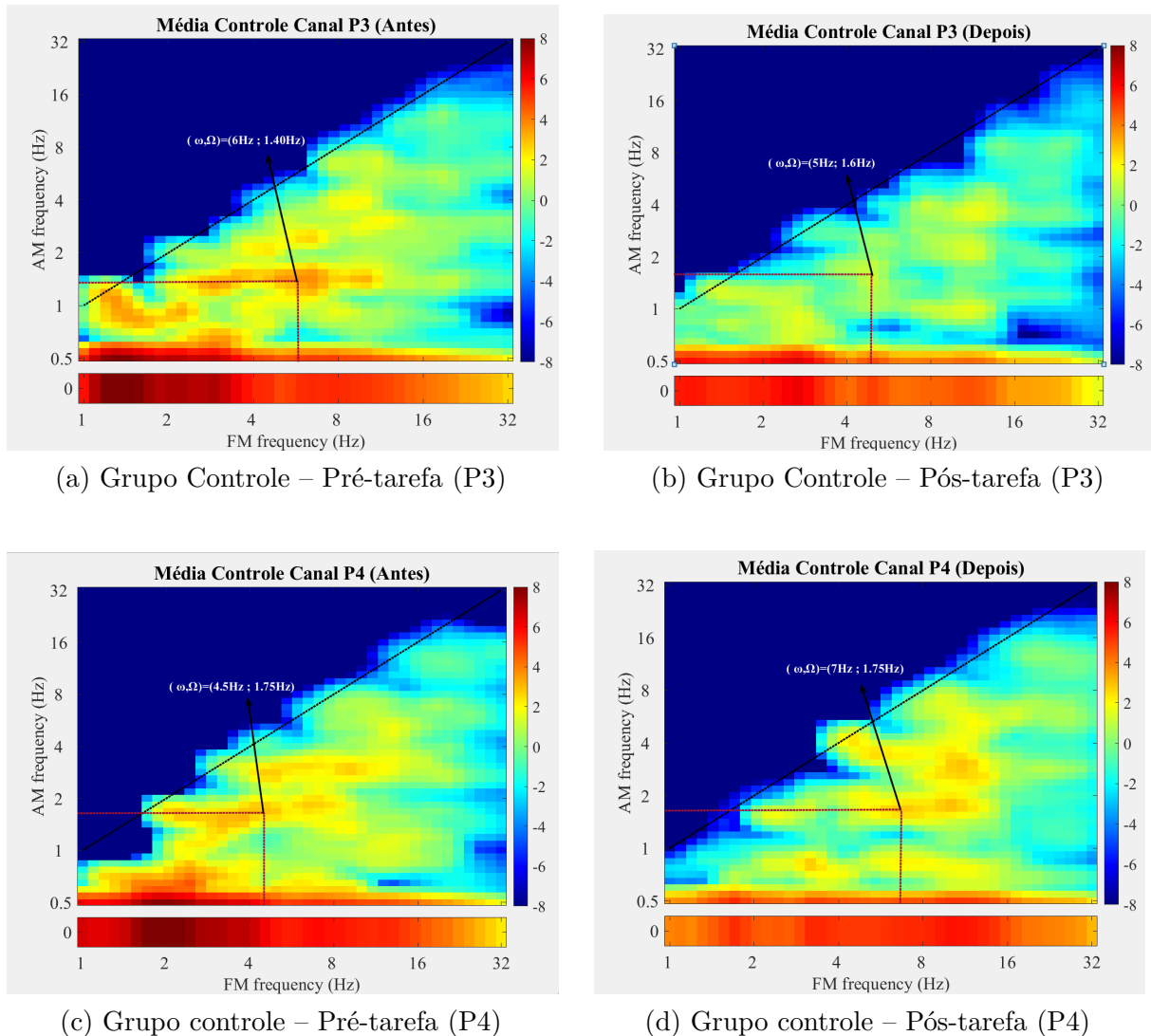
## 4.2 Discussão dos Resultados Médios – Banda Theta

### 4.2.1 Discussão das Médias por Grupo

#### 4.2.1.1 Grupo Controle

As médias dos mapas HNSA para o grupo Controle mostraram, nos canais P3 e P4, uma reorganização oscilatória clara após a tarefa. No canal P3, houve deslocamento da FM de 6 Hz para 5 Hz e leve aumento da AM. No canal P4, observou-se um aumento mais marcante da FM (4,5 Hz para 7 Hz), com AM estável. Esses dados reforçam a ideia de que o cérebro neurotípico consegue ajustar sua atividade oscilatória Theta de forma eficiente para lidar com o esforço cognitivo, conforme sugerido por (MITCHELL et al., 2008). A média do canal P4 indicou um padrão mais dinâmico e responsivo à tarefa, sugerindo engajamento das regiões associadas à orientação e vigilância. Já o canal P3 uma dessincronia nos instantes pré e pós-tarefa. Essa dissociação funcional reforça o modelo de lateralização cognitiva e a organização hemisférica da atenção. Em relação a análise quantitativa feita por meio da análise estatística t studente o Grupo Controle, a comparação entre os momentos pré e pós-tarefa não apresentou diferença estatisticamente significativa na banda Theta. O valor de  $p = 0,40$  ( $p > 0,05$ ) indica que a redução observada na média não pode ser atribuída a um efeito confiável da condição experimental, mas possivelmente à variabilidade natural entre os participantes.

Figura 14 – Comparação dos mapas espectrais médios da banda Theta nos canais P3 e P4 entre os momentos pré e pós-tarefa, para o grupo Controle.



