



# ANÁLISE DE PADRÕES DE EEG EM AMBIENTES DE TRABALHO SIMULADOS COM REALIDADE VIRTUAL

**GONÇALO RIBEIRO DOS SANTOS**

novembro de 2023

# ANÁLISE DE PADRÕES DE EEG EM AMBIENTES DE TRABALHO SIMULADOS COM REALIDADE VIRTUAL

Gonçalo Ribeiro dos Santos

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Física

isen

P.PORTO

# ANÁLISE DE PADRÕES DE EEG EM AMBIENTES DE TRABALHO SIMULADOS COM REALIDADE VIRTUAL

Gonçalo Ribeiro dos Santos

Estudante n.º 1181228

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Coelho.

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Física

isen

P.PORTO

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, expresso a minha gratidão para com o professor Luís Coelho que representou um papel fulcral em todo o processo e que contribuiu na orientação, aconselhamento, apoio e disponibilidade prestados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Quero agradecer também ao Instituto Superior de Engenharia do Porto pela formação que me forneceu, bem como agradecer a todos os professores e colegas envolvidos em todos os momentos que vivenciei nesta instituição e que me permitiram chegar a esta etapa e crescer a nível pessoal e académico.

Não menos importante, gostaria de agradecer aos meus pais, aos meus irmãos e aos meus avós por todo o apoio, ajuda e transmissão de valores que me tornaram na pessoa que sou hoje.



## RESUMO

Fala-se de saúde psicológica cada vez mais nos dias correntes. Sendo tudo na vida influenciado por esta temática, existe uma crescente preocupação da população para que siga um estilo de vida saudável, tranquilo e estável.

Sendo uma grande porção da população parte do mercado de trabalho, cada vez mais as empresas empregadoras se preocupam com a estabilidade psicológica e emocional dos seus futuros empregados. Assim, nasceu uma necessidade acrescida de mensurar por processos analíticos e qualitativos a capacidade de resposta ao stress de cada pessoa.

Para tal, neste caso, recorreu-se à utilização de EEG que consiste num método de monitorização eletrofisiológico captador da atividade elétrica do cérebro, que constitui técnica não invasiva com uma boa resolução temporal, baixo custo e facilidade de uso. Todas estas características permitiram que fosse ponderado para a resolução da problemática exposta nesta dissertação.

Houve o desenvolvimento de um ambiente virtual com recurso à ferramenta *Unity*. Neste ambiente foram simuladas características presentes num escritório real. A própria planta, decoração, ruído de fundo, presença de trabalhadores e iluminação foram características pensadas ao pormenor de modo que a veracidade dos resultados permanecesse. Foram implementadas algumas ações perturbadoras ao longo da atividade para que o stress fosse despoletado mais facilmente.

O principal método de avaliação de stress passou pelo correlacionamento de padrões de EEG nas cinco bandas de frequência existentes, o que permitiu quantificar e observar os sinais fisiológicos apresentados por cada participante para futura percepção do nível de stress vivenciado.

Realizaram-se recolhas de EEG segundo o Sistema Internacional 10-20 recorrendo a 8 elétrodos - 3 voluntários entre os 20 e os 50 anos. O protocolo experimental procurou estabelecer valores base dos sinais de cada participante ao medir cerca de um minuto os sinais com os olhos fechados, de seguida mediram-se as respostas durante o teste e findado o mesmo, os participantes fecharam novamente os olhos para normalização de valores. Após as recolhas, foi realizado o processamento e análise dos sinais. Este processamento foi inteiramente desenvolvido com recurso à linguagem de programação *Python*. Foi efetuado um Quiz e anotados os valores de pontuação.

Os resultados deste trabalho indicam que a atividade cerebral varia de pessoa para pessoa uma vez que a magnitude das amplitudes atingidas pelos diferentes participantes foi heterogénea. Observou-se uma estimulação do hemisfério direito num participante, do hemisfério esquerdo no outro e de uma baixa amplitude de sinal atingida pelo terceiro. Observou-se também uma maior prevalência da banda de frequências Gamma durante todo o processo, como era esperado por ser característica de um maior esforço cognitivo. Os valores obtidos no quiz em nada transpareceram o estado de espírito do participante, servindo apenas como ferramenta indutora de stress.

Estes resultados expressam que existe uma panóplia de respostas a fatores indutores de stress e que existem pessoas que lidam bem com o mesmo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletroencefalografia, Bandas de Frequência, Stress, Quiz, Unity, Python



## ABSTRACT

There is more and more talk about psychological health these days. Since everything in life is influenced by this theme, there is a growing concern of the population to follow a healthy, peaceful and stable lifestyle.

As a large portion of the population is part of the labor market, employers are increasingly concerned about the psychological and emotional stability of their future employees. Thus, there was an increased need to measure each person's ability to respond to stress through analytical and qualitative processes.

To this end, in this case, we resorted to the use of EEG, which consists of an electrophysiological monitoring method that captures the electrical activity of the brain, is a non-invasive technique with good temporal resolution, low cost and ease of use. All these characteristics allowed it to be considered for the resolution of the problem exposed in this dissertation.

A virtual environment was developed using the Unity tool. In this environment, all the characteristics present in a real office were simulated. The floor plan itself, decoration, background noise, presence of workers and lighting were features thought out in detail so that the veracity of the results remained. Some disruptive actions were implemented throughout the activity so that stress was triggered more easily.

The main method of stress assessment was the co-correlation of EEG patterns in the five existing frequency bands, which allowed quantifying and observing the physiological signs presented by each participant for future perception of the level of stress experienced.

EEG samples were collected according to the International System 10-20 using 8 electrodes from 3 volunteers aged between 20 and 50 years. The established experimental protocol sought to establish base values of the signals of each participant by measuring the signals for about one minute with the same eyes closed, then the responses were measured during the test and at the end of the test, the participants closed their eyes again to normalize values. After the collections, the signals were processed and analyzed. This processing was entirely developed using the Python programming language. A Quiz was performed, and the score values were recorded.

The results of this study indicate that brain activity varies from person to person, since the magnitude of the amplitudes reached by the different participants was heterogeneous. Stimulation of the right hemisphere was observed in one participant, the left hemisphere in the other, and a low signal amplitude was achieved by the third. A higher prevalence of the Gamma frequency band was also observed throughout the process, as expected because it is characteristic of greater cognitive effort. The values obtained in the quiz did not show the state of mind of the participant, serving only as a tool.

**KEYWORDS.** Electroencephalography, Frequency Bands, Emotions, Stress, Quizz, Unity, Python







# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XV
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS .....	XVII
1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1. Enquadramento e pertinência .....	19
1.2. Questão e objetivos de investigação .....	20
1.3. Opções metodológicas.....	21
1.4. Estrutura do trabalho.....	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
2.1. Saúde Mental.....	23
2.1.1. Saúde Mental – o que é? .....	23
2.2. Stress: visão vasta .....	24
2.2.1. Fases de exposição .....	24
2.2.2. Sintomas de stress.....	25
2.2.3. Causas de stress no trabalho .....	27
2.2.4. Escalas de avaliação de stress.....	28
2.2.4.1. Maslach Burnout Inventory.....	28
2.2.4.2. Perceived Stress Scale (PSS) .....	29
2.3. Sistema Nervoso .....	29
2.3.1. Fisiologia do stress.....	30
2.4. Eletroencefalografia.....	31
2.4.1. Processamento .....	34
2.4.2. Reconhecimento de características.....	36
2.4.2.1. Bandas de frequências .....	36
2.4.2.2. Assimetria alfa .....	37
2.5. Realidade virtual .....	37
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO .....	39
3.1. Projeção do Ambiente .....	39
3.2. Eletroencefalograma.....	43
3.2.1. Preparação dos participantes .....	45
3.2.2. Processamento do sinal.....	46
3.2.2.1. Importação de dados.....	47
3.2.3. Interpretação do sinal.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
4.1. Apresentação de resultados .....	51
4.1.1. Sujeito 1.....	51
4.1.2. Sujeito 2.....	60

---

4.1.3. Sujeito 3.....	68
4.2. Discussão de resultados.....	75
5. CONCLUSÃO.....	79
5.1. Conclusões finais.....	79
5.2. Limitações e investigação futura .....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Resposta do SN ao stress e mecanismo de controlo de glicocorticoides. Adaptado de Guyton e Hall (2011) .....	31
Figura 2 - Ilustração da técnica de EEG.....	32
Figura 3 -Principais ritmos de EEG por s. Fonte: Pomer-Escher (2015) .....	33
Figura 4 - Vistas lateral esquerda (A) e superior (B) do SIstema de Posicionamento. Em (C) estão expostos o local e a nomenclatura dos elétrodos de acordo com a padronização 10%. Fonte: Pomer-Escher (2015).....	34
Figura 5 - Zona povoada .....	39
Figura 6 - Zona ausente de estímulos.....	40
Figura 7 - Zona de Convívio.....	40
Figura 8 - Receção .....	41
Figura 9 - Pergunta Quizz .....	41
Figura 10 - Pontuação Final.....	42
Figura 11 - Ecrã inicial.....	42
Figura 12 - Localização elétrodos (a vermelho) e GND (a azul) .....	44
Figura 13 - Logo Gtec Suite.....	45
Figura 14 - Logo Python .....	46
Figura 15 - Carregamento e leitura do arquivo .edf .....	47
Figura 16 - Divisão das bandas de frequência.....	48
Figura 17 - Organização das bandas e aplicação do filtro passa-banda .....	48
Figura 18 - Corte do sinal.....	48
Figura 19 - Plot dos valores obtidos .....	49
Figura 20 - Método "Dupla Banana" .....	49
Figura 21 - Expressão do sinal em cada banda de frequência .....	51
Figura 22 - Dados hemisfério esquerdo instantes iniciais .....	52
Figura 23 - Dados hemisfério direito instantes iniciais.....	53
Figura 24 - Dados centro instantes iniciais.....	53
Figura 25 - Dados hemisfério esquerdo primeiro momento de oscilação.....	54
Figura 26 - Dados hemisfério direito primeiro momento de oscilação .....	54
Figura 27 - Dados hemisfério esquerdo 130s.....	55
Figura 28 - Dados hemisfério direito 130 s .....	55
Figura 29 - Dados hemisfério esquerdo 150 s.....	56
Figura 30 - Dados hemisfério direito 150s .....	56
Figura 31 - Dados hemisfério esquerdo 234s.....	57
Figura 32 - Dados hemisfério direito 234s .....	57
Figura 33 - Dados finais hemisfério esquerdo .....	58
Figura 34 - Dados finais hemisfério direito.....	58
Figura 35 - Dados centro durante teste.....	59
Figura 36 - Dados centro finais .....	59
Figura 37 - Expressão do sinal em cada banda de frequência .....	60
Figura 38 - Dados hemisfério esquerdo instantes iniciais .....	61
Figura 39 - Dados hemisfério direito instantes iniciais.....	61
Figura 40 - Dados centro instantes iniciais.....	62
Figura 41 - Dados hemisfério esquerdo primeiro momento de oscilação.....	62
Figura 42 - Dados hemisfério direito primeiro momento de oscilação .....	63
Figura 43 - Dados hemisfério esquerdo 273s.....	63

---

Figura 44 - Dados hemisfério direito 273 s .....	64
Figura 45 - Dados finais hemisfério esquerdo .....	64
Figura 46 - Dados finais hemisfério direito .....	65
Figura 47 - Dados centro durante primeiro estímulo .....	65
Figura 48 - Dados comportamento normal centro .....	66
Figura 49 - Dados pico centro .....	66
Figura 50 - Dados centro finais .....	67
Figura 51 - Expressão do sinal em cada banda de frequência .....	68
Figura 52 - Dados hemisfério esquerdo instantes iniciais .....	69
Figura 53 - Dados hemisfério direito instantes iniciais .....	69
Figura 54 - Dados centro instantes iniciais .....	70
Figura 55 - Dados hemisfério esquerdo primeiro momento de oscilação .....	70
Figura 56 - Dados hemisfério direito primeiro momento de oscilação .....	71
Figura 57 - Dados hemisfério esquerdo 181s .....	71
Figura 58 - Dados hemisfério direito 181 s .....	72
Figura 59 - Dados hemisfério esquerdo 190 s .....	72
Figura 60 - Dados hemisfério direito 190s .....	73
Figura 61 - Dados finais hemisfério esquerdo .....	73
Figura 62 - Dados finais hemisfério direito .....	74
Figura 63 - Dados centro durante teste .....	74





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 -Efeitos da fase de Esgotamento, Costa (2011).....	25
Tabela 2 - Principais ritmos de EEG. Fonte: Guyton e Hall, 2011.....	33
Tabela 3 - Posicionamento e numeração dos elétrodos .....	44
Tabela 4 - Bibliotecas utilizadas.....	47



## LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

### Lista de Siglas

<b>SIGLA</b>	<b>Descrição</b>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
DGS	Direção Geral da Saúde
ECG	Eletrocardiograma
EEG	Eletroencefalograma
EMG	Eletromiograma
EoG	Eletro-oculograma
EU-OSHA	Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho
MBI – ES	Maslach Burnout Inventory – Educational Survey
MBI – GS	Maslach Burnout Inventory – General Survey
MBI – HSS	Maslach Burnout Inventory – Human Services Survey
OMS	Organização Mundial da Saúde
PSD	Densidade Espectral de Potência
PSS	Perceived Stress Scale
QI	Quociente de Inteligência
SGA	Síndrome Geral de Adaptação
SN	Sistema Nervoso
SNA	Sistema Nervoso Autónomo
TW	Transformada de Wavelet



# 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento de dinamismo e competição no mundo, o stress presente no ambiente de trabalho emergiu como um tópico de grande relevância, suscitando preocupações tanto para o bem-estar dos indivíduos quanto para o desempenho organizacional. A complexa interação entre o stress e o ambiente profissional afeta não só a saúde mental e física dos trabalhadores, mas também representa a possibilidade de haver implicações diretas nas operações e produtividade das empresas. Neste contexto, esta dissertação surge com o objetivo de explorar os impactos do stress no trabalho, uma área que, apesar de extensamente estudada, ainda apresenta nuances não completamente elucidadas.

A justificativa para esta pesquisa fundamenta-se na crescente importância de um ambiente de trabalho saudável, para a performance do indivíduo e para benefício da organização. A literatura atual demonstra a relação intrínseca entre o stress ocupacional, a satisfação no trabalho e o desempenho profissional. No entanto, enquanto muitos estudos têm se concentrado nos efeitos negativos do stress, ainda há uma carência de compreensão profunda sobre os mecanismos subjacentes e as intervenções eficazes.

A metodologia adotada incorpora uma abordagem abrangente e interdisciplinar. A pesquisa começará com uma revisão sistemática da literatura existente sobre stress no trabalho, abordando os principais tópicos e as contribuições atuais. Além disso, será realizada uma pesquisa empírica, que envolverá o recolher e análise de dados de ambientes de trabalho simulados para investigar as relações entre fatores que contribuem para o stress, bem-estar do trabalhador e desempenho organizacional.

A estrutura desta dissertação é delineada para guiar o leitor numa jornada de compreensão, passando de uma visão geral até à investigação específica. Inicialmente, será explorado o conceito de stress no contexto do ambiente de trabalho e a sua crescente importância na sociedade atual. Seguidamente, examinar-se-ão estudos recentes e descobertas que delinearão as complexidades do stress ocupacional em diversos setores. A partir desta base, irá ser abordada a proposta central deste trabalho: analisar a resposta ao stress e o seu impacto na toma de decisões por parte de um indivíduo num ambiente de trabalho simulado.

Esta temática almeja preencher uma lacuna na compreensão da dinâmica entre o stress no trabalho e as suas respetivas implicações para indivíduos e organizações em estudo. Com isto, procurou-se contribuir para o desenvolvimento de estratégias de gestão de stress mais informadas e orientadas a resultados, que possam beneficiar tanto o bem-estar dos trabalhadores quanto o desempenho das organizações num cenário cada vez mais desafiador e competitivo.

## 1.1. Enquadramento e pertinência

Ao stress, tem sido atribuída de forma crescente na linha temporal, uma importância cada vez maior pela mortalidade e reações adversas que dele advêm. A ocorrência do stress não consiste de todo numa novidade ou característica desenvolvida em resposta à necessidade efetiva de responder à pressão por parte da humanidade nos dias quotidianos, mas sim uma inerência ao comportamento humano tão remota quanto a sua existência. Habitados a lutar para sobreviver, já os nossos antepassados mais longínquos necessitavam de produzir uma espécie de resposta quando deparados com uma situação potencialmente perigosa ou que envolvesse qualquer tipo de alteração no seu equilíbrio.

Porém, o conceito de stress não é assim tão linear como parece. Vários foram os investigadores que tentaram explicar as reações orgânicas elaboradas pelo nosso organismo a situações de stress uma vez que a variação de resposta por parte de cada indivíduo era notória, tomando como exemplo os estudos de (Tavares et al., 2020) A diversidade de respostas ao stress consiste num fenómeno fascinante e multifacetado, por exemplo, existem pessoas que lidam bem com o stress ao canalizá-lo como forma de motivação para elaborar tarefas de cariz desafiador e outras que nem tanto. Existem pessoas que começam com uma resposta positiva ao mesmo e depois acabam por ceder, evoluindo para um estado de esgotamento e desgaste, comumente conhecida síndrome de burnout. Este fenómeno exemplifica a complexidade deste tópico uma vez que a perceção e compreensão de apenas os seus efeitos imediatos não é o suficiente devido ao facto de existirem consequências a longo prazo.

A panóplia de comportamentos foi e é evidente e deste modo a compreensão exaustiva do stress tornou-se essencial para o empregador. Os empregadores estão cada vez mais conscientes de que a capacidade de um indivíduo lidar com o stress pode ter um impacto direto no desempenho do mesmo no trabalho. Funcionários que se conseguem gerir e organizar na presença de stress de forma eficaz tendem a ser mais produtivos, criativos e resilientes, contribuindo positivamente para o sucesso da empresa e posterior formação de lucros. Por outro lado, aqueles que não conseguem lidar adequadamente com o stress podem enfrentar dificuldades para realizar as funções a eles atribuídas, prejudicando assim o seu próprio bem-estar e, por extensão, a saúde organizacional da empresa.