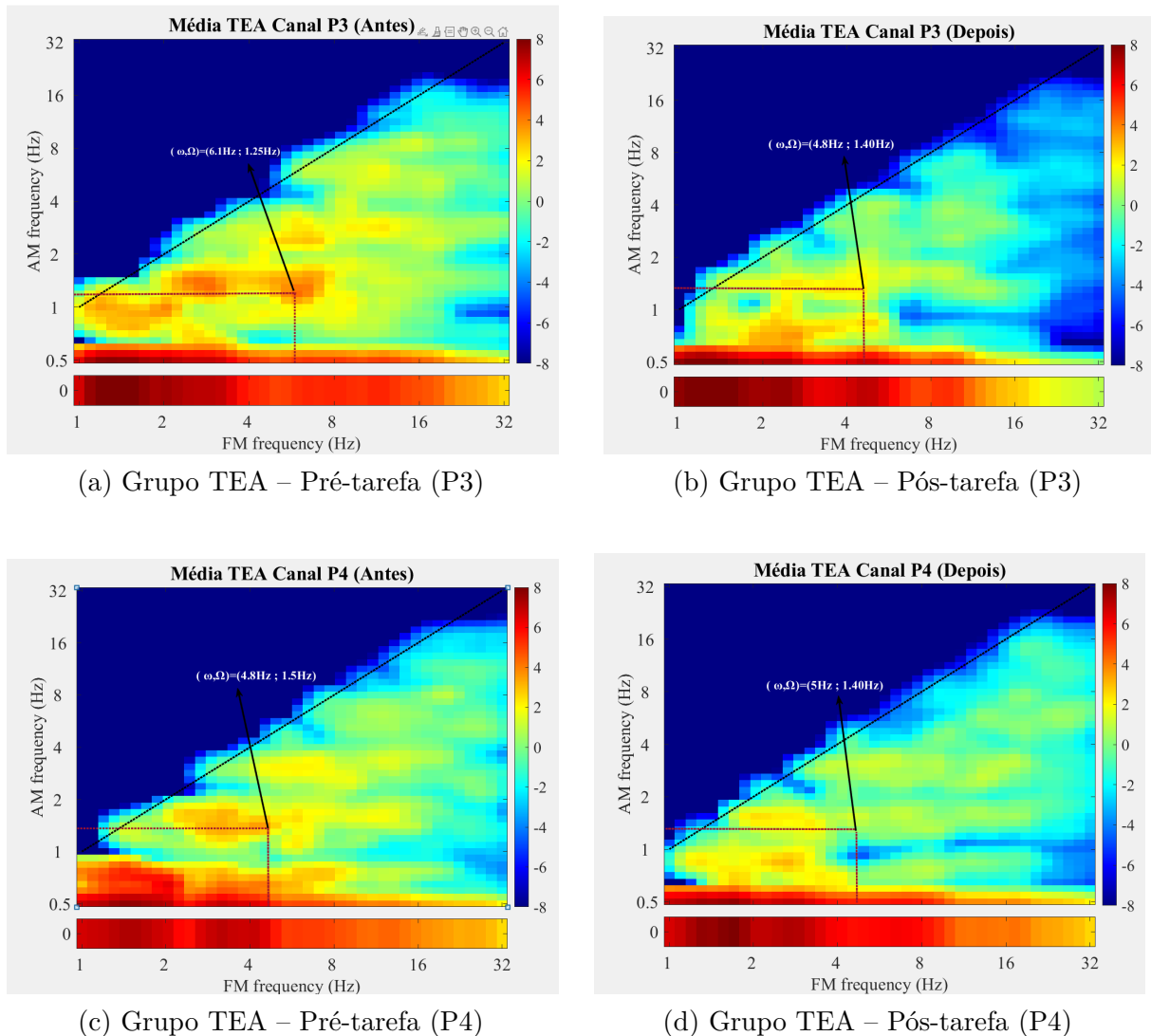
#### 4.2.1.2 Grupo TEA

Nas médias do grupo TEA, o canal P3 apresentou dessincronização na FM (de 6.1 Hz para 4.8 Hz) e AM, o canal P4 também apresentou dessincronização de 4.8 Hz para 5 Hz (FM) e AM. Essa reorganização limitada pode estar relacionada a alterações na rede parietal posterior descritas por (CORBETTA; SHULMAN, 2002), que comprometem a alocação dinâmica de recursos atencionais e a transição entre estados mentais. Ao contrário do grupo Controle, o grupo TEA não apresentou uma assimetria funcional clara entre os canais P3 e P4 nas médias. Ambos mostraram padrões de dessincronia, indicando possível falha na especialização hemisférica e na distribuição eficiente de recursos atencionais após o estímulo. Tal achado é consistente com relatos de menor conectividade funcional em indivíduos com TEA, particularmente nas redes parietais (WANG; CHEN; ZHOU, 2025). No grupo TEA, a diferença estatisticamente significativa entre os estados pré e pós-tarefa

( $p = 0,00095$ ) evidencia uma modulação atípica da banda Theta frente à demanda cognitiva. Enquanto no grupo Controle a redução espectral não alcançou significância, sugerindo um retorno fisiológico ao estado basal, nos indivíduos com TEA a alteração significativa aponta para uma reorganização neural distinta, possivelmente caracterizada por rigidez funcional e limitações na plasticidade oscilatória. Esse achado é coerente com estudos que relatam disfunções no ajuste dinâmico da atividade Theta em TEA, relacionadas a déficits de atenção sustentada e falhas na integração parietal posterior (KEEHN; MÜLLER; TOWNSEND, 2013; WANG; CHEN; ZHOU, 2022; ZHAO et al., 2025). A significância estatística robusta ( $p < 0,001$ ) reforça que a redução observada não é fruto da variabilidade individual, mas reflete uma característica consistente do grupo, sugerindo que a modulação Theta pode atuar como biomarcador sensível de reorganização atencional alterada no TEA.

Esse resultado, contudo, deve ser interpretado à luz do tamanho amostral reduzido ( $N = 6$ ), que limita a generalização, mas não compromete a validade interna do achado, dado o efeito expressivo encontrado.

Figura 15 – Comparação dos mapas espectrais médios da banda Theta nos canais P3 e P4 entre os momentos pré e pós-tarefa, para o grupo Tea.



#### 4.2.2 Redução de Intensidade Espectral Após a Tarefa

Tanto nos indivíduos Controle quanto no grupo TEA, observou-se uma redução da intensidade espectral pós-tarefa na banda Theta. Visualmente, essa diminuição correspondeu à menor presença de componentes de alta potência nos mapas HHS. Embora a redução ocorra em ambos os grupos, os significados funcionais parecem distintos.

No grupo Controle, a redução da potência Theta pode ser interpretada como um retorno ao estado basal, refletindo a capacidade adaptativa do cérebro neurotípico de reorganizar sua atividade oscilatória após o esforço atencional (CAVANAGH; FRANK, 2014; MITCHELL et al., 2008). Esse padrão sugere um mecanismo eficiente de recuperação neural, compatível com estudos que descrevem a normalização da atividade Theta em paradigmas de repouso pós-esforço cognitivo (KLIMESCH, 2012).

No grupo TEA, entretanto, a mesma redução não foi acompanhada de reorganização espectral robusta, indicando uma rigidez funcional. Estudos prévios relatam que indivíduos com TEA podem apresentar menor variabilidade adaptativa da banda Theta, o que compromete a alocação dinâmica de recursos atencionais e aumenta a vulnerabilidade ao esgotamento cognitivo (KEEHN; MÜLLER; TOWNSEND, 2013; WANG; CHEN; ZHOU, 2022). Assim, enquanto no grupo Controle a queda de potência pode sinalizar recuperação, no grupo TEA ela pode refletir déficits na plasticidade neural e falhas de reorganização pós-tarefa.

Essa interpretação deve, contudo, ser considerada com cautela, dado que parte da literatura de suporte baseia-se em estudos com amostras específicas. Ainda assim, os achados convergem para a noção de que a redução da potência Theta em TEA não necessariamente indica normalização funcional, mas pode revelar disfunções na rede parietal posterior e na regulação do esforço atencional.

# 5 Conclusão

## 5.1 Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo investigar a dinâmica da banda Theta em indivíduos com TEA e em indivíduos neurotípicos durante uma tarefa atencional visual sustentada, com foco nos canais parietais P3 e P4. Utilizando a técnica da HHSA, foi possível observar com alta resolução as reorganizações espectrais dos sinais de EEG antes e após a tarefa, permitindo uma análise espectral tridimensional, considerando simultaneamente a frequência portadora ( $\omega$ ), a frequência moduladora ( $\Omega$ ) e a intensidade (energia) do sinal.

De forma geral, todos os objetivos específicos propostos neste trabalho foram atingidos. Foi possível coletar e processar os sinais de EEG durante a tarefa de atenção, bem como comparar as diferenças entre os grupos TEA e Controle nas frequências FM e AM da banda Theta. Além disso, a intensidade espectral da banda Theta foi avaliada por meio dos mapas HHSA, o que permitiu a identificação de padrões atípicos de modulação em indivíduos com TEA, relacionando-os com a recuperação cognitiva pós-esforço atencional. Esses resultados reforçam a relevância da análise oscilatória via HHSA como ferramenta sensível para caracterizar alterações funcionais em populações clínicas.

Os resultados revelaram diferenças marcantes entre os grupos investigados. O grupo Controle demonstrou reorganização oscilatória consistente na banda Theta, com deslocamentos significativos das FM e AM, especialmente no canal P4, sugerindo capacidade de adaptação cognitiva e regulação neural eficiente após o esforço mental. Em contrapartida, o grupo TEA apresentou padrões mais estáticos e menor reorganização funcional, com indícios de redução da intensidade espectral e pouca diferença entre os canais P3 e P4. Esse comportamento pode refletir dificuldades na alocação dinâmica de recursos atencionais, rigidez funcional nas redes parietais e falhas na especialização hemisférica.

A ausência de assimetria funcional entre os canais parietais no grupo TEA, somada à baixa reorganização após a tarefa, reforça a hipótese de disfunção na rede parietal posterior e menor flexibilidade cognitiva frente a desafios de natureza visuoespacial. A técnica HHSA mostrou-se especialmente eficaz para capturar essas diferenças, oferecendo uma análise espectral refinada e sensível às mudanças induzidas por tarefa. Conclui-se, portanto, que a modulação da banda Theta nos canais P3 e P4 pode atuar como um importante marcador funcional das diferenças neurofisiológicas entre indivíduos com e sem TEA. A HHSA se apresenta como uma ferramenta promissora para estudos clínicos e experimentais em neurociência cognitiva, contribuindo para o avanço do conhecimento

sobre os mecanismos cerebrais subjacentes à atenção e à reorganização funcional.