A limitação imposta por este comportamento é factual e inegável e por isso muitas empresas têm implementado programas e estratégias para avaliar e medir a resposta ao stress dos seus candidatos. A realização de entrevistas detalhadas, questionários específicos e a análise do histórico de desempenho sob pressão são algumas das abordagens efetuadas que visam não apenas selecionar os candidatos mais adequados para determinadas funções, mas também proporcionar um ambiente de trabalho mais saudável e produtivo, reduzindo os riscos de não comparência e rotatividade de funcionários.

## 1.2. Questão e objetivos de investigação

A relutância evidenciada por parte do mercado de trabalho no momento da contratação de novos funcionários, causada pelo desconhecer das suas respostas quando deparados com pressão por parte dos clientes, pressão por parte da entidade empregadora ou até mesmo pressão incutida pela exigência da própria pessoa, necessita de ser esclarecida de uma vez por todas para que seja notória uma maior facilidade de apresentação de lucros causados pela performance do corpo empregado.

Assim, a principal interrogação a solucionar é manifestada pela pergunta “Num contexto de trabalho será que todo o stress é prejudicial, passível de medição e avaliação psicotécnica para resolução da problemática imposta pelo stress?”

Foi incutido no processo de resolução da presente problemática a conceção de um ambiente de realidade virtual que visa preencher os seguintes objetivos:

- O1. Simulação realística em realidade virtual das instalações físicas de um escritório genérico: Busca por uma familiarização com o futuro ambiente de trabalho por parte do candidato de modo a obter resultados coerentes e o mais aproximados possível dos que seriam obtidos no escritório físico real.
- O2. Definição de um guião de operação dentro do ambiente em estudo: será atribuído um conjunto de tarefas ao candidato com o intuito de o fazer mostrar a sua capacidade de resolução de problemas.

- O3. Definição de elementos ambientais que sejam fatores de indução de stress: é objetivo do presente trabalho induzir stress para que o mesmo possa ser mensurado para futura avaliação. Características como timelines, frequências e sons de fundo e tasks de nível cognitivo elevado serão alguns dos recursos suscetíveis a ser usados.
- O4. Recolha e análise de sinais fisiológicos que possam ser descritores de stress: através do recurso a ferramentas como o EEG. Presentes para medição correta e sistemática de resultados.
- O5. Geração de relatório com da avaliação de stress: para que possa ser tomada uma decisão final congruente as ilações adquiridas com base no desempenho do candidato.

### 1.3. Opções metodológicas

Para realização do presente trabalho foram adotadas diversas opções metodológicas que envolveram uma panóplia de ponto a incidir.

Assim, primeiramente, como método de recolha de dados, irá ser efetuada uma medição de valores emitidos por sinais elétricos cerebrais, obtidos através de eletroencefalografia, devido ao facto de esta técnica apresentar diversas vantagens para a compreensão de emoções como o stress face a abordagens comumente utilizadas como é o exemplo de alguns questionários. A abordagem para compreensão dos resultados obtidos passará por uma vertente quantitativa e não qualitativa obtida através da visualização dos valores obtidos. A amostragem a usar passará por uma escolha aleatória de recursos humanos ao dispor no momento em que serão efetuados os testes. De salientar que a identidade das pessoas que realizem o teste será mantida em sigilo.

Quanto a instrumentos de medição, será somente usado uma espécie de “touca” com oito eléctrodos nela incutidos. O recurso a outros instrumentos passará pelo uso de headphones e computador para análise de dados e simulação da realidade virtual a desenvolver.

Para elaboração de um ambiente de realidade virtual fiel ao ambiente vivido numa empresa no dia a dia, para que ocorra familiarização por parte do individuo com o ambiente, irá ser usada a ferramenta de software *Unity* por apresentar uma facilidade acrescida de processos e de método de aprendizagem.

Irá ser adotada a elaboração de um conjunto pré-definido de perguntas com determinado tempo para realização, de modo a induzir sentido de responsabilidade e pressão no candidato para que o mesmo prove que é capaz de realizar determinadas tarefas que a ele irão ser destinadas em momentos reais de trabalho.

Para efeitos de mensuração da resposta encefálica do participante, esta será efetuada através do recurso a métodos de avaliação cerebral como o EEG.

Após recolha de dados, estes serão tratados de modo que sejam mais perceptíveis para analisar através do uso de filtros.

Após acontecer o tratamento de dados, os mesmos serão comunicados à empresa empregadora para posterior análise e decisão final.

## 1.4. Estrutura do trabalho

Não só do presente tópico é constituído esta dissertação, sendo a mesmo também constituída pelos capítulos do Estado da Arte, pelo capítulo dos Métodos e Aplicação, dos Resultados e Discussão e por fim da Conclusão.

O Estado da Arte foi escrito com o intuito de expor conhecimentos fundamentais articulados a conceitos como o stress, realidade virtual e comportamentos intrínsecos na natureza humana, que por sua vez representam vital importância para uma compreensão abrangente da pesquisa em questão.

Os Métodos e Aplicações abrangem todos os métodos projetados e efetuados durante a elaboração do presente estudo. São descritas as intenções para cada decisão e ação tomada para o correto funcionamento do mesmo.

Os Resultados e Discussão apresenta-se como o capítulo em que são expressos os resultados obtidos e possíveis hipóteses para os mesmos. Refere-se que neste capítulo irão ser analisados os eletroencefalogramas de cada indivíduo obtidos no momento em que o mesmo estava sujeito ao ambiente da realidade virtual criado. Esta análise é elaborada de modo que exista uma correlação com o estado da arte previamente descrito.

A Conclusão apresenta-se como o resumo dos principais resultados. Nela serão discutidas as implicações práticas e teóricas do trabalho em questão, bem como destacadas algumas dificuldades sofridas durante a elaboração da presente dissertação. Salienta-se que no mesmo capítulo também serão apontadas possíveis perspectivas futuras para a continuidade da investigação e ampliação do conhecimento na área em estudo.

Complementam estes capítulos, o Resumo e Abstract, os índices de imagens e tabelas, as Referências Bibliográficas, os apêndices e os Anexos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta como propósito a exploração de conhecimentos fundamentais articulados a conceitos como o stress, realidade virtual e comportamentos intrínsecos na natureza humana, que por sua vez representam vital importância para uma compreensão abrangente da pesquisa em questão.

### 2.1. Saúde Mental

Ao longo dos últimos anos, tem existido uma evidência vasta no que concerne às perturbações psiquiátricas e aos problemas de saúde mental se tornarem a principal causa de incapacidade, de morbidade na sociedade atual, com base nos dados epidemiológicos recolhidos pela (DGS, 2014) Segundo os dados, as perturbações psiquiátricas são causadoras de 40% dos anos vividos com incapacidade, bem como perturbações depressivas se apresentaram como a terceira causa de carga global da doença, estimulando-se que passe para primeiro a nível mundial nos próximos anos (DGS, 2014).

#### 2.1.1. Saúde Mental – o que é?

“Estado de bem-estar no qual um indivíduo percebe as suas próprias habilidades, pode lidar com os stresses quotidianos, pode trabalhar produtivamente e é capaz de contribuir para a sua comunidade” é a definição de saúde mental dada pela Organização Mundial de Saúde (Gaino et al., 2018)

De salientar que a saúde mental é parte integrante da saúde como um todo e representa uma condição básica do normal funcionamento e bem-estar do ser humano. Nesta condição encontra-se latente a suscetibilidade que a definição da mesma pode trazer uma vez que apresenta variância de interpretação em conformidade com o ambiente de educação.

Em contraste com saúde mental, surge o conceito de doença mental que se caracteriza, para (Mackenzie & Kesner, 2016) como “o sofrimento, incapacidade ou morbidade devido a transtornos mentais, neurológicos ou de abuso de substâncias, que podem surgir devido à combinação genética, biológica e psicológica do indivíduo bem como a condições sociais adversas e fatores ambientais”. Neste enquadramento, menciona-se que os distúrbios mentais representam mais de 12% da carga mundial da doença, embora se apresente na ordem dos 23% nos países desenvolvidos, segundo (Xavier, 2013). Estes distúrbios afetam negativamente o estilo de vida, estendendo o seu impacto não só numa ampla prevalência de perturbações psiquiátricas, mas também no início tardio do tratamento psiquiátrico das necessidades apresentadas que afetará significativamente a vida familiar, as redes de suporte emocional e social e o desempenho no emprego, menciona a (DGS, 2013).

Observa-se que em meios laborais, dependentes da organização, da conceção e gestão do trabalho, estes problemas induzem a um aumento do stress e apresentam-se como riscos para posterior deterioração da saúde mental, sendo suscetível a se apresentarem problemas como esgotamento, ansiedade e depressão, segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA) (2014).

## 2.2. Stress: visão vasta

Palavra amplamente usada nos dias correntes, mas originária desde o primórdio da raça humana. Stress, exposto como termo, advém de uma ramificação de verbos com origem latina como *strinxi* cuja tradução consiste em apertar, pelo que o uso de termos como restringir e comprimir adequam-se para explorar um pouco o conceito descrito por (Ribeiro et al., 2019).

Em boa verdade, pelo exagero, recorrentemente usado pela população, o conceito de stress é inúmeras vezes confundido com outros fatores que predispõem stress, mas que em nada a ele são similares e nem sempre o causam. Conceitos como ansiedade, frustração, tensão e depressão apresentam-se como alguns dos exemplos mais comumente associados ao termo de estudo.

Uma gama alta de investigadores e seres pensantes, expressam que a comunidade não dá o devido reconhecimento, valor e preocupação ao stress não obstante o mesmo ser reconhecido como uma das doenças mais predominantes e inquietadoras do século XXI e com evidentes efeitos prejudiciais à saúde.

Passando a uma abordagem mais direta ao ponto, Elizabeth Scott (2022), num dos seus artigos menciona stress como o estímulo que provoca tensão quer física, quer psicológica e quer emocional, aludindo que o mesmo nada mais é que a resposta do nosso organismo a qualquer coisa que requeira atenção ou ação. Já (Villemain & Godon, 2020)) cita o nome de dois investigadores pioneiros e capitais na génese do conceito, Reilly e Cannon. O primeiro refletiu no stress como deveras similar a uma reação do corpo à agressão enquanto o segundo, por sua vez, elaborou trabalhos notórios sobre a emoção no domínio do stress. De salientar a precocidade histórica destes estudos uma vez que se encaixam na década de 20 pelo que a perceção deste conceito não estagnou, mas sim continuou a se desenvolver ainda mais.

Mencionando um pouco mais os estudos de Cannon, é destacado por (de Mendonça Schmidt, 2010), a teoria da homeostasia escrita pelo fisiologista. Foi comprovado que, sendo a homeostase o estado de equilíbrio do corpo humano que preserva o equilíbrio presente nas funções do corpo e garante a sobrevivência e o bem-estar, quando deparado com alterações no mesmo, o organismo humano responde ao mobilizar energia para combater as variações e devolver o corpo ao estado de homeostasia. Esta dita contrarreação é organizada por 2 conjuntos de sistemas fisiológicos, a reação de urgência de Cannon e a Síndrome Geral de Adaptação de Selye. A reação de urgência de Cannon engloba o sistema Hipotálamo-simpático–adrenérgico e já Selye relata a presença do sistema hipotálamo-hipófise-suprarrenal nos seus estudos citados por (Lameira, 2017.).

### 2.2.1. Fases de exposição

Os estudos de Selye sobre a Síndrome Geral de Adaptação não passaram de todo despercebidos na comunidade científica e Tobal (2009) também decidiu aprofundar este conceito e evidenciou que existem três etapas presentes na resposta à SGA, diferenciadas por diferentes níveis de ativação:

- Reação de Alarme – sendo distinguida como a primeira fase de reação ao stress, nesta estão presentes as respostas instintivas do organismo quando deparado com situações stressantes. Dividida num primeiro momento de reação de choque caracterizada por uma hiper-reatividade simpático-adrenérgica seguida de um momento de procura de regresso ao estado de homeostasia.
- Fase de Resistência – fase caracterizada pela manutenção de altos níveis de stress (embora mais baixos que os apresentados na etapa transata) e pela tentativa do organismo se adaptar a estas condições adversas. É ativado o eixo hipotálamo-pituitário-adrenocortical que permite a manutenção de energia e a supressão de funções como a sexual e reprodutiva.

- Fase de Esgotamento – nesta fase existe uma rotura do organismo por falta de energia e recursos necessários para o bom funcionamento do organismo existindo até mesmo a formação de danos irreparáveis e até incluindo efeitos letíferos.

Na sua menção a este estudo (Luísa & Costa, 2011)) apresentam as seguintes ilações dos efeitos vivenciados na fase de esgotamento divididas por carácter cognitivo, motor e fisiológico e expostas na Tabela 1.

<b>Cognitivo</b>	<b>Fisiológico</b>	<b>Motor</b>
- Défice de concentração	- Aumento de catecolaminas, corticosteroides e glicose	- Aumento do número de acidentes
- Défice de memória	- Aumento da frequência cardíaca e da pressão sanguínea	- Consumo de drogas, tabaco e álcool
- Elevada Sensibilidade à crítica	- Sudoração	- Hiperatividade
- Incapacidade de tomar decisões	- Dilatação da pupila	- Impulsividade
- Baixa autoestima		

Tabela 1 -Efeitos da fase de Esgotamento, Costa (2011)

## 2.2.2. Sintomas de stress

Bertrand Russell, declarou uma célebre frase que intriga e faz pensar qualquer pessoa acerca do efeito do trabalho no stress de uma pessoa. “Um dos sintomas de se aproximar de uma crise de nervos é a crença de que o trabalho é incrivelmente importante” leva o leitor a pensar na magnitude e responsabilidade que o trabalho incute em nós ao ponto de nos levar ao ponto de apresentar sintomas de stress.

A resposta de cada individuo às alterações físicas e psicológicas desencadeadas pelo stress, manifestam-se em conformidade com a capacidade exuberada possuída no momento em que as alterações ocorrem. Assim, quer seja causado por trabalho ou fatores externos, vários investigadores dividem o stress e suas manifestações em três grandes categorias, categorizadas por manifestações comportamentais, fisiológicas e psicológicas, descritas da seguinte maneira:

### 1) Manifestações comportamentais:

Estes tipos de manifestações são comumente associados como uma consequência das manifestações do foro psicológico devido ao facto de que, o indivíduo irá exteriorizar este tipo de ações dependendo do grau do seu estado psicológico. Caracterizam-se pela alteração de comportamentos do mesmo.

É falacioso dizer que estes tipos de manifestações são expressos sempre que o individuo apresenta sintomas de stress e que até os mesmo são indicadores certos do mesmo. Segundo (António Neves Pires de Sousa Uva Professor Catedrático et al., n.d.), nem todos comunicamos e expressamos abertamente o nosso estado de espírito pelo que algumas pessoas de certo modo “mascaram” os sentimentos, pensamentos e sintomas vivenciados.

Por sua vez, (Heckman & Mosso, 2014) acreditam que as respostas comportamentais em ambientes de trabalho podem se revelar em maior grau quando existe degradação do papel funcional na organização, em termos de menor desempenho. Alegadamente, estas manifestações expressam-se acentuando valores do número de erros do funcionário, taxa de acidentes de trabalho e algumas alterações são passíveis ao consumo de álcool e estupefacientes no trabalho. Em casos extremos, apresentados em escasso número, alguns comportamentos podem apresentar vertente agressiva e ocorrer atos de roubo ou vandalismo.

Sendo o ser humano um animal social, o stress vivenciado também se exprime através de sintomas psíquicos como alterações de memória, de atenção e até mesmo irritabilidade, nos dados apresentados para a EASHW (2000).

## 2) Manifestações fisiológicas:

Existe uma harmonia formidável entre cada um dos sistemas do organismo humano, pelo que é seguro afirmar que existe uma relação de dependência entre os mesmos. Assim, quando falamos em sintomas fisiológicos, a EASHW (2000) afirma que o stress no trabalho surge intrínseco à disfunção do sistema neuro endócrino e leva à desregulação de funções respiratórias, secretórias e cardiovasculares, sendo o sistema nervoso central e digestivo também afetados em vários casos.

Outras manifestações deste teor consistem em cefaleias, cervicolombalgias, náuseas, epigastralgias, fadiga, suores, dispneia e insónias.

## 3) Manifestações psicológicas:

Para Sacadura-Leite e Uva (2010), todo o ser humano apresenta-se como um ser pensante, pelo que os efeitos psicológicos manifestados por ele são incluídos em alterações nas funções emocional, comportamental e preceptivo-cognitiva, acionados na tentativa de resolução da situação entendida como uma ameaça.

Segundo Costa (1998), o conceito de stress é um pouco redundante. O facto de percebemos que o stress está a ser inculcido e/ou manifestado por cada um de nós, apresenta como consequência uma preocupação acrescida vivenciada da qual advém ainda mais stress e que nos expõe a um *loop* sem término desta emoção. De facto, é possível até mesmo aludir um pouco a célebre citação de Sócrates que refere que quanto mais sabe, menos sabe que sabe, que na minha ótica se enquadra perfeitamente nesta temática.

Como sintomas mais frequentemente mencionados como consequências que dão seguimento ao stress no trabalho apresentam-se a baixa satisfação do empregado, o baixo envolvimento com o trabalho do mesmo, a sentir de um misto de emoções como tensão, ansiedade, depressão, fadiga, frustração, irritabilidade e esgotamento, apresentados nos trabalhos de Cunha e Rego et al. (2006).

### 2.2.3. Causas de stress no trabalho

Embora o stress seja originário desde os primórdios da raça humana, nada indicia que um ser humano já nasça com ele inerente. Todo e qualquer sentimento de stress é causado por algo, quer seja uma ação de nós próprios para conosco mesmos, quer seja por algo que nos tenham feito, quer seja por medo ou preocupação com algo que tenhamos avistado ou presenciado.

A categorização mais citada na comunidade científica como correta para distinção das causas de stress relacionado com trabalho é a elaborada nos estudos efetuados por Cooper and Marshall (1978). Segundo alegações efetuadas por um quadro de renome científico, citado por Melo (2012), e que engloba estudos de Costa (1998), Melo, Rodolfo e Caçoilas (1993) e Hespanhol (2005), existem cinco categorias de diferentes naturezas organizacionais e que são causadoras de stress intrínseco ao trabalho: estrutura e clima organizacional, intrínsecas ao trabalho, papel na organização, progressão de carreira e relações de trabalho, descritas da seguinte forma:

- Estrutura e clima organizacional: causas aglomeram a falta de participação no processo de tomada de decisão empresarial, falha de comunicação efetiva, ausência do sentimento de integração, de participação nas políticas da organização e estilos de liderança, segundo Melo (2012).
- Intrínsecas ao trabalho: subdivididas em dois estilos de fatores referidos por Costa (1998): condições físicas do trabalho e requisitos das tarefas do trabalho. O primeiro consiste na presença de condições inerentes ao ambiente de trabalho como ruído, temperatura, humidade, iluminação, clima e fatores higiénicos. Já no segundo são apresentadas como condicionantes o trabalho por turnos noturnos, a sobrecarga vivenciada no trabalho, a monotonia, a exposição a fatores de risco, exigências demasiado altas, controlo excessivo no processo e *timelines* curtas e de difícil cumprimento. Também são associados os percursos de e para o trabalho, a presença de trânsito excessivo, demoras nos transportes públicos e condições atmosféricas. O *upgrade* das tecnologias usadas também é condicionante pelo risco que apresenta de monotonização do trabalho a realizar.
- Papel na organização: em boa verdade existe a possibilidade da ocorrência de conflito de papel e ambiguidade do mesmo, citados por Melo (2012). Inúmeras são as vezes que um funcionário parece não se “encaixar” no papel que a ele foi destinado, muitas vezes não é claro o papel que o mesmo tem de desempenhar dentro da organização e solicitações de outros membros também podem originar stress. O grau de responsabilidade inculcado em cada individuo também pode ser determinante para a presença de stress uma vez que a cargos com maior tomada de decisão e de monitoramento por parte do chefe, advém uma maior pressão. Melo, Rodolfo e Caçoilas (1993) também mencionam a falta de precisão nas atribuições a cada profissional bem como o não fornecimento de *feedback* ao funcionário acerca da sua *performance* no papel a ele atribuído.
- Progressão de carreira: nesta categoria existem três fatores de stress: promoção excessiva ou insuficiente, falta de segurança ou receio de desemprego e estatuto na carreira profissional. Além dos fatores previamente mencionados, Costa (1998) alega que a renumeração tem um papel preponderante também, mencionando também a existência ou não de prémios monetários.
- Relações de trabalho: o cariz social apresentado pela nossa espécie também pode condicionar a nossa *performance*. Relações inadequadas entre colegas de profissão por interesses e a dificuldade de delegação de responsabilidades podem ser fatores de stress. Uma maneira de moderar estas condicionantes, passa por um modelo de trabalho sólido e coeso, no qual reina um ambiente de confiança interpessoal e comunicação integral, segundo Costa (1998).

## 2.2.4. Escalas de avaliação de stress

Neste ponto a temática relativa ao stress já se encontra mais intrínseca no conhecimento do leitor. Falta, porém, saber se o stress é mensurável. Esta intriga também levou alguns autores a investigarem um pouco mais esta vertente o que resultou numa criação de novas escalas de medição de stress.

Segundo Melo (2012), o recurso a este tipo de escalas permite a estimação com algum rigor do risco inerente ao stress bem como reconhecer os fatores que podem provocar o mesmo. Por norma, o processo de avaliação consiste num simples processo de realização de questões pertinentes com o tópico como: “Sente-se esgotado/a?”. Esta simplicidade leva a que a perceção da existência de sintomas de stress numa pessoa não seja de todo um entrave. Embora resulte para deteção básica do stress, este tipo de questões não permite detetar situações de comportamentos que eventualmente resultarão numa potencial situação mais delicada, na opinião de Cohen, Kamarck e Mermelstein (1983).

Assim, passa-se a expor de seguida algumas das escalas mais conhecidas no estudo do stress.

### 2.2.4.1. Maslach Burnout Inventory

Maslach e Jackson (1981), relatam que em situações de trabalho ativo existe forte possibilidade do aparecimento de *burnout* mais evidenciada em pessoas com problemas físicos ou psíquicos. Segundo os mesmos, o conceito de *burnout* traduz-se numa resposta prolongada aos agentes interpessoais e emocionais crónicos do trabalho e que por sua vez apresenta uma variância significativa de individuo para individuo.

Para os autores previamente mencionados o *burnout* apresenta-se em três dimensões:

- **Despersonalização:** quando a pessoa se distancia do mundo envolvente no que diz respeito à sua relação interpessoal. Para a pessoa, os seus colegas não passam de meros objetos do trabalho e trata-os com indiferença, apresentando insensibilidade emocional em situações de exaustão. Este objeto de estudo foi abordado por Maslach et al. (2001).
- **Exaustão:** no que diz respeito ao burnout é a manifestação predileta do mesmo. Indivíduos com esta condição relatam episódios de aumento emocional com esgotamento dos recursos pessoais. Fatores pessoais e organizacionais conflituosos são o maior cerne das fontes de exaustão. Nesta dimensão ocorre falta de energia e sensação de perda de valor na medida em que nada pode a pessoa oferecer com a sua ajuda, o que influencia a capacidade de relacionamento interpessoal e a *performance* no trabalho, conforme relata Maslach et al. (2001).
- **Eficácia Profissional:** as exigências vivenciadas no ambiente de trabalho que contribuíram para o sentimento de exaustão e despersonalização levam a que a pessoa não acredite em si própria e nas suas capacidades e é induzido um ainda maior sentimento de indiferença. O sentimento de ineficácia acentua a falta de recurso, cinismo e exaustão e propicia uma diminuição das expectativas pessoais e de autoestima para Maslach et al. (2001).

Um nível alto de *burnout* nesta escala é alusivo a valores de pontuação alta nas escalas de despersonalização e exaustão emocional e a um baixo valor pontual na escala de realização pessoal.

Embora exista uma correlação evidente das escalas da exaustão emocional e da despersonalização estas são independentes e a escala da realização pessoal praticamente não apresenta correlação com as previamente mencionadas e está mais relacionada com estratégias de *coping* citadas por Resende (2009) nos seus estudos.

Atualmente, a escala utilizada apresenta 22 itens divididos da seguinte forma: 9 na escala da exaustão, 5 na da despersonalização e 8 na da realização.

Ao longo dos anos foi crescendo o interesse por este tipo de medição e foram criadas ramificações da mesma adaptadas a alguns tipos de profissões como a MBI – HSS para os empregados em serviços humanos, MBI – ES para empregados na área da educação. Maslach et al. (2001) refere então que foi necessária a criação de uma nova versão mais abrangente a outras profissões que não fosse diretamente orientada somente para pessoas. Foi então criada esta nova versão denominada MBI – GS (MBI – General Survey) constituída por 16 itens.

### 2.2.4.2. Perceived Stress Scale (PSS)

Criada por Cohen, Kamarck e Mermelstein (1983), esta escala propõe avaliar as situações do dia a dia em que o indivíduo reconhece stress. Para a equipa de investigadores a classificação de um evento como stressante não parte só do evento em si, mas também da apreciação cognitiva realizada pela pessoa.

Foram produzidas então três escalas, uma com 14 itens, outra com 10 desses 14 e outra com 4 itens segundo alega Ribeiro e Marques (2009).

A constituição de 14 itens na escala unidimensional e cuja nota global é resultado da soma dos valores de cada item é defendida por Cohen, Kamarck e Mermelstein (1983). O preenchimento deste questionário é efetuado numa escala do tipo *likert*, ordinal, de cinco posições que avalia a frequência com que os pensamentos e sentimentos foram vivenciados e as questões são colocadas de modo que sejam de fácil perceção. A codificação deste questionário é efetuada numa escala de 0 a 4 em que 0 representa a opção de “nunca” e 4 a opção de “com muita frequência”. A organização das perguntas está formulada pela positiva, isto é, para chegar ao resultado total é necessário reverter os resultados das questões. Compreende-se então que a uma cotação mais elevada corresponde um maior stress sentido.

Uma das vantagens da PSS é o facto de que esta pode ser ferramenta de recurso para outras escalas de modo a determinar outros fatores indutores de stress, segundo Cohen, Kamarck e Mermelstein (1983).

## 2.3. Sistema Nervoso

Existe uma relação morfológica e funcional entre as diversas partes constituintes do Sistema Nervoso sendo este dividido tendo em consideração critérios anatómicos, embriológicos e funcionais.

Segundo Machado (2005), em termos anatómicos, o SN é constituído pelo Sistema Nervoso Periférico e pelo Sistema Nervoso Central, que está contido dentro do esqueleto axial e formado pela medula espinhal e o encéfalo dividido em cerebelo, tronco encefálico e cérebro. O Telencéfalo e diencefalo formam o cérebro e o mesencéfalo, ponte e bolbo formam o tronco. Já o Sistema Nervoso Periférico, localizado fora do esqueleto axial, é composto pelos nervos, gânglios e terminações nervosas, havendo uma distinção entre nervos cranianos ou espinhais em conformidade com o seu local de origem.

Já Guyton e Hall (2011), defendem que, funcionalmente, o SN pode ser dividido em somático e visceral. O sistema Somático efetua o controlo do relacionamento do organismo com o meio ambiente, possui uma via aferente, que conduz impulsos dos recetores periféricos até aos centros nervosos e uma outra via aferente que realiza a propagação de sinal no sentido contrário ao previamente mencionado. Abordando o Sistema Nervoso Visceral, este inerva e controla as estruturas viscerais, também possui vias aferentes e eferentes sendo que a sua via eferente é denominada Sistema Nervoso Autónomo ramificado em simpático e parassimpático.

É de conhecimento geral que toda e qualquer ação efetuada no organismo humano é proveniente de uma resposta do sistema nervoso a um estímulo elétrico, pelo que, alegadamente, sendo o stress uma resposta do organismo a uma situação de desconforto ou perigosa, este possa ser mensurado através dos sinais elétricos emitidos pelo encéfalo. Assim, outra metodologia de mensuração do grau de stress vivenciado pode passar pelo recurso a ferramentas como o eletroencefalograma (EEG).

### **2.3.1. Fisiologia do stress**

Compreendem-se que as alterações mediadas pelo Sistema Nervoso Autónomo e pelo eixo hipotálamo -hipófise – glândula suprarrenal são incluídas na resposta ao stress.

O processo de resposta inicia-se, pelo SNA, imediatamente após a exposição a um agente que incute stress. Nesta ação são usados os ramos simpático e parassimpático que induzem alterações fisiológicas nos órgãos por eles enervados. Um exemplo deste processo é constituído pelo libertar de noradrenalina nas terminações dos nervos simpáticos e adrenalina libertada devido a processos de estimulação simpática das células da medula da glândula suprarrenal o que provoca um aumento da frequência cardíaca e pressão arterial, segundo Ulrich-Lai e Herman (2009).

Simultaneamente ocorre ativação do eixo hipotálamo -hipófise – glândula suprarrenal e é induzido um aumento dos níveis de glicocorticoides, representados pela hidrocortisona, corticosterona e cortisol (Guyton e Hall, 2011). Segundo Tsigos e Chrousos (2002) esta ativação é controlada por feedback negativo dos glicocorticoides sobre as áreas extra hipotalâmicas, hipotálamo e hipófise. Na Figura 1 encontra-se discriminada a localização das principais áreas cerebrais envolvidas na resposta ao stress.

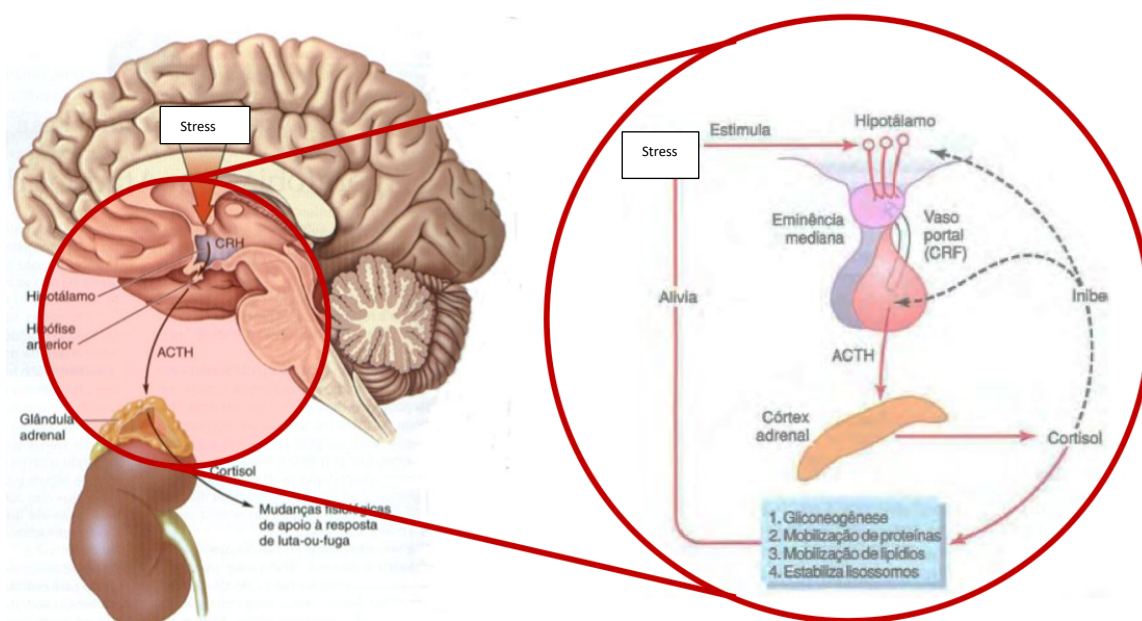


Figura 1 - Resposta do SN ao stress e mecanismo de controle de glicocorticoides. Adaptado de Guyton e Hall (2011)

Ao estabelecer um meio de comparação entre a via do SNA e o eixo hipotálamo -hipófise – glândula suprarrenal, percebe-se que existe uma diminuição de velocidade de resposta por parte do eixo, existindo um pico mensurável dos níveis plasmáticos de glicocorticoides vários minutos após o início da exposição ao stress, alega Brouwer et al. (2011). A compreensão destes fenômenos leva à conclusão que a reação orgânica ao stress, pode variar de apenas alguns milissegundos até mesmo dias

Neurologicamente, o stress induz um efeito ftártico sobre a região pré-frontal medial do córtex ao causar efeitos semelhantes a lesões na mesma, sendo a potencialização de certas emoções como o medo um dos principais efeitos. Tendo em conta esta informação, existe um foco especializado na região frontal direita do cérebro em relação à esquerda, pois é a região associada às emoções, logo correlacionada com o stress para Wang et al. (2009).

Visto que, Hosseini e Khalilzadeh (2010), dizem que existe uma evidência da ocorrência de efeitos estimulados por stress, a análise dos sinais fisiológicos gerados por esses estímulos, ganha notoriedade para compreensão dos processos psicológicos envolvidos na resposta ao stress. A identificação destes efeitos pode então ser efetuada através da monitorização de diferentes biopotenciais emitidos pelo coração, cérebro, músculos e movimento dos olhos. A recolha destes sinais é realizada através de eletrocardiogramas (ECG), eletroencefalogramas (EEG), eletromiogramas (EMG) e eletro-oculogramas (EoG), dizem Webster e Eren (2014).

## 2.4. Eletroencefalografia

Eletroencefalografia é tida como o registo da atividade elétrica cerebral. Em termos históricos, o EEG foi criado em 1924 pelo médico alemão Hans Berger para medição de vestígios de atividade cerebral em seres humanos e, embora exista um upgrade tecnológico temporal utilizado nesta técnica, o princípio básico permanece inalterado.

O eletroencefalograma traduz-se num método de monitorização eletrofisiológico que permite medir as oscilações de tensão elétrica induzidas pela atividade elétrica neurológica gerada a partir de eléctrodos localizados sobre o couro cabeludo. Cada eléctrodo deteta a atividade presente em cada 6 cm<sup>2</sup> de córtex, sendo esta atividade resultante da soma de vários potenciais inibitórios e excitatórios pós-sinápticos, gerados de forma síncrona por um conjunto de neurónios piramidais corticais que se encontram na perpendicular da superfície cortical, segundo Nicolas et al, 2012.