### 5.1.1 Perspectivas Futuras

Embora os resultados obtidos tenham fornecido evidências relevantes sobre a reorganização espectral na banda Theta em indivíduos com e sem TEA, há espaço para ampliação e aprofundamento da investigação. Uma direção importante é o aumento do número de participantes, o que permitiria uma maior generalização dos achados e a aplicação de testes estatísticos inferenciais com maior poder. Além disso, uma amostra mais ampla permitiria a estratificação por faixas etárias, níveis de comprometimento ou outras variáveis clínicas relevantes dentro do espectro autista. Outro caminho promissor consiste em incluir, nas análises, a segunda época (tarefa), que foi descartada neste estudo.

Investigar a comparação entre a época intermediária (durante a tarefa) e o repouso pós-tarefa pode oferecer insights adicionais sobre os mecanismos de recuperação cognitiva e sobre como as oscilações Theta se reconfiguram após o desafio atencional. A inclusão da tarefa em si como época adicional também poderia enriquecer a compreensão da transição funcional entre os diferentes estágios da aquisição. Também seria relevante aplicar a HHSA a outras regiões corticais, além dos canais P3 e P4, de modo a mapear de forma mais abrangente as diferenças topográficas entre os grupos. Essa abordagem permitiria verificar se a disfunção observada nas regiões parietais é acompanhada por alterações em outras áreas, como as regiões frontais e temporais, envolvidas na integração cognitiva e social.

Por fim, considera-se pertinente a possibilidade de estudos longitudinais que acompanhem a evolução dos padrões oscilatórios ao longo do tempo ou diante de intervenções terapêuticas. A combinação da HHSA com métricas de conectividade funcional e de redes neurais pode ainda fornecer uma visão mais integrada do funcionamento cerebral em indivíduos com TEA, aproximando a pesquisa neurocientífica de aplicações clínicas concretas.

## Referências

- AKDENIZ, G. Delta and theta band power alterations during face and face pareidolia perception in children with autism spectrum disorder: An electroencephalographic analysis. *Medicina*, MDPI, v. 61, n. 4, p. 754, abr. 2025. ISSN 1648-9144. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/medicina61040754>>. Citado 3 vezes nas páginas 15, 16 e 19.
- American Psychiatric Association. *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais: DSM-5*. Porto Alegre: Artmed, 2013. ISBN 9788582710897. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 25.
- BHARATH, R. S. et al. Neurodevelopmental disorders and epilepsy: insights into the role of the amygdala. *Epilepsy & Behavior*, Elsevier, v. 98, p. 317–324, 2019. Citado na página 18.
- CARDOSO, C. O.; BUENO, O. F. A.; COSTA, J. C. da. Cancelamento de estímulos visuais: análise de estratégias de busca em adultos jovens. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, SciELO Brasil, v. 24, n. 3, p. 482–490, 2011. Citado na página 27.
- CASCAES, A. et al. Cars' test: An automated visual cancellation task for assessment of attention and visual search strategies. *Applied Neuropsychology: Adult*, Taylor & Francis, v. 27, n. 5, p. 436–445, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 27.
- CAVANAGH, J. F.; FRANK, M. J. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*, Elsevier, v. 18, n. 8, p. 414–421, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 16, 22 e 34.
- CHANG, C.-H. et al. Evaluating attentional control mechanisms through theta oscillations during visuospatial tasks. *Neuropsychologia*, Elsevier, v. 168, p. 108190, 2022. Citado na página 23.
- COBEN, R. et al. Eeg connectivity in autism spectrum disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, Elsevier, v. 32, n. 1, p. 170–177, 2008. Citado na página 19.
- CORBETTA, M.; SHULMAN, G. L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, Nature Publishing Group, v. 3, n. 3, p. 201–215, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nrn755>>. Citado 4 vezes nas páginas 15, 21, 34 e 37.
- DILLER, L.; BEN-YISHAY, Y. *Neuropsychological Rehabilitation*. [S.l.]: Wiley-Interscience, 1974. Citado na página 15.
- HUANG, N. E. et al. On holo-hilbert spectral analysis: a full informational spectral representation for nonlinear and non-stationary data. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, The Royal Society, v. 374, n. 2065, p. 20150206, 2016. ISSN 1364-503X. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0206>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 33.

- HUANG, N. E.; WU, Z.; LONG, X. Holo-hilbert spectral analysis: a new method for analyzing nonlinear and nonstationary data. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, The Royal Society, v. 374, n. 2065, p. 20150206, 2016. Citado na página 31.
- JUAN, C.-H. et al. Revealing the role of theta oscillations in sustained attention using eeg during cancellation tasks. *Biological Psychology*, Elsevier, v. 162, p. 108114, 2021. Citado na página 23.
- KAUR, D.; CHACKO, T. V.; ABRAHAM, S. Cancellation tests: A review and proposal for a new classification. *Applied Neuropsychology: Adult*, Taylor & Francis, v. 28, n. 3, p. 299–310, 2021. Citado na página 15.
- KEEHN, B.; MÜLLER, R.-A.; TOWNSEND, J. A brief overview of research on attention in autism spectrum disorders. *Journal of Learning Disabilities*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 46, n. 4, p. 327–341, 2013. Citado na página 20.
- KEEHN, B. et al. Neural abnormalities in the brain attention network in autism. *Brain Research*, Elsevier, v. 1512, p. 72–81, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 35.
- KLIMESCH, W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, Elsevier, v. 16, n. 12, p. 606–617, 2012. Citado na página 31.
- LARRAÍN-VALENZUELA, J. et al. Theta and alpha oscillations during the processing of facial expressions in children with autism spectrum disorder. *Biological Psychology*, Elsevier, v. 123, p. 106–114, 2017. Citado 5 vezes nas páginas 15, 16, 19, 22 e 35.
- LIU, M.; LI, B.; HU, D. Autism spectrum disorder studies using fmri data and machine learning: a review. *Frontiers in Neuroscience*, v. 15, p. 697870, 2021. Citado na página 22.
- LORD, C. et al. Autism spectrum disorder. *The Lancet*, Elsevier, v. 392, n. 10146, p. 508–520, 2020. Citado na página 18.
- MANLY, T. et al. The test of everyday attention. *Journal of the International Neuropsychological Society*, Cambridge University Press, v. 9, n. 6, p. 982–986, 2003. Citado na página 20.
- MAROTTA, R. et al. Neurodevelopmental disorders: a review on the epidemiology, clinical features, and neuroimaging findings in autism spectrum disorder. *Frontiers in Pediatrics*, Frontiers, v. 8, p. 377, 2020. Citado na página 18.
- MITCHELL, D. J. et al. Frontal-midline theta from the perspective of hippocampal “theta”. *Progress in Neurobiology*, Elsevier, v. 86, n. 3, p. 156–185, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2008.09.005>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 36.
- NICOTERA, A. G. et al. Abnormal eeg complexity in autism spectrum disorder: a developmental perspective. *Brain Topography*, Springer, v. 32, n. 6, p. 935–947, 2019. Citado na página 19.
- POSNER, M. I.; PETERSEN, S. E. The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, Annual Reviews, v. 13, p. 25–42, 1990. Citado 3 vezes nas páginas 15, 21 e 34.

---

WANG, L.; CHEN, Y.; ZHOU, M. Theta band modulation as a biomarker of attentional control and neural reorganization in autism spectrum disorder: A quantitative eeg study. *Journal of Neural Engineering*, IOP Publishing, v. 19, n. 5, p. 056034, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1741-2552/ac8b54>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

WANG, L.; CHEN, Y.; ZHOU, M. Theta band modulation as a biomarker of attentional control in autism spectrum disorder: A quantitative eeg study. *Journal of Neural Engineering*, IOP Publishing, v. 22, n. 1, p. 012005, 2025. Citado 3 vezes nas páginas 15, 19 e 37.