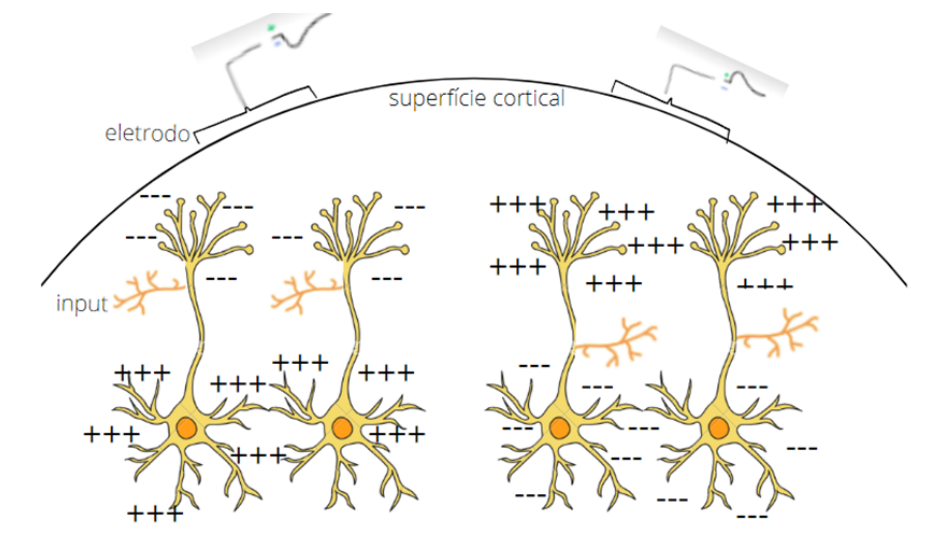


Figura 2 - Ilustração da técnica de EEG

Percebe-se uma maior contribuição das células piramidais para os potenciais de superfície captados no EEG, sendo estas os neurónios excitatórios caracterizados pela sua grande projeção. Sendo o potencial de ação o sinal máximo produzido pelos neurónios, este constitui apenas uma pequena contribuição para os potenciais de superfície, uma vez que a mesma só é significativa quando existe sincronia entre um grande número de neurónios, relata Pomer-Escher (2015). A maior parte do potencial registado passa pelo fluxo de corrente extracelular ligado aos potenciais sinápticos das células piramidais ativadas. Embora os potenciais sejam de reduzido tamanho, a sua soma permite que sejam registados valores pelo EEG, segundo Kandel, Schwartz e Jessel (2000).

O conjunto de medições dos potenciais elétricos entre os pares de eléctrodos colocados no escalpe é o que caracteriza um EEG, sendo que os eléctrodos podem ser colocados diretamente acima da região cortical de interesse, ou aglomerados numa espécie de “touca” para fixação rápida (Gloor, 1985).

O registo destas variações de potencial pode ser dividido em cinco principais bandas de frequência descritas na Tabela 2.

Banda	Frequência	Condições de Ocorrência
<b>Delta</b>	0,5 – 3,5 Hz	Estados de sono profundo e doença cerebral orgânica grave
<b>Teta</b>	3,6 – 7,9 Hz	Crianças e adultos com stress emocional

<b>Alfa</b>	8 – 13 Hz	Adultos acordados e calmos. Atividade cerebral em repouso
<b>Beta</b>	13 – 30 Hz	Pensamentos, concentração e ativação específica das regiões cerebrais
<b>Gama</b>	> 30 Hz	Quando acordado, em momentos de imaginação motora.

Tabela 2 - Principais ritmos de EEG. Fonte: Guyton e Hall, 2011

Seguidamente, está exposta na Figura 3, a representação gráfica característica destes ritmos com as suas frequências e amplitudes.

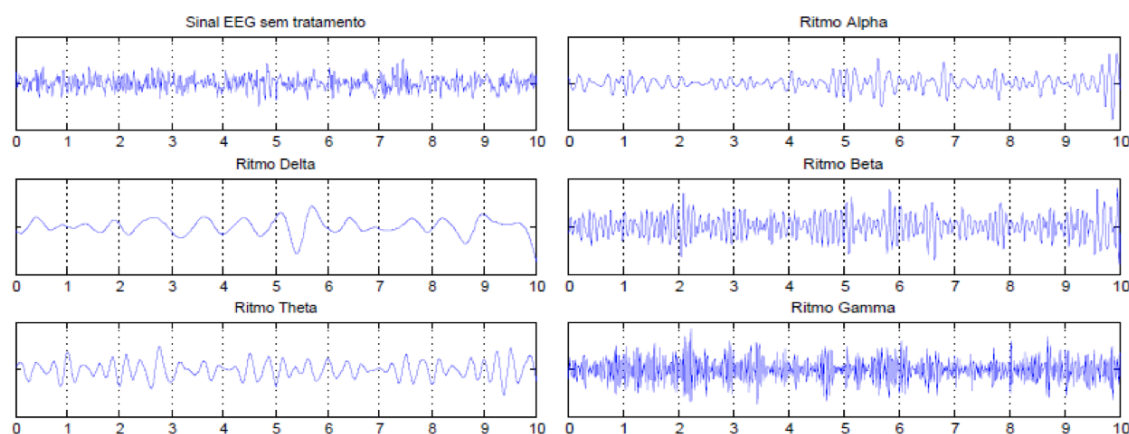


Figura 3 -Principais ritmos de EEG por s. Fonte: Pomer-Escher (2015)

O posicionamento dos elétrodos no escalpe humano levantou inúmeras questões e então foi criado um Sistema Internacional de posicionamento de elétrodos bastante utilizado denominado Sistema 10-20, proposto por Jasper (1958). Este nome deve-se aos percentuais recorridos para determinação exata das posições dos 21 elétrodos baseada no tamanho da cabeça, sendo uma medida variável de 10 a 20%. Existem duas linhas imaginárias, uma vertical e uma horizontal, sendo que a linha vertical liga a região anteroposterior do escalpe à parte posterior do crânio e a horizontal liga os lóbulos das orelhas. (Homan, Herman e Purdy, 1987).

No sistema de distribuição previamente mencionado, cada elétrodo é identificado pela letra correspondente ao lobo cerebral onde se localiza. Os elétrodos na região pré-frontal são denominados com a nomenclatura “FP”, os da região temporal com a letra “T” e os da região occipital com a letra “O”. Os números pares correspondem à parte direita do hemisfério e os números ímpares à parte esquerda, sendo que a letra “Z” refere-se a linha média entre os 2 hemisférios. A distância à linha média apresenta proporcionalidade direta com o número que caracteriza o elétrodo sendo que quanto menor for o número, menor é a distância.

Não obstante, existem ainda mapas com maior resolução sendo o sistema Internacional 10-10 um desses exemplos. Neste caso um mapeamento das zonas de ativação é realizado com mais cautela. Mesmo assim é necessário em todo e qualquer estudo com todo e qualquer sistema fazer uma interpretação cuidada dos dados recolhidos uma vez que estarão sempre presentes variações anatómicas.

Na figura 4 está descrito o posicionamento dos elétrodos no couro cabeludo seguindo o fundamento do sistema previamente mencionado.

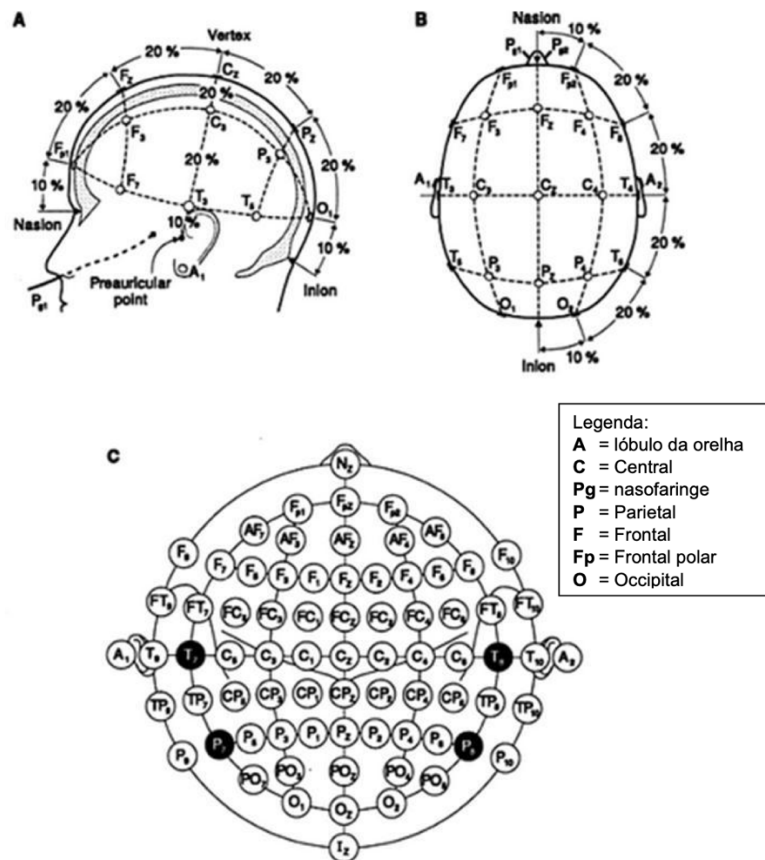


Figura 4 - Vistas lateral esquerda (A) e superior (B) do Sistema de Posicionamento. Em (C) estão expostos o local e a nomenclatura dos elétrodos de acordo com a padronização 10%. Fonte: Pomer-Escher (2015)

Visto que, as flutuações de tensão medidas nos elétrodos apresentam pequena magnitude, os dados são digitalizados e enviados para um amplificador que, por sua vez, aumenta a intensidade dos potenciais elétricos.

O uso sistemático de um mesmo padrão de posicionamento de elétrodo traduz-se num cariz de extrema importância para a padronização dos estudos de EEG elaborados pela sociedade científica, segundo Homan, Hernan e Purdy (1987).

### 2.4.1. Processamento

O processamento efetuado nos dias correntes para o sinal de eletroencefalografia apresenta uma certa diversidade de uso de algoritmos, sendo os principais estilos de processamento baseados na decomposição do sinal. Para execução do cálculo da potência espectral são utilizados métodos como os quadrados da amplitude do EEG filtrado através de um filtro passa-banda, da transformada de Fourier, da densidade de potência espectral ou da transformada de Wavelet, de acordo com Kim et al. (2013).

Na presente dissertação, o método para compreensão do EEG utilizado passa pela análise e divisão da onda em estudo segundo as bandas de frequência e amplitudes características. Salienta-se que cada banda de frequência tem origem em determinada região do cérebro (Galvão et al., 2021) e a análise da potência do sinal nas respectivas bandas de frequência do eletroencefalograma gera informações sobre os diversos estados mentais, o que permite reforçar a ideia de que o uso desta técnica para detecção e avaliação do stress incutido sobre os sujeitos em estudo é adequado.

Geralmente a divisão da onda é repartida em 5 diferentes bandas: Alpha, Beta, Delta, Gamma e Theta que de seguida, serão descritas:

### **Ondas $\delta$ (0,5-3,5 Hz)**

Analicamente falando este tipo de ondas são as que apresentam uma menor frequência, sendo as mais lentas. Este tipo de ondas é mais evidente durante o sono profundo e o coma.

Abordando a estimulação hemisférica do cérebro, este tipo de ondas apresenta maior atividade no lado direito estando ligadas tanto processos inconscientes como sob conscientes. Em termos de localização, estas são encontradas quer no córtex pré-frontal medial como no tálamo. Uma característica interessante sobre as ondas delta passa pelo decréscimo da atividade delta à medida que a idade de um indivíduo aumenta (Abhang et al., 2016).

Problemas como o transtorno do défice de atenção e hiperatividade, dificuldades de aprendizagem e de foco refletem uma demasia deste tipo de ondas.

### **Ondas $\theta$ (3,6-7,9 Hz)**

Quanto às ondas theta por norma as mesmas estão associadas a atividades subconscientes e Estados mentais meditativos e criativos. Estas, normalmente, têm como origem atividades neurológicas no hipocampo e occipital.

Sendo que a exposição a este tipo de ondas ocorre principalmente quando um indivíduo se apresenta completamente inconsciente, a população adulta apresenta pouca atividade quando se encontra desperta.

A associação deste tipo de ondas a fatores como a criatividade reflete no facto de que, quando presentes, o pensamento consciente ser desativado e o hemisfério direito do cérebro apresentar uma maior atividade de ondas com menor frequência.

### **Ondas $\alpha$ (8-13 Hz)**

Associasse a presença de ondas alfa a Estados mentais de relaxamento desperto. Ou uma maneira de produzir este tipo de ondas consiste no fechar total dos olhos o ao suspirar profundo. Por norma, estas ondas são encontradas na região occipital e têm maior expressão em atividades como a meditação. A sua maior predominância encontra-se no hemisfério direito.

Como este tipo de ondas é associado é um estado de espírito mais otimista e com maior facilidade de resolução de problemas, o decréscimo na sua é a expressão na atividade cerebral é causa de comportamentos negativos como a ansiedade e também a vergonha.

### **Ondas $\beta$ (13-30 Hz)**

A estes tipos de ondas está associado um estado mental ativo com protuberância em estados de focada atividade mental do córtex frontal (Abhang et al., 2016). Estados de alerta e foco bem como atividades que englobem pensamento consciente e crítico, tomadas de decisão e pensamento lógico consistem em situações em que a atividade beta está mais envolvida. Como o seu range de frequências é um pouco superior ao das bandas previamente mencionadas, é possível fazer um sistema de classificação do tipo de ondas beta:

- Low Beta (13 - 15 Hz): faixa mais baixa da atividade beta, frequentemente associada a estados de concentração silenciosa e focada.
- Mid Beta (15 – 20 Hz): associada à realização de atividades que envolvam foco numa ação.
- High Beta (20 – 30 Hz): associada a ansiedade, agitação e stress significativo.

### Ondas $\gamma$ (> 30 Hz)

Ao falar de intensa atividade cerebral, cujo objetivo passa pela execução de funções cognitivas e motoras que englobem processos de aprendizagem, tomada de decisão e memória é normalmente associada a banda de frequência gama localizada do córtex somatossensorial. Estímulos visuais, táteis e auditivos também farão com que haja uma predominância deste tipo de ondas na atividade cerebral.

No que toca à sua expressão com limitada magnitude, pessoas que apresentem esta lacuna por norma apresentam dificuldades de aprendizagem, Memória limitada e fraco processamento mental. Por sua vez, pessoas que apresentem uma alta expressão deste tipo de ondas possuem excelente memória e a elas é-lhes atribuído um elevado QI.

## 2.4.2. Reconhecimento de características

No que toca a um sistema de reconhecimento de padrões, a fase de extração de características consiste numa etapa deveras importante, visto que, uma boa escolha de características aumenta a eficiência da classificação o que reduz o tempo de processamento necessário (Pomer-Escher, 2015).

As principais características estatísticas usadas em todo e qualquer sinal fisiológico passam por: média do sinal, desvio padrão e média do valor absoluto das primeira e segunda derivadas da onda. Embora exista uma panóplia de características a usar para análise de EEG, a escolha das mesmas depende em grande parte do objetivo do estudo. No caso do stress, as características frequentemente recorridas são as descritas nos subtópicos seguintes.

### 2.4.2.1 Bandas de frequências

Pelos princípios de Fourier é possível decompor um sinal de EEG em diferentes gamas de frequência uma vez que o mesmo defende que toda a série temporal periódica pode ser dividida numa soma de exponenciais complexas (senos e cossenos).

Uma das transformadas mais utilizadas neste processo consiste na Transformada de Wavelet (TW) que se traduz na seguinte equação:

$$\psi^{a,b}(t) = \frac{1}{|a|^{-2}} * \psi * \left(\frac{t-b}{a}\right), a \neq 0, b \in R$$

É sabido que este tipo de transformada é especialmente eficaz no que toca à análise de sinais não estacionários, que mudam as suas características estatísticas ao longo do tempo. Em termos de

medicina, é seguro afirmar que esta transformada constitui uma alternativa de maior valor aos métodos de Fourier, segundo Goswami e Chan (2011), uma vez que nesta é possível a obtenção do sinal em três dimensões: amplitude, frequência e tempo, ao contrário da de Fourier que funciona melhor para sinais estacionários.

O algoritmo de decomposição do sinal através de TW traduz-se na divisão do mesmo em componentes de menor resolução através de filtros passa-baixo e passa-alto. O resultado desta filtragem varia em conformidade com o filtro usado, sendo o resultado da filtragem passa-baixo os coeficientes de aproximação e o resultado da filtragem passa-alto os coeficientes de detalhe diz Mallat. Esta decomposição fará com que se exibam os estados de frequência desejados para o estudo (alfa, beta, gama e delta).

A análise das informações obtidas com este método pode ser efetuada através da Densidade Espetral de Potência (PSD), que consiste na média do quadrado de um sinal decomposto pela TW, apresentado na equação seguinte. Esta equação expressa o nível de atividade em cada banda de frequência e é amplamente aplicada em estudos de reconhecimento de estados emocionais (Lin et al., 2010).

$$PSD_{freq} = \frac{\sum freq^2}{N}$$

#### 2.4.2.2 Assimetria alfa

Como já foi mencionado, em situações de stress ocorre uma ativação do hemisfério frontal direito. De salientar que, segundo Brouwer et al. (2011), os valores do ritmo alfa são descritos como sendo inversamente proporcionais à ativação das áreas corticais subjacentes o que induz ao pensamento que um aumento da ativação do hemisfério direito causa a diminuição do ritmo alfa nessa zona.

Esta simetria é mensurada através do recurso a uma equação que utiliza os eletrodos esquerdo e direito dos respetivos pares homólogos (Brouwer et al., 2011). O resultado obtido através do recurso a esta equação está inversamente correlacionado com o tipo de emoções, isto é, valores negativos representam um estado emocional positivo devido à ativação do lado esquerdo do hemisfério e diminuição dos valores de ritmo alfa nele contidos. O caso oposto ocorre com os valores positivos uma vez que representam uma maior atividade do lado direito (Pomer-Escher, 2015). A equação está então exposta seguidamente.

$$Assimetria = \frac{(PSD \alpha E - PSD \alpha D)}{PSD \alpha E + PSD \alpha D}$$

### 2.5. Realidade virtual

A realidade virtual submerge o seu utilizador num ambiente artificial, que pode ser completamente fictício ou uma representação do mundo real. Esta experiência envolve não só uma imersão visual, mas também uma imersão auditiva completa. Para alcançar essa imersão, são utilizados dispositivos de realidade virtual, como uns óculos que exibem um ambiente 3D captado pelo olhar do utilizador e que permitem que o mesmo olhe em redor por apresentarem sensores que rastreiam os movimentos da cabeça.

Em boa verdade a realidade virtual remonta já aos tempos da segunda guerra mundial uma vez que teve aplicação militar com o objetivo de simular alguns exercícios de treino. Nos dias recorrentes, esta tecnologia é usada mais numa vertente de *gaming* mas também é útil em tratamentos de doença e reabilitação.