# Anexos

## Anexos - Mapas HHSA Individuais (P3 e P4)

## Sujeito 1

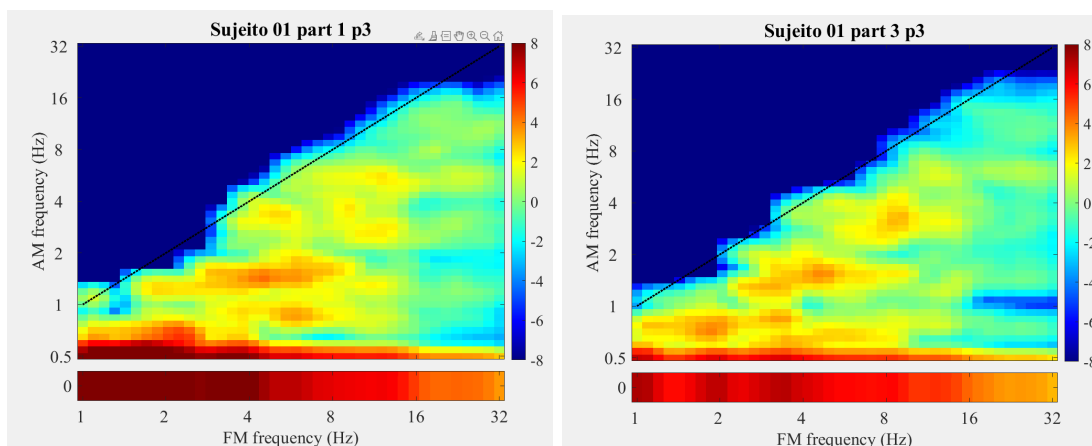


Figura 16 – Canal P3 - Sujeito 1 (Antes e Depois)

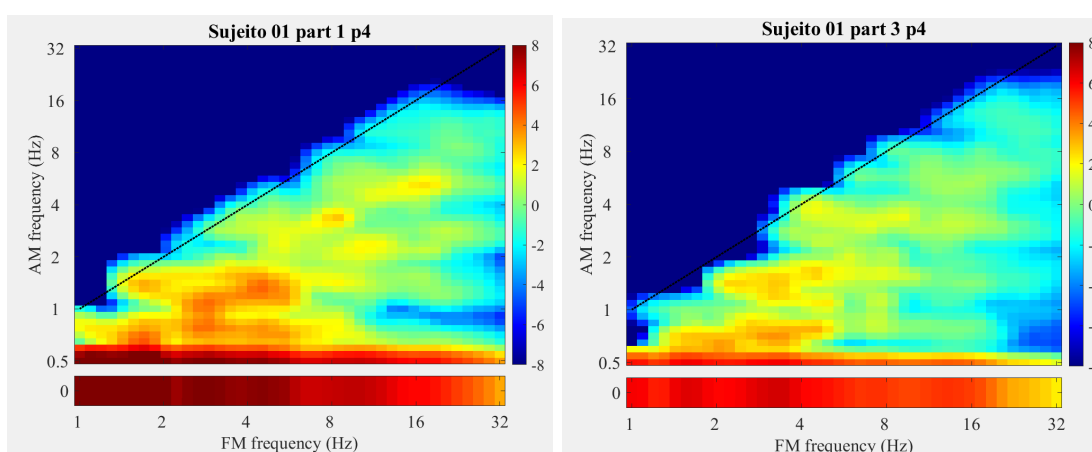


Figura 17 – Canal P4 - Sujeito 1 (Antes e Depois)

## Sujeito 2

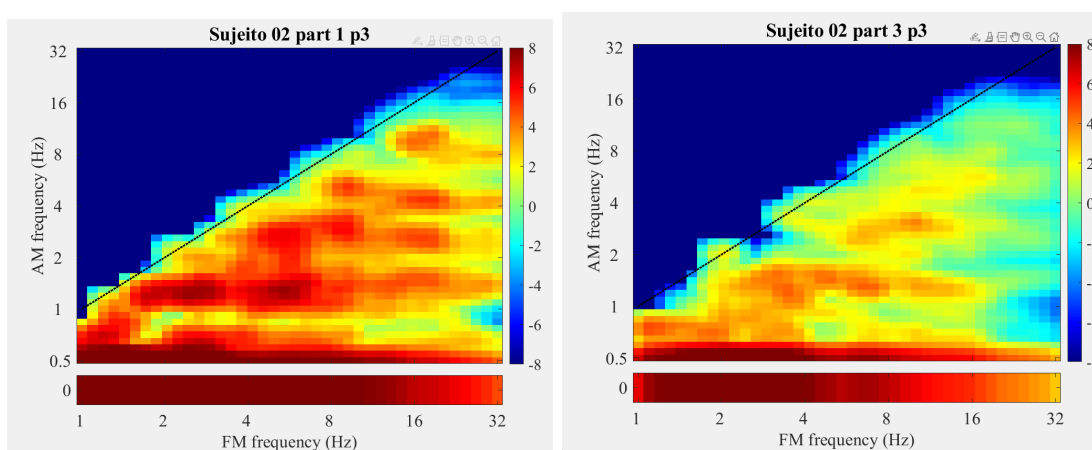


Figura 18 – Canal P3 - Sujeito 2 (Antes e Depois)

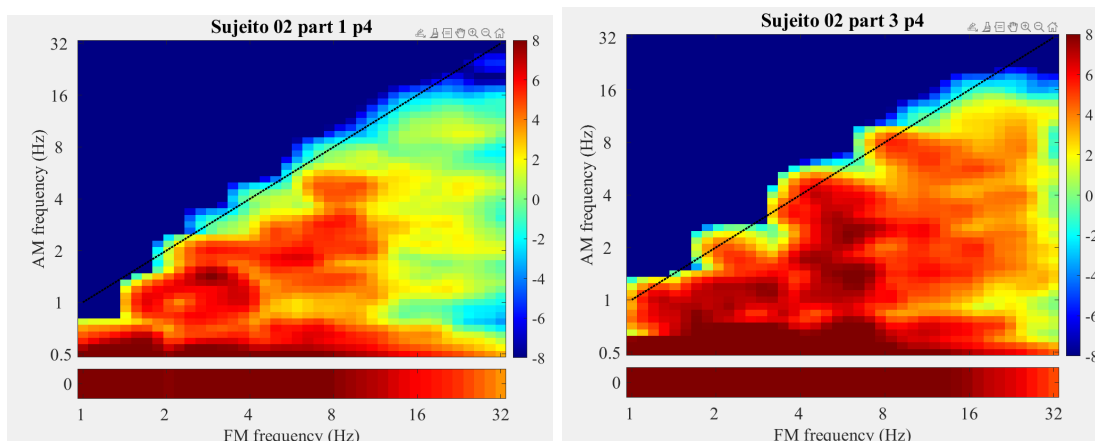


Figura 19 – Canal P4 - Sujeito 2 (Antes e Depois)

Sujeito 3

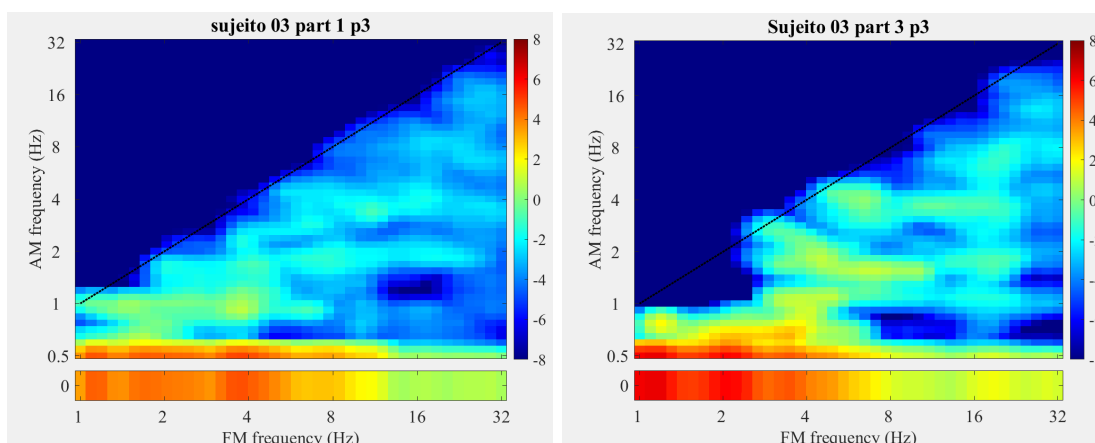


Figura 20 – Canal P3 - Sujeito 3 (Antes e Depois)

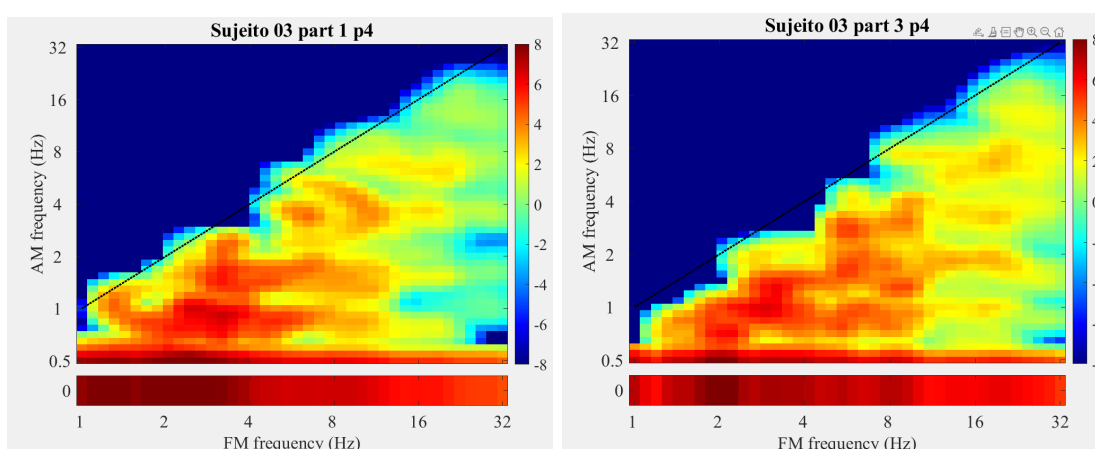


Figura 21 – Canal P4 - Sujeito 3 (Antes e Depois)

### Sujeito 4

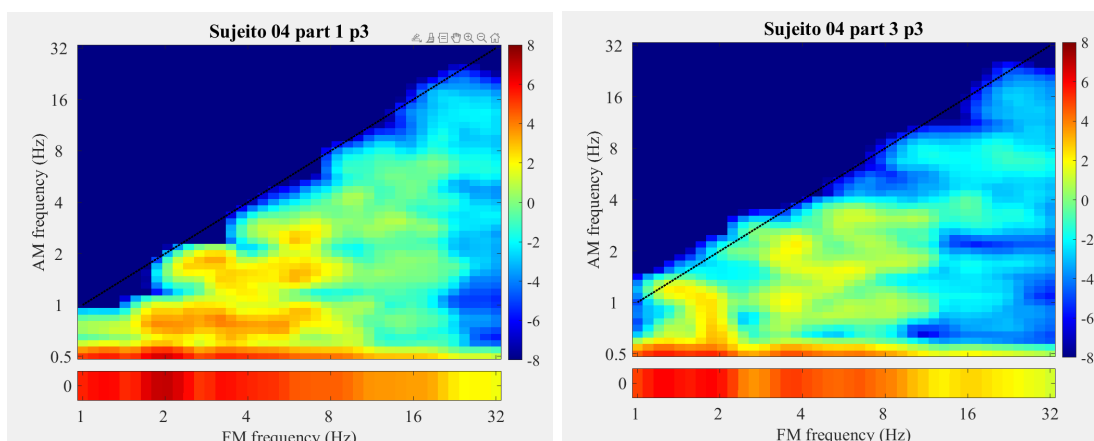


Figura 22 – Canal P3 - Sujeito 4 (Antes e Depois)

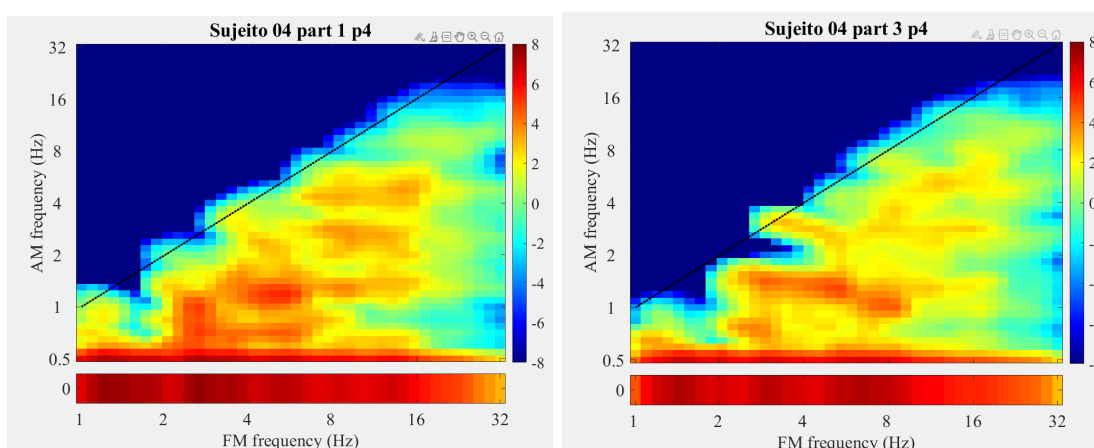


Figura 23 – Canal P4 - Sujeito 4 (Antes e Depois)

### Sujeito 5

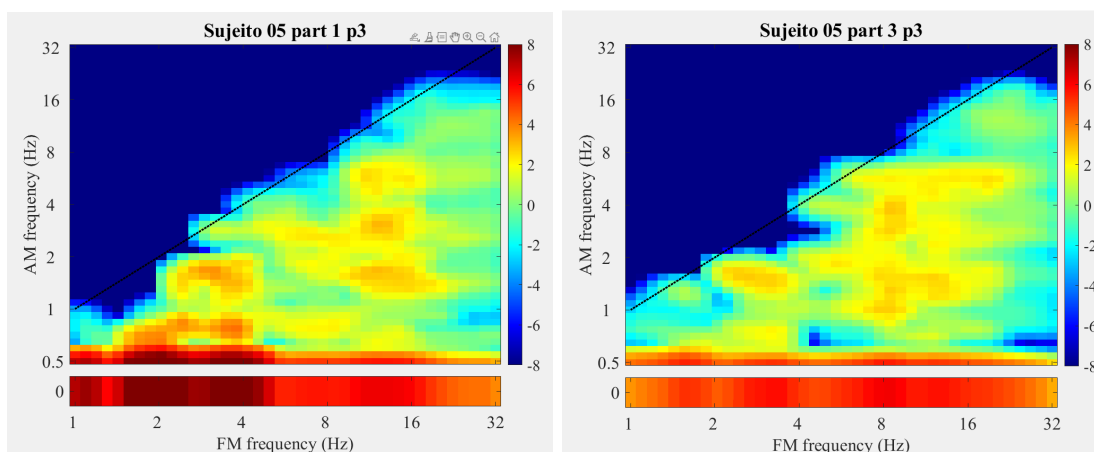


Figura 24 – Canal P3 - Sujeito 5 (Antes e Depois)

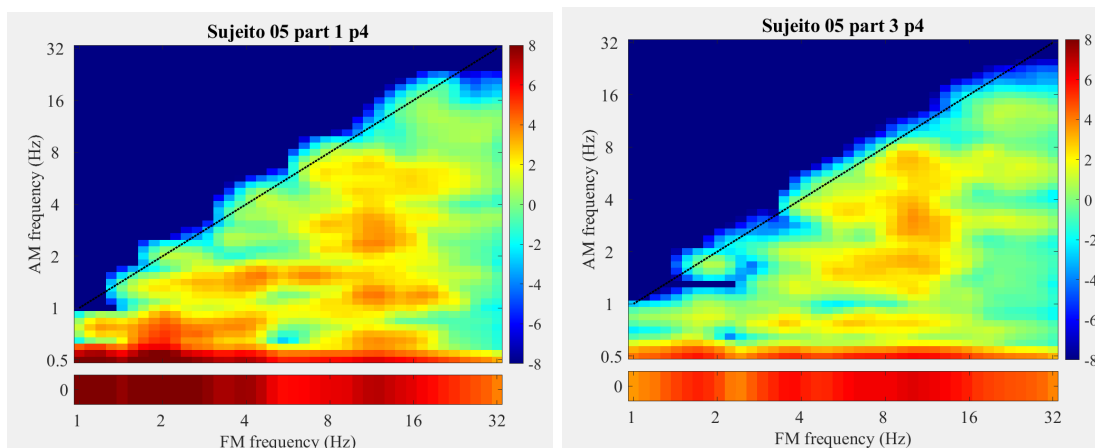


Figura 25 – Canal P4 - Sujeito 5 (Antes e Depois)