## 3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

Neste capítulo serão abrangidos todos os métodos projetados e efetuados durante a elaboração do presente estudo. Serão descritas as intenções para cada decisão e ação tomada para o correto funcionamento do mesmo.

### 3.1. Projeção do Ambiente

Para a obtenção de resultados num contexto de entrevista de emprego, é fulcral que o indivíduo se sinta parte integradora do ambiente laboral a que se está a candidatar. Assim, foi projetado e desenvolvida, em *Unity*, uma base de um escritório aproximada de um escritório real.

O asset explícito nas próximas figuras foi transferido diretamente da Unity Asset Store e é passível a download através do seguinte link: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/hq-office-258270>

O escritório está dividido nas seguintes zonas:

- Receção;
- Zona de convívio;
- Sala de reunião;
- Zona de trabalho;
- Hall de entrada.

É um facto que nenhum escritório é perfeito. Existem sempre fatores causadores de distrações, de stress e de desconforto. De modo a ir de encontro a estes fatores, foram implementadas diversas *nuances* que dificultassem a vida do indivíduo que estivesse envolvido naquele ambiente virtual.

A primeira *nuance* incutida passou pela simulação de uma zona extremamente povoada em que à medida que o sujeito se fosse aproximando da mesma, iria ouvir barulhos de fundo cada vez mais altos à base somente de falas entre os sujeitos presentes na área.



Figura 5 - Zona povoada

De maneira oposta, pretendeu-se também que existisse uma zona de trabalho mais tranquila e ausente de qualquer tipo de estímulo para que o sujeito perceba que não só de zonas ditas barulhentas é constituído um escritório real.



Figura 6 - Zona ausente de estímulos

Relativamente às restantes áreas previamente mencionadas, é de salientar que as mesmas constituem exemplos meramente ilustrativos de diversas áreas presentes no ambiente de trabalho abrangido e sem utilidade para o estudo em causa. Contudo, para que o leitor se contextualize a 100% com todas as vertentes presentes no ambiente virtual, os espaços em causa serão de seguida ilustrados.

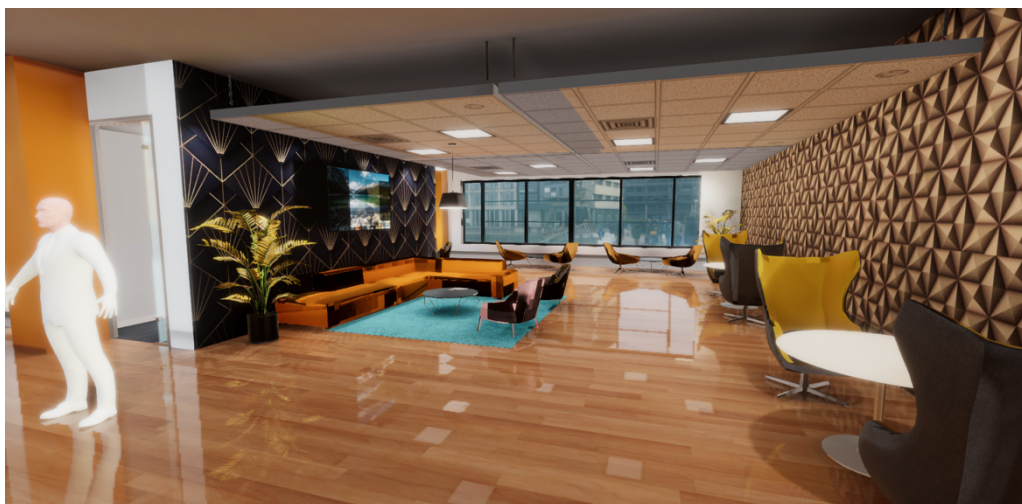


Figura 7 - Zona de Convívio



Figura 8 - Recepção

Visto que, muito dificilmente haveria algum tipo de estímulo cerebral de resposta a somente estas adversidades (não negando, porém, que exista de facto estímulos apenas com estes fatores), foram adotadas e implementadas ainda mais abordagens planejadas para induzir stress ao sujeito.

Primeiramente, foi inserido, como som de fundo, um constante batimento cardíaco de modo a se introduzir um carácter mais dramático à cena a ser jogada. Não sendo efetuada uma pesquisa bibliográfica relativa a esta temática, a decisão de implementar esta característica foi tomada somente com base na opinião do autor.

A não fixação do cursor do rato no centro do ecrã também teve como objetivo dificultar a vida ao utilizador uma vez que dificulta em grande dimensão o deslocamento e manuseamento da personagem fictícia controlada pelo mesmo. Na medida que toca ao deslocamento, é de salientar que este fator contribui para que o mesmo não seja realizado de uma maneira fluída e natural. Relativamente ao manuseamento mencionado, constata-se a necessidade de o utilizador ter de clicar especificamente num ecrã de um computador específico para que possa seguir para a fase seguinte do processo.

Abordando a secção seguinte, caracterizada por o preenchimento de um *quizz*, é seguidamente apresentado um exemplo ilustrativo de uma das perguntas partes integrantes do mesmo.

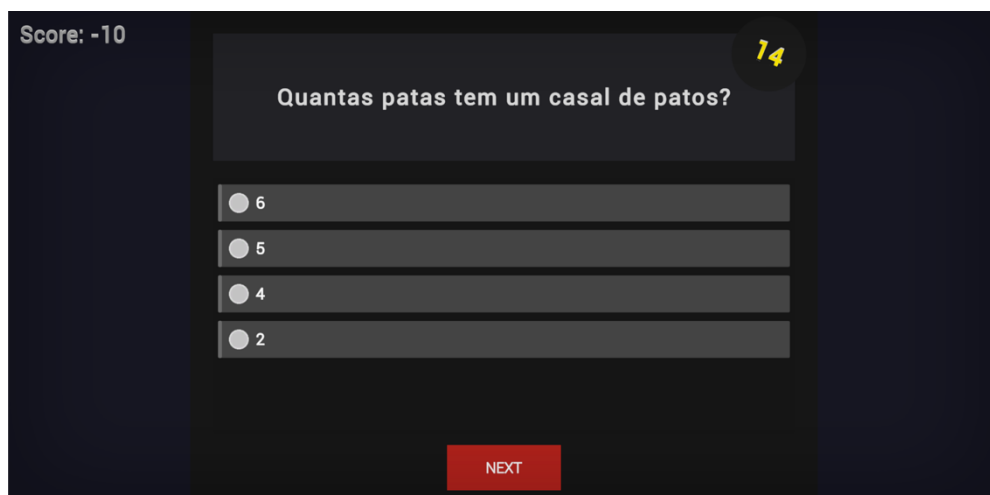


Figura 9 - Pergunta Quizz

O primeiro aspeto a mencionar desta secção passa pelo recurso a duas fontes sonoras completamente distintas. Por um lado, está presente uma música *gaming* de fundo para preenchimento sonoro do questionário. Por outro, foi incutida simultaneamente uma frequência de 500 Hz de fundo de modo a irritar e distrair o sujeito em estudo.

O segundo aspeto a mencionar, consiste na presença de um sistema de pontuação com descontos. A medida adotada serve para causar pressão sobre o utilizador visto que o mesmo pensa que necessitará de uma pontuação mínima para prosseguir com a sua entrevista. O facto de existir um processo de descontos leva a um mais acentuado incremento de pressão ao revés da sua ausência, por motivos óbvios. O questionário termina com a apresentação da pontuação de cada jogador como ilustrado na seguinte figura.

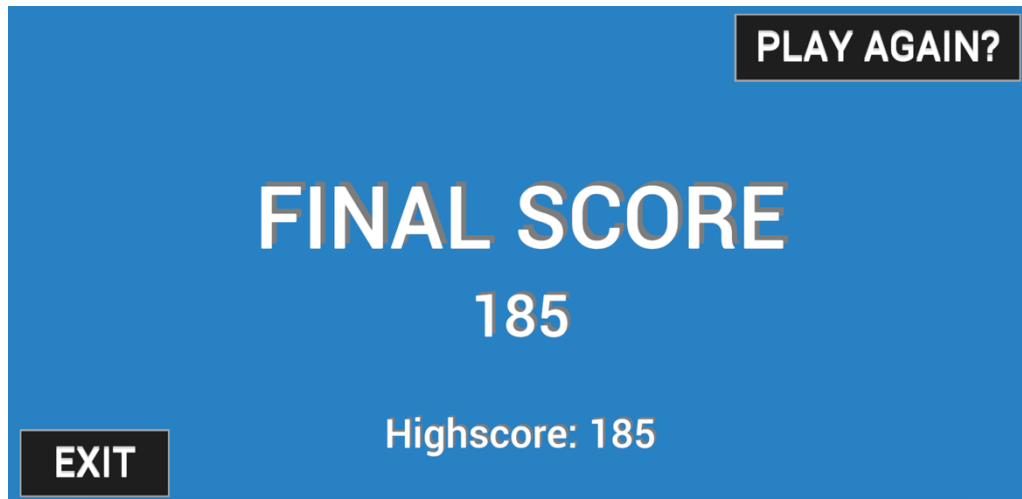


Figura 10 - Pontuação Final

Para afetar ainda mais a estabilidade emocional do sujeito, foi implementado um sistema de temporizadores de intervalos de tempos diferentes (mínimo de 5 segundos e máximo com tempo indeterminado). Para somar a tudo isto quando o temporizador chegava aos 3 segundos, era iniciado um som relativo às tradicionais contagens decrescentes.

Outro aspeto importante abordado neste tópico passa pela aleatoriedade temática das perguntas presentes no questionário. Esta medida foi adotada, primeiramente, porque o autor não quis incidir apenas num setor empresarial, abrindo a possibilidade a que mais setores possam recorrer a este utensílio e por fim, para que o indivíduo seja apanhado de surpresa pelo conteúdo das perguntas o que causa ainda mais instabilidade e nervosismo.

Mencionando agora o início do jogo, foi desenhado um *wallpaper* básico com um botão *start* com uma música *gamer* de fundo de modo que seja possível a preparação do sujeito sem estar logo sujeito aos estímulos incutidos na parte principal do ambiente.

isep

Work Stress

Start

Figura 11 - Ecrã inicial

## 3.2. Eletroencefalograma

O mensurar de sinais vitais do organismo para percepção concreta da resposta do mesmo a fatores de stress pode ser efetuado de diversas maneiras. O recurso a ferramentas como *smartwatches* e telemóveis com sensor de batimento cardíaco podia também ter sido adotado neste estudo uma vez que permitia ao autor analisar as variações dos batimentos que o participante consoante os estímulos a que estivesse sujeito. Outro exemplo de ferramenta a ser usada passa pelo recurso a oxímetros visto que, apesar de não medirem diretamente o stress, medem a saturação de oxigénio e frequência cardíaca do organismo, o que permite que se retirem inúmeras ilações acerca de sentimentos que englobem, por exemplo, a ansiedade.

Para medição concreta da resposta fisiológica dos organismos dos participantes aos estímulos presentes no estudo, foi recorrido ao uso de um eletroencefalograma.

Relativamente à população em estudo, salienta-se que a mesma foi constituída por três elementos com idades a rondar entre os 21 e os 50 anos, sendo que dois dos participantes apresentavam idades semelhantes (cerca de 21 anos) enquanto o restante elemento apresentava idade a rondar os 50 anos.

No que diz respeito ao ambiente em que foram realizadas as medições, constata-se que o mesmo apresentava carácter simplista. Os indivíduos sentaram-se numa cadeira com encosto, a luminosidade era adequada, não havia distrações sonoras ou olfativas que contribuíssem significativamente para que houvesse um desvio fora da normalidade dos resultados obtidos. Outro fator importante a mencionar passa pelo facto que existia uma plateia de cerca de três elementos (também alunos) a assistir e a auxiliar toda a preparação dos testes.

Abordando fatores de cronometração de tempo, refere-se que não foi incutido nenhum sentimento de pressa ou de pressão ao participante no que toca à preparação física e psicológica do mesmo para o que lhe esperava. Este procedimento teve como objetivo a não submissão precoce a fatores que induzam ao stress numa fase prematura dos testes, uma vez que podia provocar alguma incerteza nos valores medidos.

Pediu-se a cada participante que antes de iniciar a sua jornada no ambiente virtual com que se deparava, para que encerrasse os olhos durante cerca de um minuto e que relaxasse ao inspirar e expirar lentamente. Esta decisão teve como princípio o facto de ter em cada medição uma base dos valores ditos normais, isto é, de repouso aparente de cada participante para que efetivamente possam se comparar as diferenças dos valores dos sinais fisiológicos nos diferentes níveis de estimulação.

Procurou-se sobretudo prezar pelo bem-estar de cada elemento, prestar auxílio em qualquer situação com se deparassem e pediu-se a todos os elementos constituintes da plateia que tentassem não interferir em nada durante todo o procedimento, mantendo-se apenas a observar as respostas do companheiro sem nunca comunicarem com ele.

Reforça-se que cada objeto de estudo foi realizado em intervalos de tempo a rondar os cinco minutos a partir do momento em que se deu início à medição dos sinais fisiológicos no EEG.

Para toda e qualquer medição de sinais fisiológicos através do recurso a eletroencefalografia, é considerada boa prática e de fulcral importância a localização dos respetivos elétrodos. Considerou-se correta a distribuição numérica equivalente entre os dois hemisférios cerebrais e foram utilizados oito elétrodos cujas localizações são as seguintes:

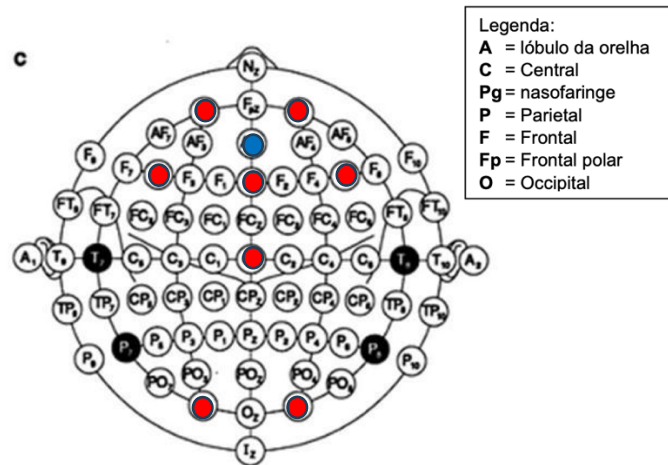


Figura 12 - Localização elétrodos (a vermelho) e GND (a azul)

A implementação equivalente entre os dois lados é sugestiva do equilíbrio existente na atividade cerebral e serve como forma de medir respostas quer emocionais quer racionais.

Esta vertente experimental seguiu um passo a passo de modo a controlar a qualidade dos resultados pretendidos:

- o Deliberação e análise do posicionamento dos 8 elétrodos em uso:

Elétrodo - Posição	Elétrodo – Numeração - Lado
FP1	8 - E
F5	6 - E
O1	3 - E
FP2	4 - D
F6	7 - D
O2	5 - D
FZ	1 - C
CZ	2 - C

Tabela 3 - Posicionamento e numeração dos elétrodos

- o Colocação estratégica dos elétrodos na touca.
- o Colocação da touca no participante.
- o Aplicação de pasta condutora nos pontos previamente decididos de modo que se garanta uma boa condutividade elétrica entra o couro cabeludo e o elétrodo.
- o Calibração e testagem da qualidade dos elétrodos e da impedância envolvida.
- o Iniciar a gravação do teste após garantir que todas as boas práticas previamente mencionadas foram cumpridas.

Para obtenção e leitura dos resultados obtidos foi necessário utilizar um *software* de apoio chamado *GTEC SUITE* que nada mais é do que um mero instrumento para executar experiências de aquisição de dados e processamento em tempo real.



Figura 13 - Logo Gtec Suite

### 3.2.1. Preparação dos participantes

Para elaboração do presente estudo foi seguido um guião previamente estipulado pelo autor de modo que os resultados dos diferentes participantes sejam o mais fidedignos possível e passíveis de comparação justa entre eles.

#### Guião:

- 1) Apresentar o projeto ao participante;
- 2) Pedir permissão para recolha e partilha dos dados fisiológicos adquiridos por EEG;
- 3) Apresentar os fatores envolvidos durante o processo;
- 4) Montar o circuito e equipamento do EEG;
- 5) Verificar a impedância dos eléctrodos;
- 6) Iniciar gravação;
- 7) Comunicar ao participante a intenção de que o mesmo feche os olhos durante 1 minuto para estabilização de valores;
- 8) Iniciar o jogo;
- 9) Terminar o jogo;
- 10) Terminar gravação;
- 11) Guardar Resultados.

Apesar da evidência de que cada pessoa é diferente e que os resultados já por si só iriam sofrer uma variação de pessoa para pessoa, o passo 3 do guião sofreu variações em cada um dos diferentes participantes de modo que exista uma panóplia de resultados possíveis. De salientar que os participantes consistiram em três alunos do mestrado de Engenharia Biomédica e cujas idades rondavam dos 21 anos aos 50 anos.

- 1º participante: no primeiro caso foi dito ao participante que o mesmo iria ser avaliado durante a sua participação no projeto pois haveria uma pontuação mínima a tirar durante o questionário. Não lhe foi indicado qual era o computador que dava acesso direto ao questionário, o que o fez deambular pelo escritório durante um bom espaço de tempo. Foi-lhe também comunicado que caso não tirasse a pontuação mínima no questionário, que iria ter um teste surpresa à cadeira que estava a frequentar. A pontuação mínima lhe foi também comunicada.
- 2º participante: neste caso foi demonstrado ao participante a pontuação do questionário do participante anterior e foi lhe comunicado que haveria um mínimo de pontuação deixando em aberto o que poderia acontecer ou não caso o mínimo não fosse cumprido. Relativamente à questão da localização do computador com o questionário, a mesma permaneceu mistério inicialmente, mas foram sendo dadas dicas ao participante à medida que o tempo passava.