Sujeito 6

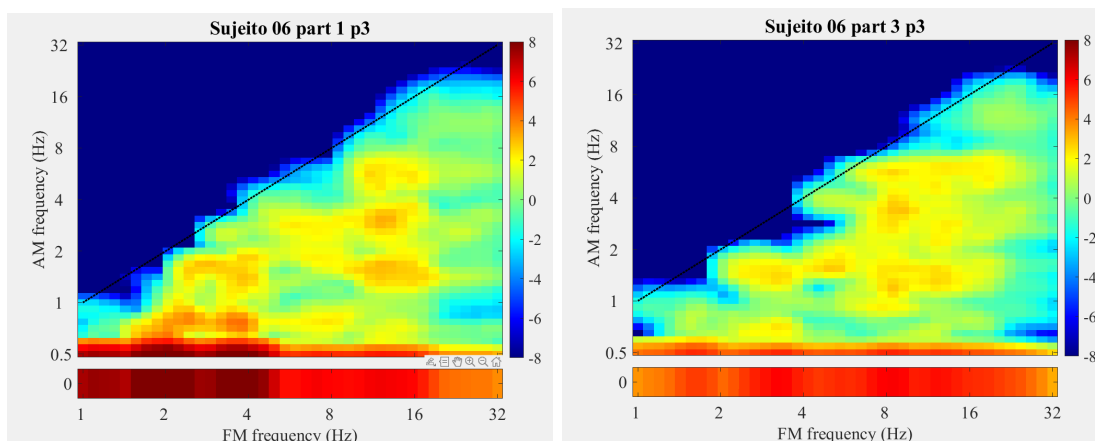


Figura 26 – Canal P3 - Sujeito 6 (Antes e Depois)

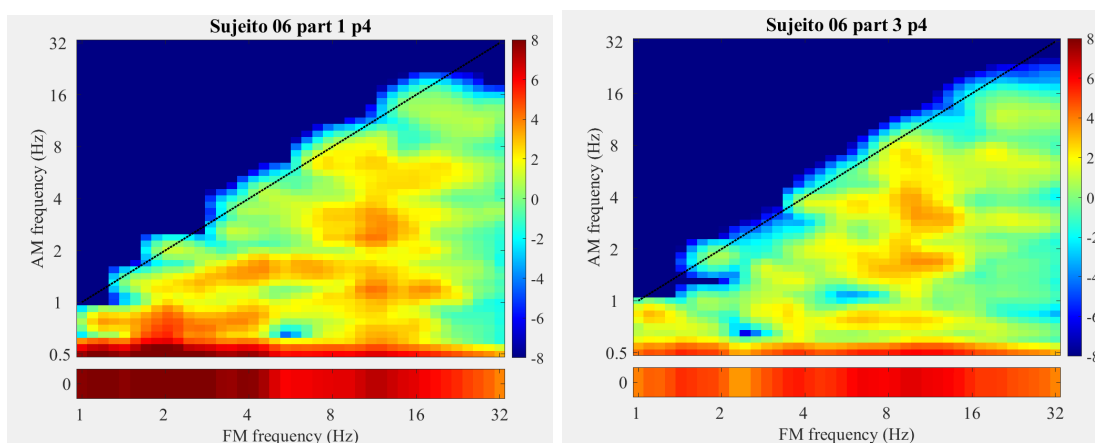


Figura 27 – Canal P4 - Sujeito 6 (Antes e Depois)

## Sujeito 7

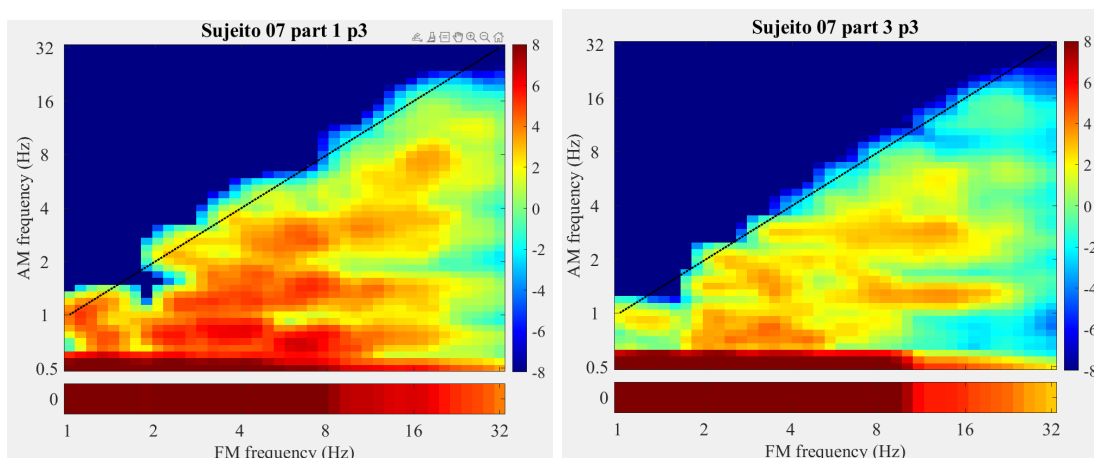


Figura 28 – Canal P3 - Sujeito 7 (Antes e Depois)

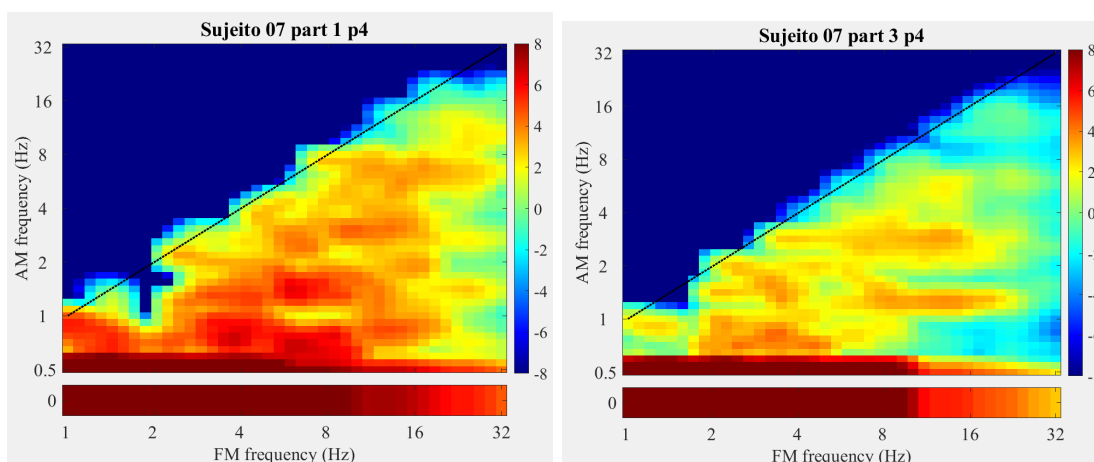


Figura 29 – Canal P4 - Sujeito 7 (Antes e Depois)

## Sujeito 8

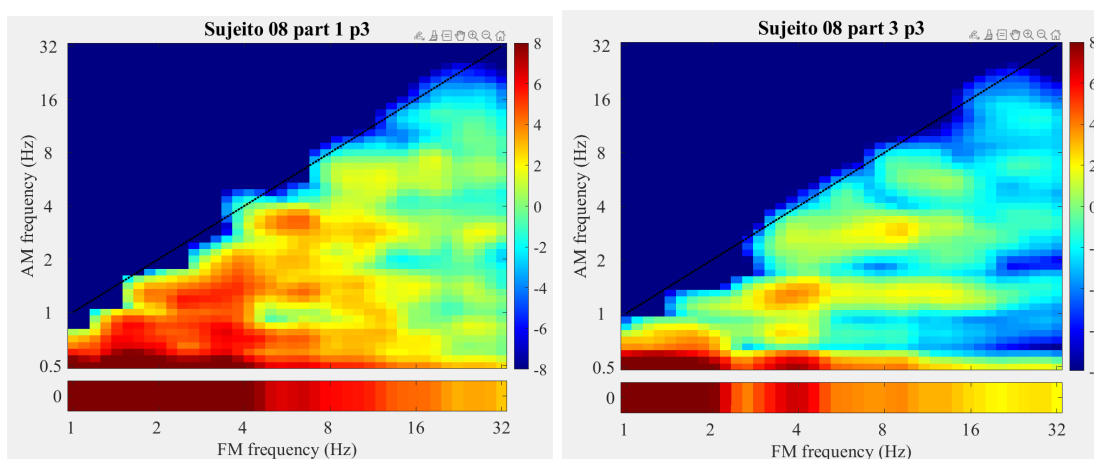


Figura 30 – Canal P3 - Sujeito 8 (Antes e Depois)

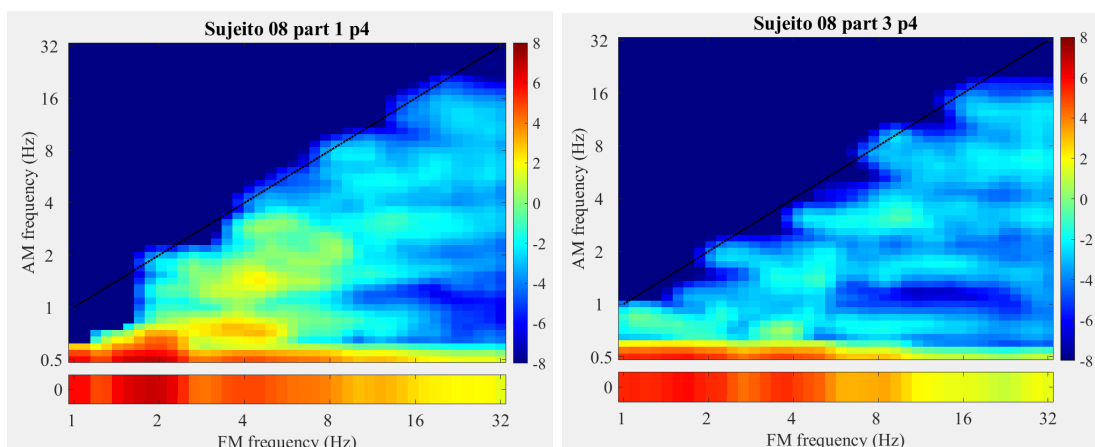


Figura 31 – Canal P4 - Sujeito 8 (Antes e Depois)

Sujeito 9

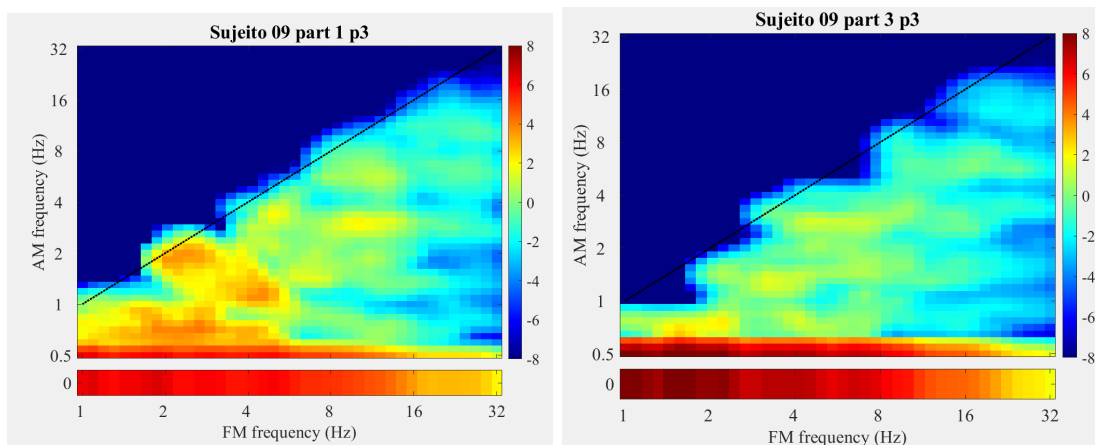


Figura 32 – Canal P3 - Sujeito 9 (Antes e Depois)

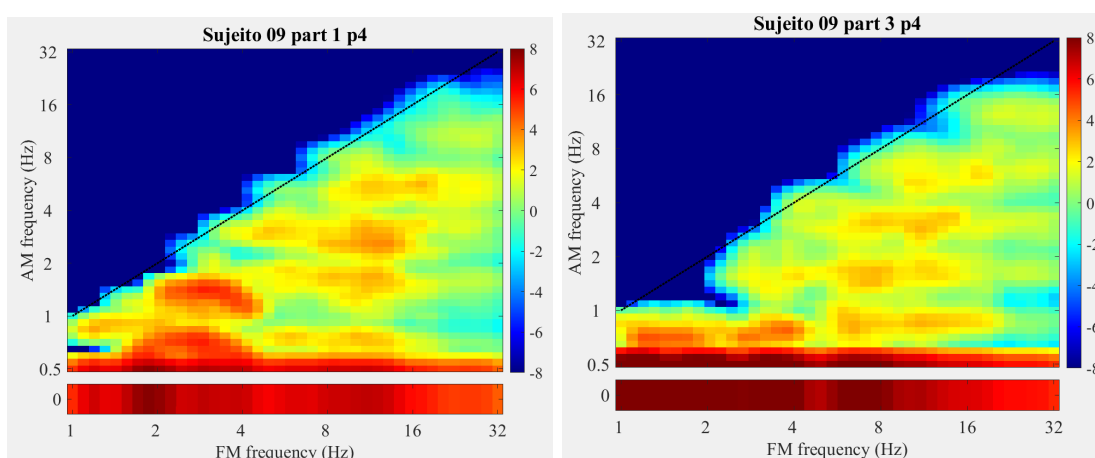


Figura 33 – Canal P4 - Sujeito 9 (Antes e Depois)

## Sujeito 10

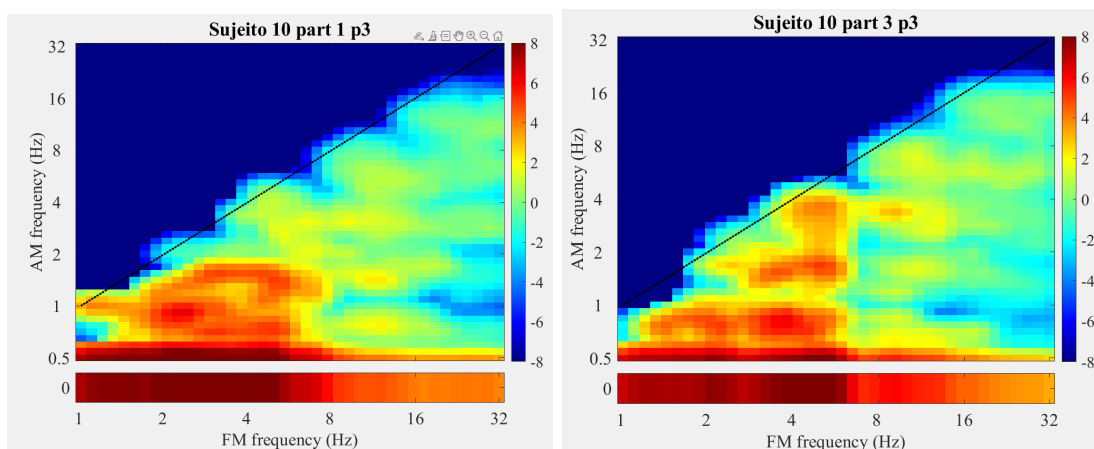


Figura 34 – Canal P3 - Sujeito 10 (Antes e Depois)