- **3º participante:** não foi dito ao participante que haveria um mínimo de pontuação, apenas que iria influenciar a avaliação da cadeira em causa. Foi-lhe também rapidamente indicada a localização do computador com o questionário. Neste exemplo foi utilizada uma abordagem mais amigável, divertida e dinâmica por parte do autor com o participante.

Outro fator fulcral para a obtenção de dados fiáveis e de qualidade passa pelo controlo do ambiente em que o exame será efetuado. Os fatores que foram tidos em consideração são os seguintes:

- **Conforto:** zelar para que o participante se sinta confortável durante o procedimento.
- **Distrações:** controlar ao máximo estímulos visuais que possam captar a atenção do sujeito e o distrair, o que traria alterações nos resultados pretendidos.
- **Iluminação:** evitar ao máximo oscilações bruscas na iluminação da sala, zelar pela ausência de luzes intensas que ofusquem o participante e também zelar para que haja uma intensidade luminosa correta para que se evitem esforços extra pelo indivíduo.
- **Temperatura:** temperaturas acima da média ou abaixo da média iriam causar distrações e estímulos extra ao cérebro.
- **Ruído:** também por ruídos o participante poderia ser estimulado o que traria como consequência a alteração dos resultados pretendidos.

### 3.2.2. Processamento do sinal

Com apenas a obtenção e leitura dos dados fornecidos pelo acima mencionado *software* seria praticamente impossível tirar alguma ilação acerca do estado comportamental neurológico de cada participante durante os diferentes momentos experimentais. Assim, primeiramente, optou-se por se realizar um processamento de sinal usando a linguagem de programação *Python*.



Figura 14 - Logo Python

Este ambiente de computação numérica permite ao utilizador analisar dados e resolver problemas complexos de engenharia e de sub-ramos como as neurociências e tratamento de dados. A escolha de abordagem neste modelo de linguagem de programação é justificada pela facilidade de aprendizagem e vestalidade apresentada pela mesma no que toca à diversidade de métodos de resolução de problemas para um mesmo caso e no que toca à existência de inúmeras bibliotecas e pacotes que servem como recurso ao utilizador em qualquer etapa do seu estudo.

De seguida irão ser expostas todas as bibliotecas que serviram de auxílio para que fosse possível a realização do presente trabalho. De salientar que não só com estas bibliotecas poderia ser resolvido o presente problema e a escolha das mesmas será seguidamente justificada.

### Bibliotecas:

Nome	Descrição
matplotlib	Usada para a criação de gráficos. Fornece funções que permitem criar gráficos 2D e 3D, gráficos de dispersão e histogramas. É normalmente recorrida para a exibição de gráficos de dados de EEG.
mne	Especializada em EEG, MEG e fNIR. Apresenta ampla gama de recursos que permitem carregar, processar, visualizar e analisar dados. A sua utilização, por norma, traduz-se em filtragem, remoção de artefactos, conectividade cerebral e modelagem de fontes.
numpy	Fundamental para computação científica na presente linguagem de programação. Oferece suporte para <i>arrays</i> , funções matemáticas avançadas, manipulação de dados e operações numéricas eficientes. O armazenamento e manipulação de dados de dados de EEG, bem como o realizar de cálculos matemáticos e estatísticos são características normalmente associadas a esta biblioteca.

Tabela 4 - Bibliotecas utilizadas

### 3.2.2.1 Importação de dados

O recurso às estruturas de dados *MNE-Python* foi planeado de modo a que fosse possível a leitura dos dados guardados em formato *.edf* (*european data format*). Tendo por base o formato de arquivo *.fif* (*functional imaging file format*) da Neuromag, característico desta biblioteca, existem ainda funções de leitura para outros formatos de dados como é o exemplo do *.edf*, que constituiu fator fulcral para a preferência do uso da mesma.

A função `mne.io.read_raw_edf()` serviu como ferramenta para leitura do arquivo usado. Esta função carrega o arquivo *.edf* e lê os dados brutos do arquivo carregado.

```
# Carregar o arquivo EDF
edf_file = "/Users/goncalosantos/Downloads/20231010_Rafael2023.10.10_21.20.48.EDF"
raw = mne.io.read_raw_edf(edf_file, preload=True)
```

Figura 15 - Carregamento e leitura do arquivo *.edf*

A análise e compreensão dos dados obtidos, como referido anteriormente, passará pelo estudo e compreensão das diferentes bandas de frequência que realizam diferentes tarefas e comunicam diferentes sinais entre as regiões do cérebro. Como um aumento de potência numa determinada banda de frequência pode refletir vários processos neuro cognitivos diferentes, pode-se dizer que a atividade em cada banda de frequência é algo inespecífica. O conhecimento das condições em que o EEG foi registado constitui assim, importância crítica para interpretação dessas bandas de frequência.

Para interpretação e divisão dos plots por banda de frequência foi, primeiramente, criada uma divisão dos valores de frequência ao atribuir os valores teóricos arredondados das bandas, como está ilustrado na figura 16.

```
# Parâmetros do filtro
filter_settings = {
    'Delta': (0.5, 4),
    'Theta': (4, 8),
    'Alpha': (8, 13),
    'Beta': (13, 30),
    'Gamma': (30, 100)
}
```

Figura 16 - Divisão das bandas de frequência

Após parametrização dos filtros a usar, prosseguiu-se para a inicialização da figura com a função *plt.figure*. Depois inicializou-se um ciclo *for* de modo a se ordenar cada faixa de frequência por ordem crescente de valores numéricos. A última utilidade deste excerto de código passou pela aplicação de um filtro passa-banda ao sinal EEG em estudo com o recurso à função *filter*.

```
# Inicializar figura
plt.figure(figsize=(12, 10))

k=500

# Plot dos dados EEG filtrados para cada faixa de frequência na ordem desejada
for i, (band, (lowcut, highcut)) in enumerate(filter_settings.items()):
    # Aplica o filtro passa-banda
    raw_temp = raw.copy( )
    raw_temp.filter(lowcut, highcut)
```

Figura 17 - Organização das bandas e aplicação do filtro passa-banda

De modo a obter uma maior precisão e discernimento de leitura dos dados por parte do utilizador, optou-se por se cortar excertos do sinal que possuíam uma amplitude de sinal exagerada, obtida quiçá por estímulos extra atividade que aconteceram tanto nos segundos iniciais de cada medição, tanto nos segundos finais da mesma. O valor de k encontra-se descrito na figura 17.

```
### Obtenção dos dados EEG filtrados
eeg_data, times = raw_temp[:, :]
eeg_data = eeg_data[:, k:-k]
times = times[k:-k]
```

Figura 18 - Corte do sinal

Após todo o procedimento previamente mencionado, chegou então o momento de se dar plot aos gráficos característicos obtidos para cada banda de frequências. Para tal, dividiu-se o *main plot* em cinco *subplots* (um para cada uma das bandas). A atribuição das variáveis a cada eixo foi realizada da seguinte maneira: Os tempos de medição para o eixo dos x's e as amplitudes do sinal para o eixo dos y's.

```
# Criar um subplot para cada faixa de frequência
plt.subplot(5, 1, i + 1)
plt.plot(times, eeg_data.T)
plt.title(f'EEG Filtrado ({band})')
plt.xlabel('Tempo (s)')
plt.ylabel('Amplitude')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

Figura 19 - Plot dos valores obtidos

### 3.2.3. Interpretação do sinal

Outro método utilizado para interpretação e compreensão dos sinais fisiológicos obtidos passou pela interpretação direta dos valores brutos e sem filtragem. Para isso recorreu-se a ferramentas de leitura online de arquivos do tipo .edf.

Esta abordagem foi tida uma vez que a interpretação da atividade neuronal de cada zona do cérebro também ajuda na compreensão do estado de espírito do voluntário. Como sabemos, a estimulação de cada zona do cérebro traduz-se em diferentes comportamentos do indivíduo. Por exemplo, o hemisfério esquerdo está mais ligado ao raciocínio lógico com vertente para resolução de problemas sendo assim analítico, enquanto o lado direito se encontra ligado ao lado emocional, intuitivo e sensorial da pessoa.

Já foi mencionado anteriormente que associa-se stress à estimulação fora do normal da parte frontal do hemisfério direito, pelo que a análise e interpretação de resultados não só pelos hemisférios mas também pela localização do estímulo dentro de cada um, constituiu alta importância para o retirar de ilações por parte de quem interpreta os resultados.

Dentro da comunidade de neurocientistas, é frequentemente utilizado para interpretação de sinal o método da “dupla banana” em que são projetadas imaginariamente duas bananas delineadas com os elétrodos presentes na touca. Esta abordagem tem como objetivo mensurar a resposta de cada hemisfério aos estímulos incutidos durante o estudo. A figura 20 ilustra este método.

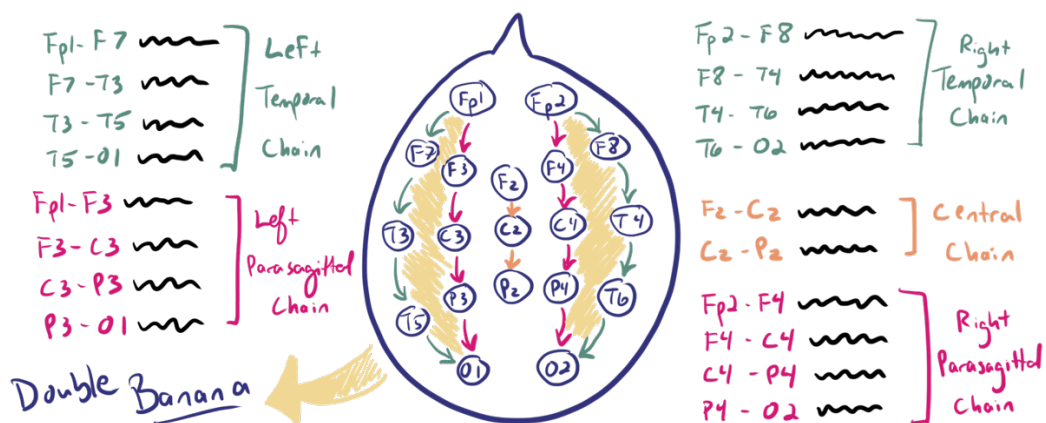


Figura 20 - Método "Dupla Banana"

Visto que, no caso em estudo, foram apenas utilizados oito elétrodos (três no lado esquerdo, três no lado direito e dois no centro), o uso deste método para análise de dados não foi compatível com os recursos apresentados.

Mesmo assim, o método da “dupla banana” surgiu como referência e base a tomar no que toca à interpretação de resultados efetuada. A solução arranjada passou pela numeração de cada elétrodo para reconhecimento futuro, seguida de sequencialização e agrupamento por hemisfério de cada elétrodo.

Assim, a montagem na ferramenta de leitura do ficheiro .edf foi realizada da seguinte maneira:

- **FP1 – F5 – O1:** montagem atribuída ao hemisfério esquerdo do cérebro.
- **FP2 – F6 – O2:** montagem atribuída ao hemisfério direito do cérebro.
- **FZ – CZ:** montagem atribuída ao centro do cérebro.

De salientar que se optou pela conservação do modelo de sequencialização nos dois hemisférios e que a mesma foi efetuada da parte frontal do cérebro para a parte traseira.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em conta todas as etapas apresentadas na metodologia, neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos e possíveis hipóteses para que estes se apresentaram. Serão analisados os gráficos obtidos após tratamento e filtragem em *python* e os gráficos obtidos por leitura direta na ferramenta online.

Na discussão é explorada a interpretação dos resultados, correlacionando-os com o estado da arte existente e, serão apresentadas as conclusões observadas de maneira a entender a relevância deste trabalho e como poderá contribuir para a maior compreensão da área relacionada ao stress.

### 4.1. Apresentação de resultados

#### 4.1.1. Sujeito 1

Após processamento do sinal:

Seguindo a ordem explícita na metodologia desta dissertação, o primeiro gráfico a obter para cada sujeito é o que apresenta o sinal EEG tratado e filtrado através de código.

O gráfico obtido para o primeiro voluntário encontra-se explícito na Figura 21.

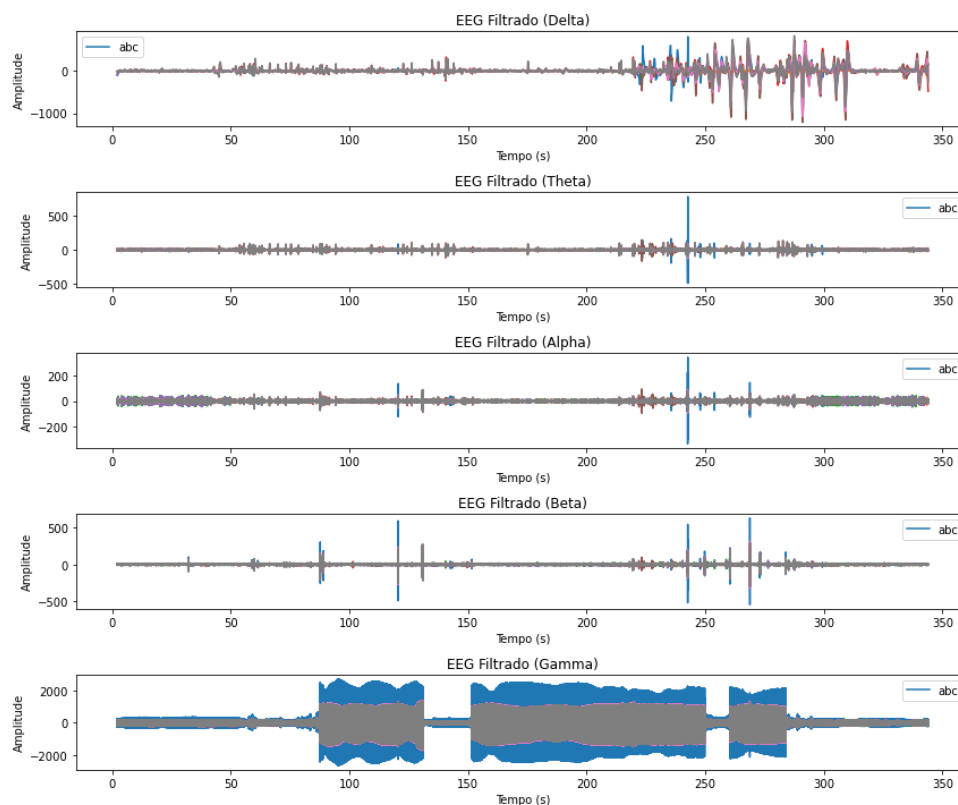


Figura 21 - Expressão do sinal em cada banda de frequência

A partir da análise direta da figura acima, observa-se que durante o primeiro minuto e meio do teste, a banda de frequências que apresenta maior variância de picos é a banda Alpha, que por sua vez é associada a um estado de mente relaxado induzido por um fechar de olhos. Estes resultados vão de encontro com o previsto uma vez que neste intervalo de tempo, o sujeito se encontrava com os olhos fechados. Outra ilação a retirar, consiste na expressão exorbitante da banda de frequência Gamma em relação às restantes. Sendo esta caracterizada por estar envolvida em processos que envolvem um maior esforço cognitivo, declara-se que a sua presença durante praticamente todo o procedimento de olhos abertos era completamente esperada.

A partir dos quatro minutos (240 segundos), o sujeito acabou o teste em causa e voltou a fechar os olhos para normalização de valores. Constata-se um aumento da amplitude da banda de frequências delta em relação às restantes, embora exista um pequeno intervalo de 20/30 segundos em que existam ainda em grande expressão frequências gamma.