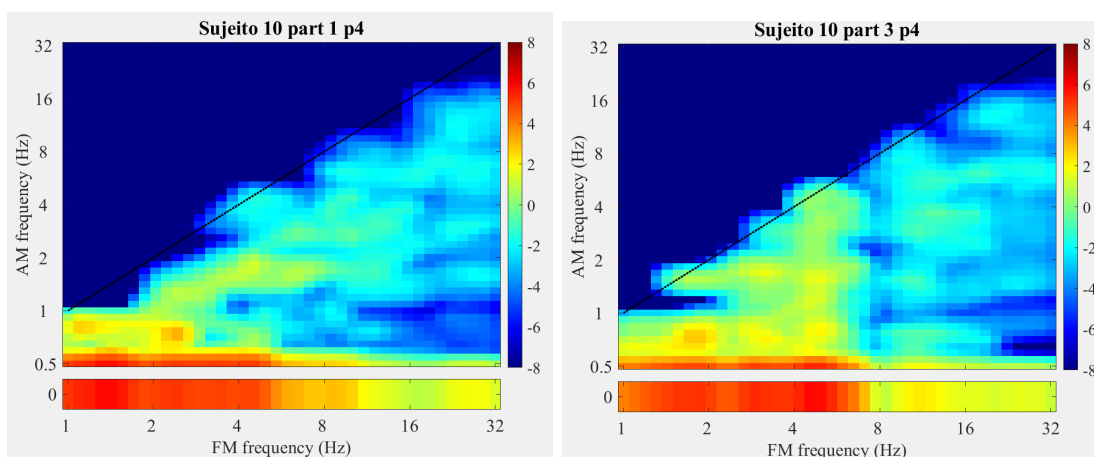


Figura 35 – Canal P4 - Sujeito 10 (Antes e Depois)

## Sujeito 11

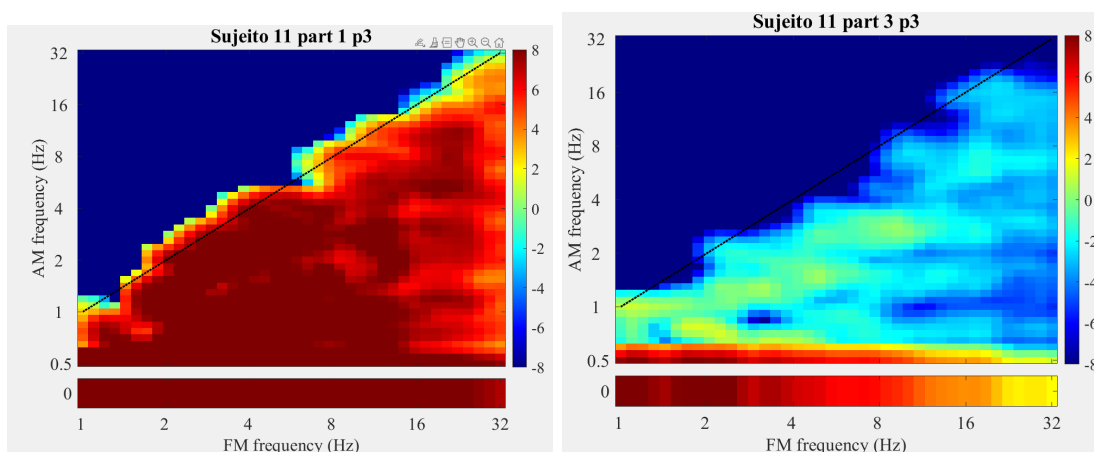


Figura 36 – Canal P3 - Sujeito 11 (Antes e Depois)

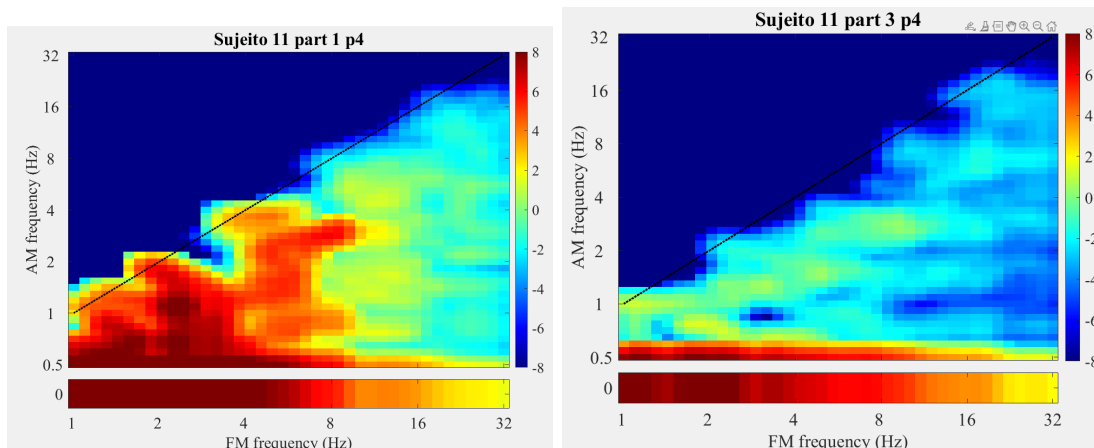


Figura 37 – Canal P4 - Sujeito 11 (Antes e Depois)

Sujeito 12

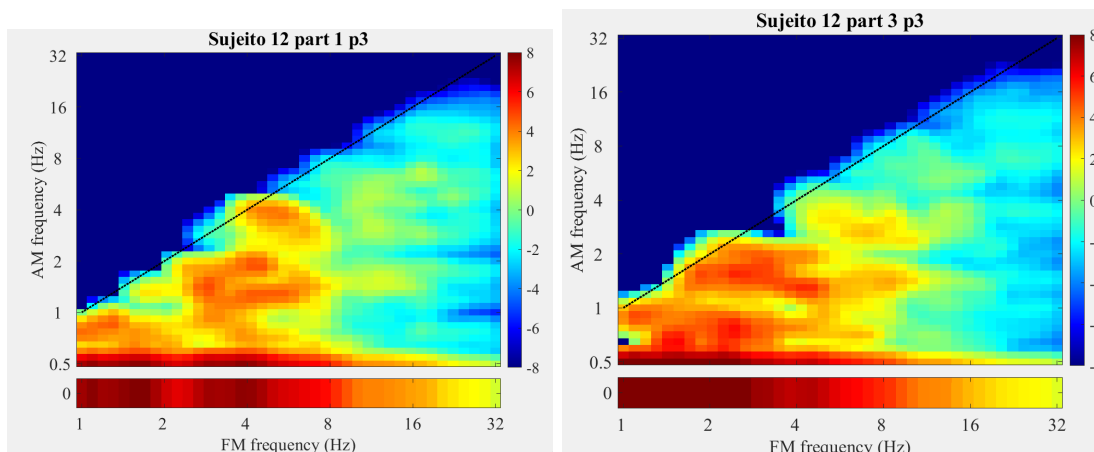


Figura 38 – Canal P3 - Sujeito 12 (Antes e Depois)

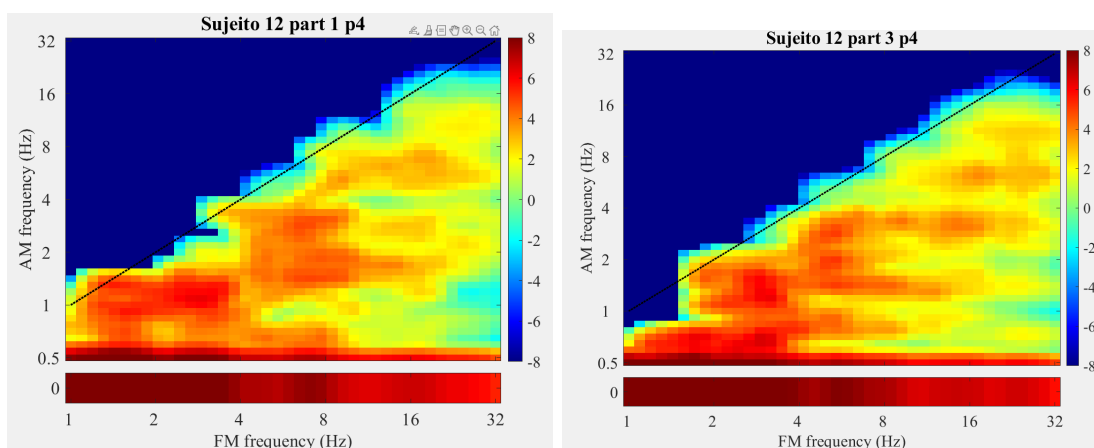


Figura 39 – Canal P4 - Sujeito 12 (Antes e Depois)