### Análise topográfica e de fontes de sinal:

Após obtenção do gráfico com o sinal tratado e dividido entre as várias bandas de frequência, analisaram-se também os gráficos EEG obtidos por leitura direta do arquivo guardado. Todos os gráficos seguintes possuem, quando não especificada, uma gama de amplitude  $\pm 20\mu V$ .

Primeiramente, pretendeu-se analisar o comportamento quer do hemisfério direito, quer do esquerdo e quer do centro no início do teste de modo a ter um valor base que servirá como comparação para com os valores no momento de exposição a estímulos.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

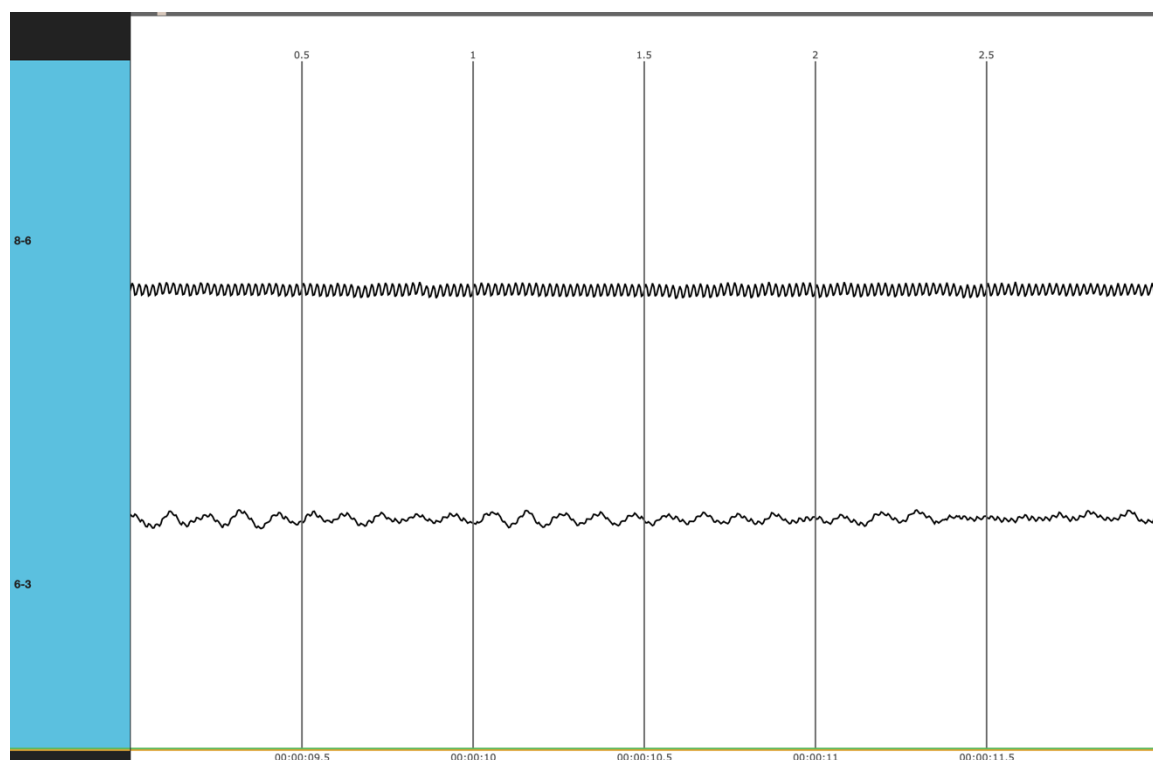


Figura 22 - Dados hemisfério esquerdo instantes iniciais

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

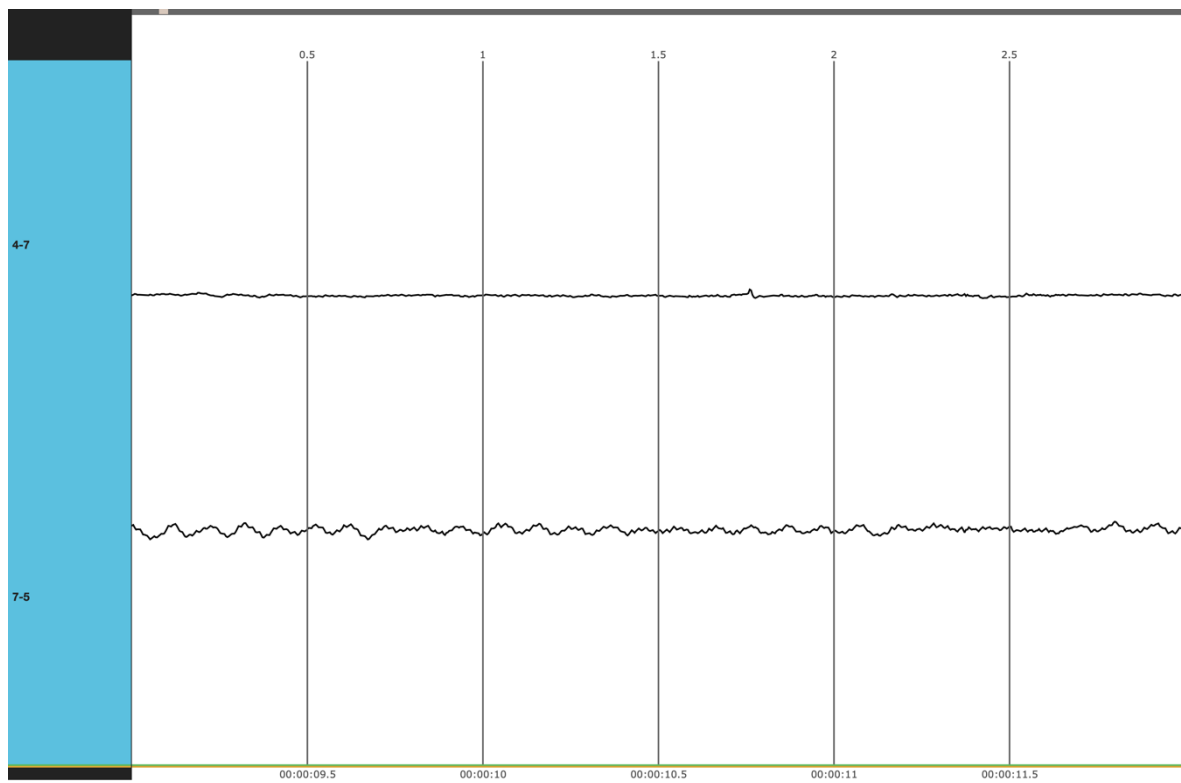


Figura 23 - Dados hemisfério direito instantes iniciais

Por fim, para o centro o gráfico obtido foi o seguinte (escala 100 uV):

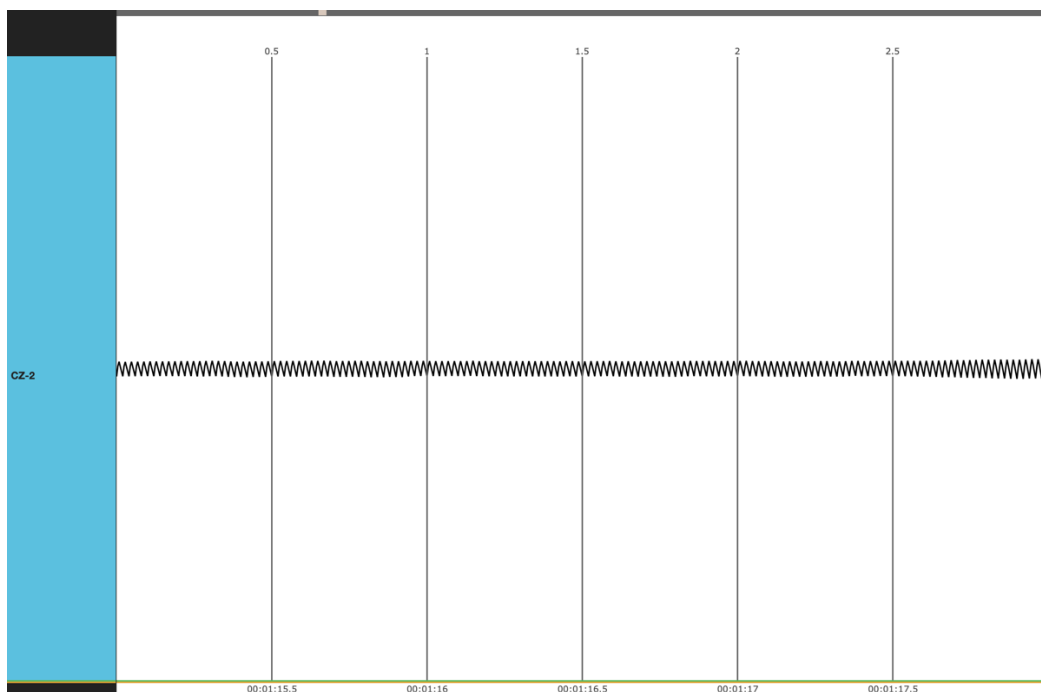


Figura 24 - Dados centro instantes iniciais

Através da análise das três últimas figuras, percebe-se que, de olhos fechados, não existe uma amplitude com alto valor e que a mesma é constante durante todo o intervalo de tempo em que os olhos se encontram fechados.

Após a análise dos instantes iniciais do teste, passou-se para a análise do primeiro momento em que os olhos se encontram abertos. Com base no gráfico do sinal tratado obtido, percebe-se que o primeiro momento em que ocorre uma maior oscilação de amplitude corresponde aos 87 segundos de teste.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

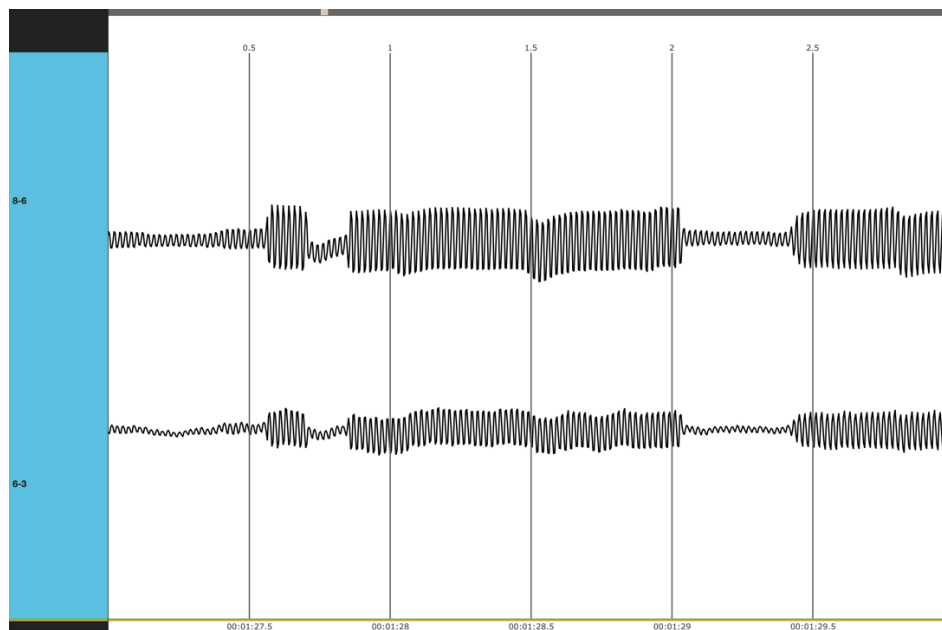


Figura 25 - Dados hemisfério esquerdo primeiro momento de oscilação

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

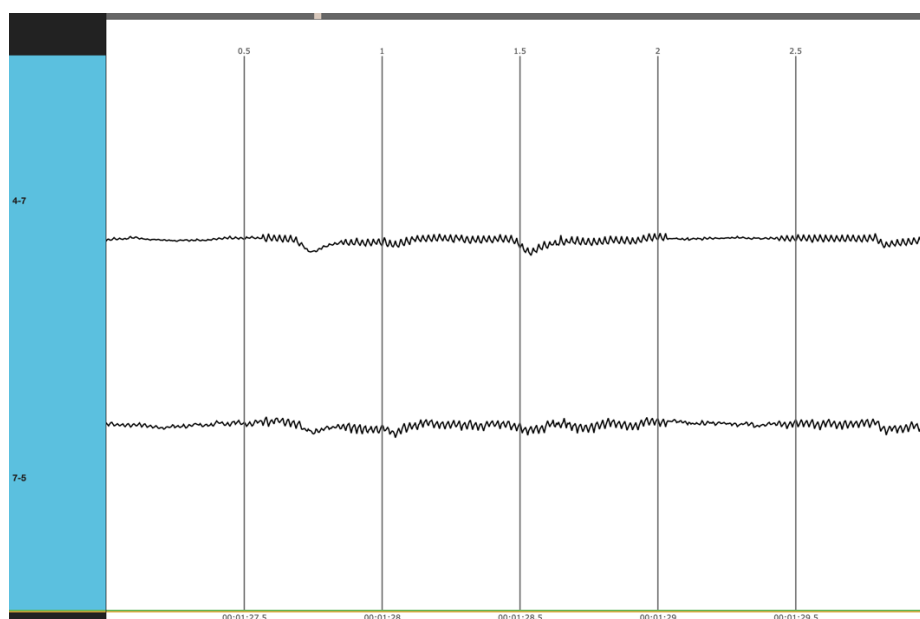


Figura 26 - Dados hemisfério direito primeiro momento de oscilação

Através da análise das duas últimas figuras, percebe-se que, no primeiro momento de estimulação, o hemisfério que apresenta maior atividade é o esquerdo. Observa-se também, com base nos valores de amplitude, que a parte frontal do hemisfério esquerdo é a mais estimulada, ainda que a diferença de amplitude seja mínima para a parte occipital do mesmo hemisfério.

Por volta dos 130 segundos após o início do teste, nota-se uma diminuição brusca na amplitude da banda de frequências Gamma e não crescimento de outra banda. Assim, pretendeu-se também analisar as ondas EEG no início deste momento e no fim.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

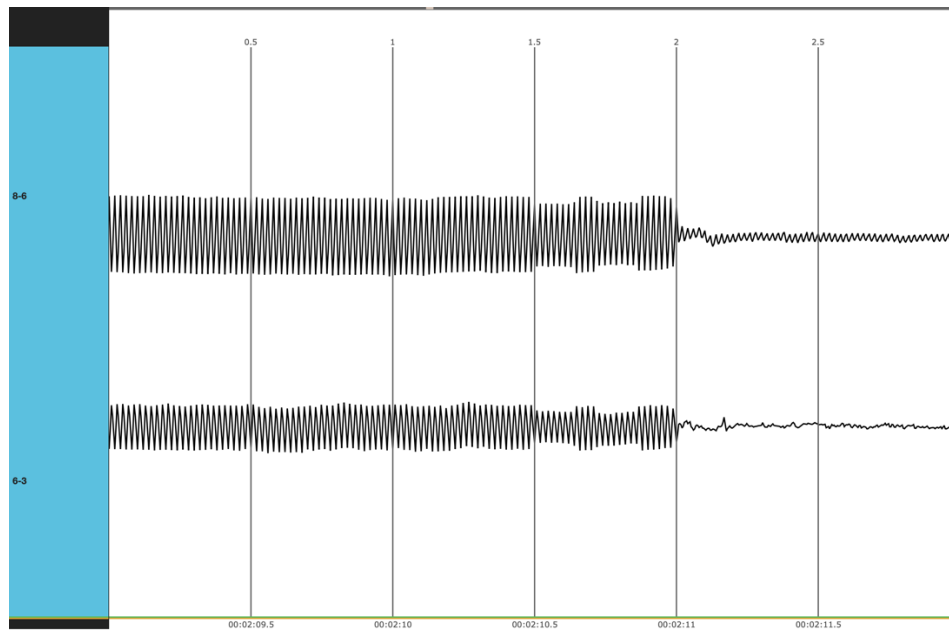


Figura 27 - Dados hemisfério esquerdo 130s

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

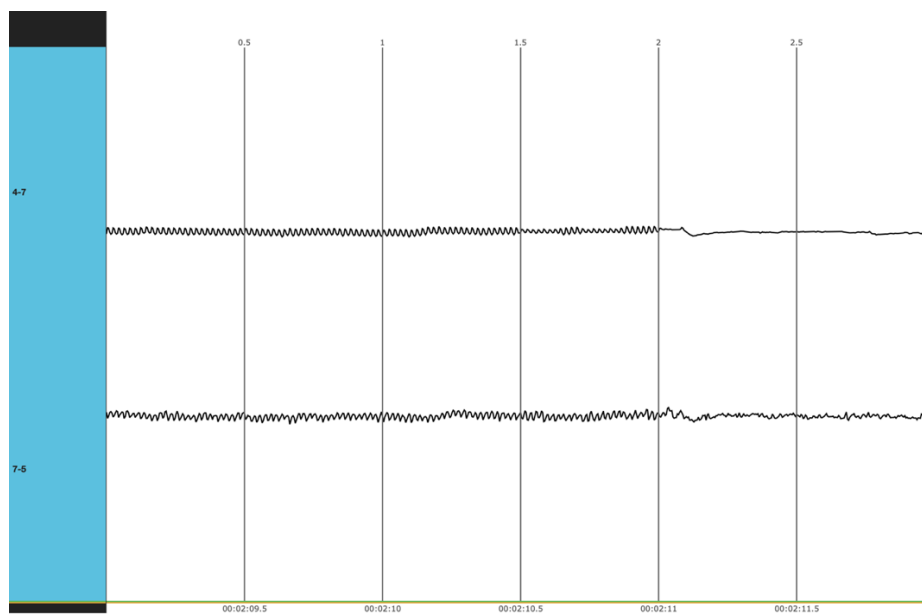


Figura 28 - Dados hemisfério direito 130 s

Constata-se que no hemisfério direito a variação de amplitude é quase nula (embora ainda ocorra). A maior variação ocorre mesmo no hemisfério esquerdo.

Os gráficos relativos ao fim deste período caracterizado pelo decréscimo da amplitude foram também estudados.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

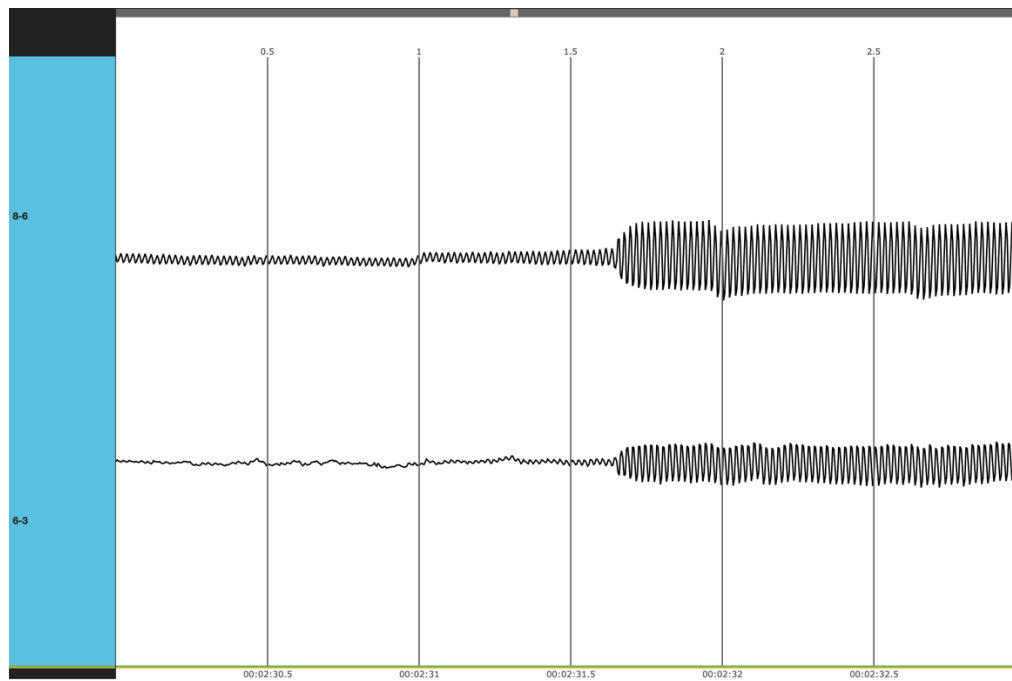


Figura 29 - Dados hemisfério esquerdo 150 s

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

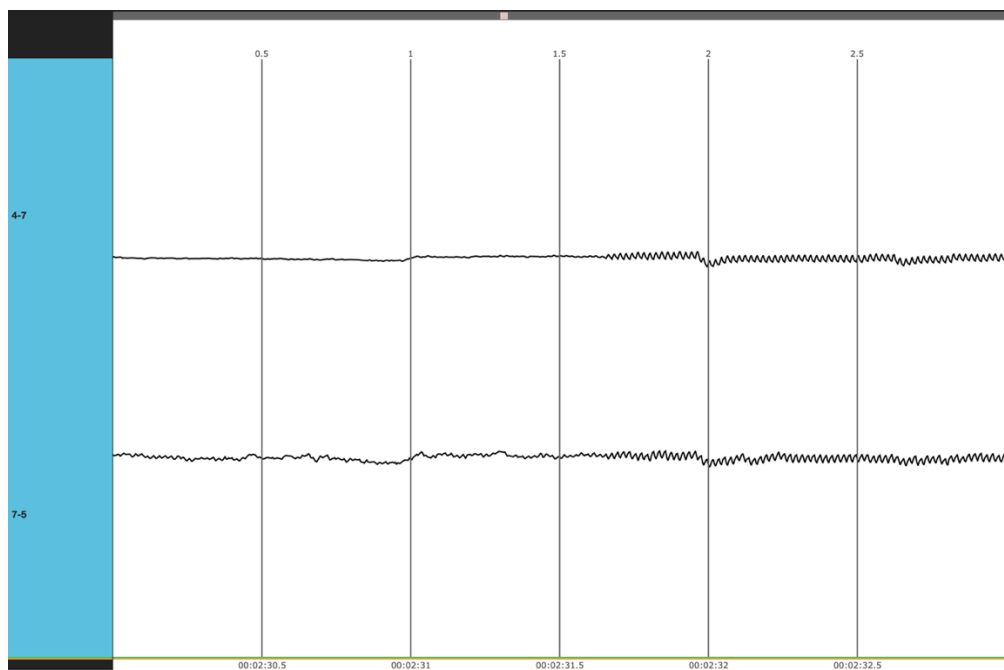


Figura 30 - Dados hemisfério direito 150s

Observou-se um regressar aos valores de amplitude presentes antes da ocorrência deste súbito decréscimo de amplitude.

Por volta dos quatro minutos, como já foi mencionado anteriormente, ocorreu um aumento súbito da banda de frequência Delta e manutenção da banda de frequência Gamma. O comportamento de cada hemisfério também foi analisado neste intervalo.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

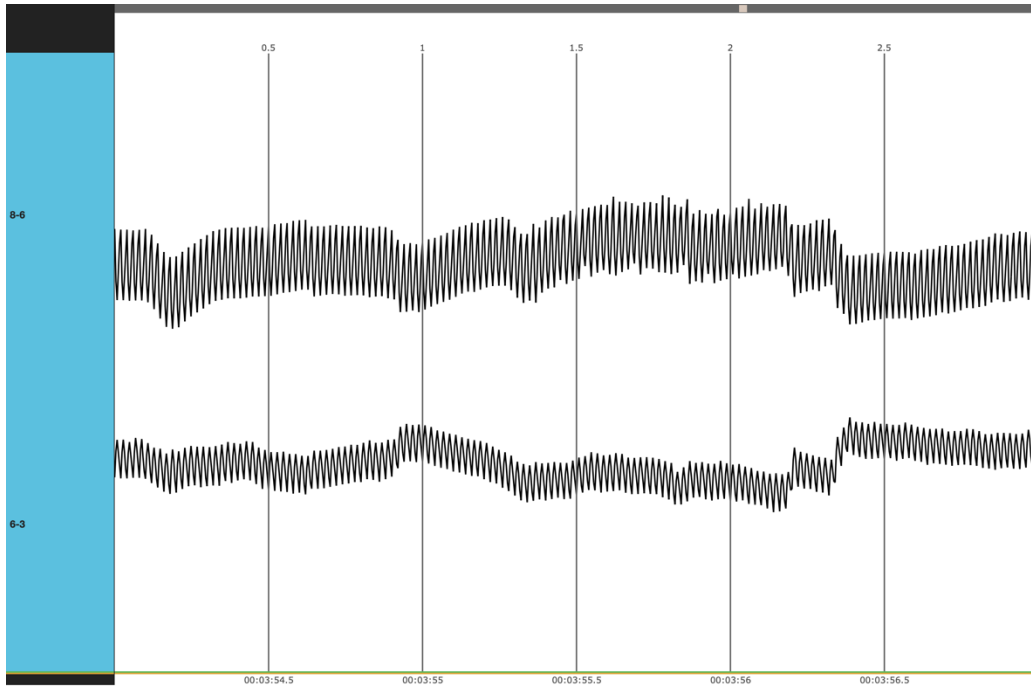


Figura 31 - Dados hemisfério esquerdo 234s

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

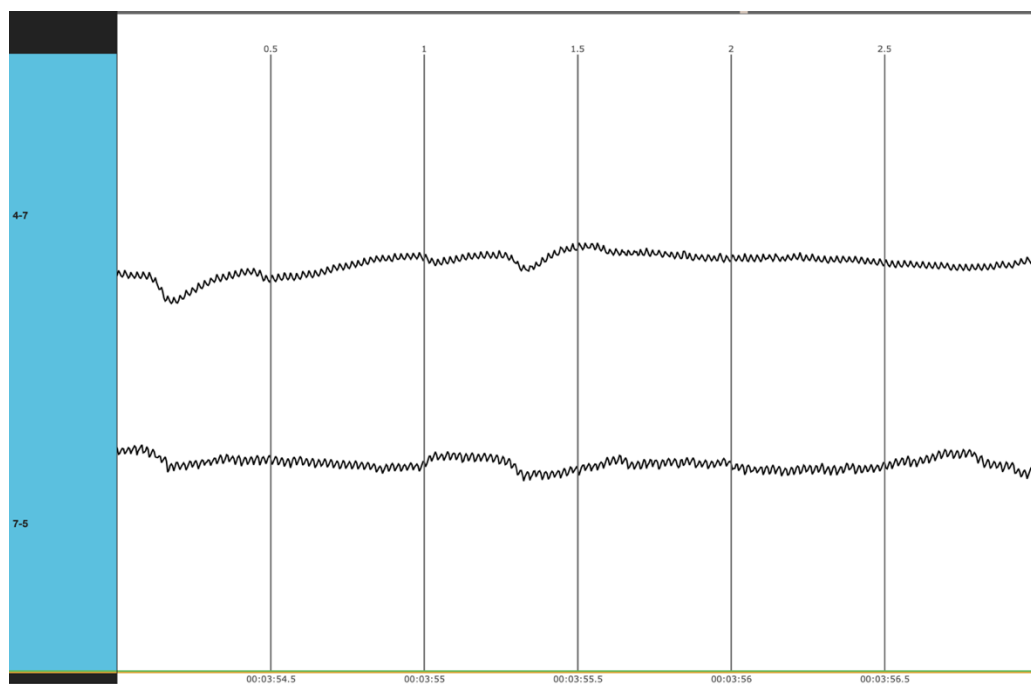


Figura 32 - Dados hemisfério direito 234s

Observa-se um comportamento estranho das ondas, contrariamente com o resto da experiência uma vez que, embora não ocorra variação do valor absoluto da amplitude, é desenhado graficamente uma variação dos valores mínimos e máximos de amplitude, o que anteriormente não acontecia, sendo os valores máximos e mínimos constantes ao longo do tempo.

No final do teste, o participante fechou novamente os olhos e os valores das ondas voltaram aos valores base medidos no início.

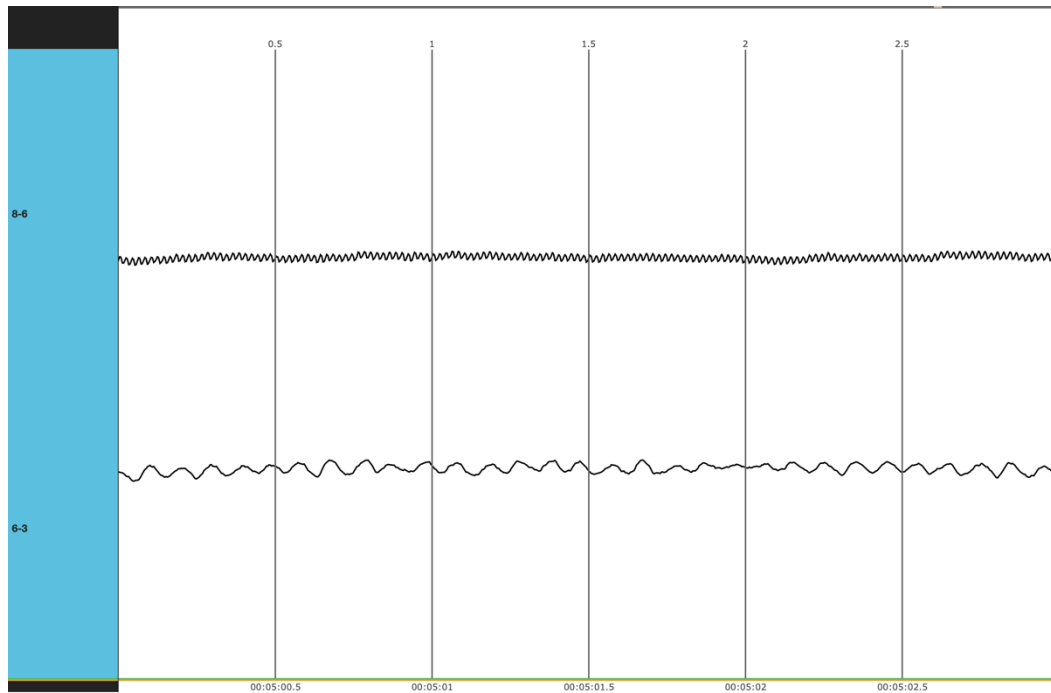


Figura 33 - Dados finais hemisfério esquerdo

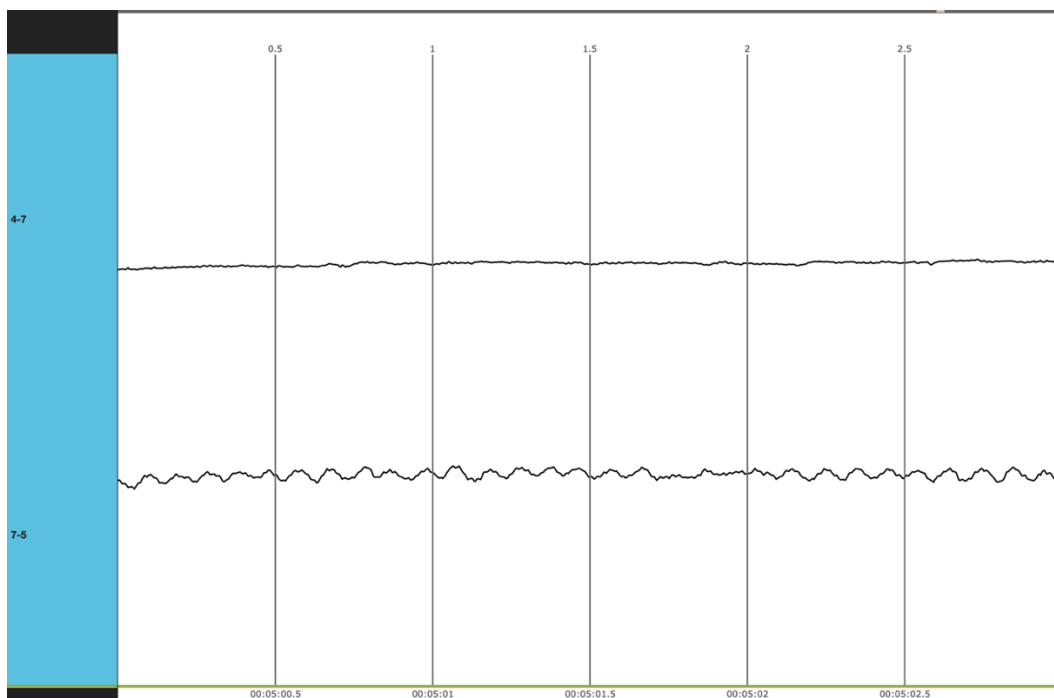


Figura 34 - Dados finais hemisfério direito

Findada a análise do comportamento dos dois hemisférios, passou-se para a análise comportamental do centro do cérebro.

Com base na figura 24, que ilustra o comportamento inicial desta região, as figuras seguintes mostram diferentes comportamentos em conformidade com o estímulo recebido. A figura 35 traduz um momento durante a realização do teste e a figura 36 um momento em que o participante fecha novamente os olhos.

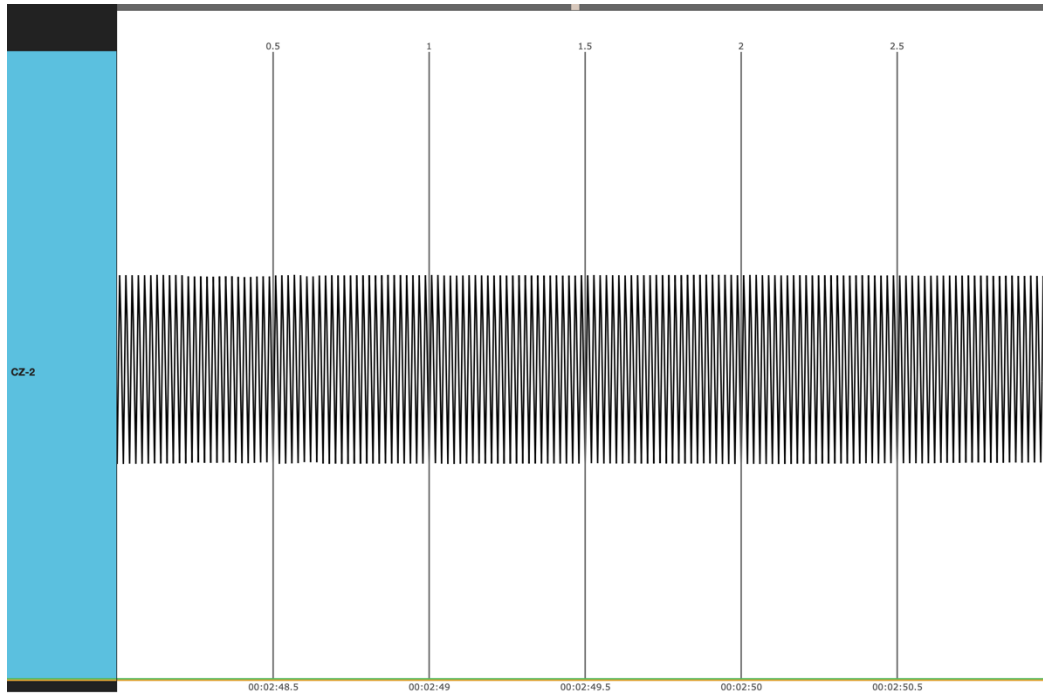


Figura 35 - Dados centro durante teste

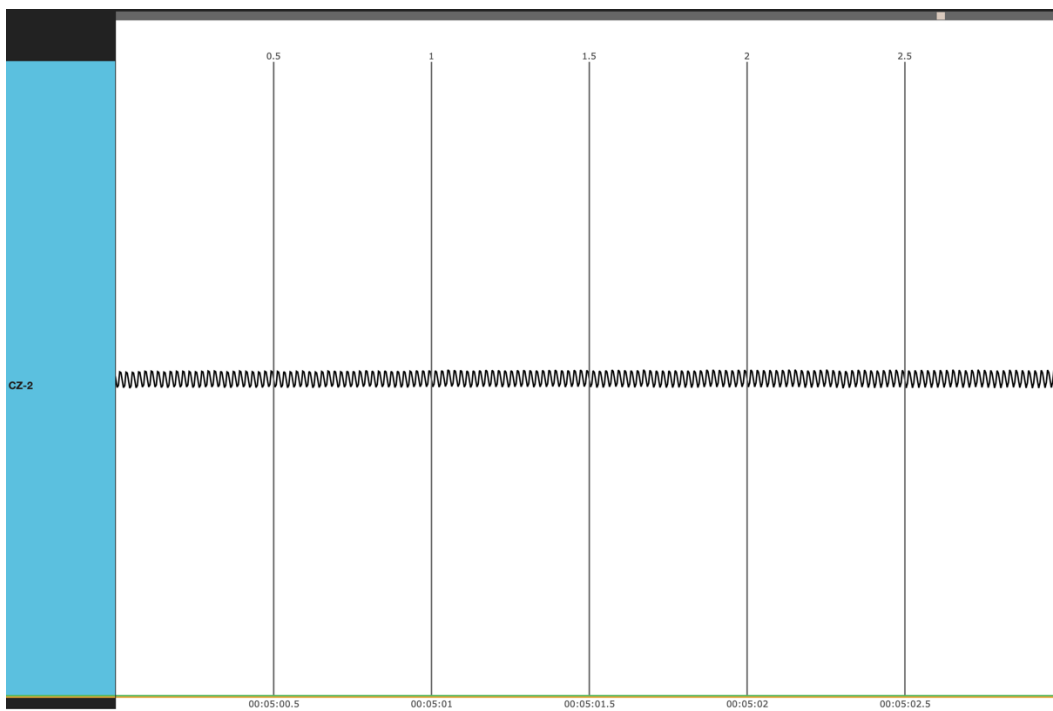


Figura 36 - Dados centro finais

## 4.1.2. Sujeito 2

### Após processamento do sinal:

Seguindo a ordem explícita na metodologia desta dissertação, o primeiro gráfico a obter para cada sujeito é o que apresenta o sinal EEG tratado e filtrado através de código.

O gráfico obtido para o segundo voluntário encontra-se explícito na Figura 37.

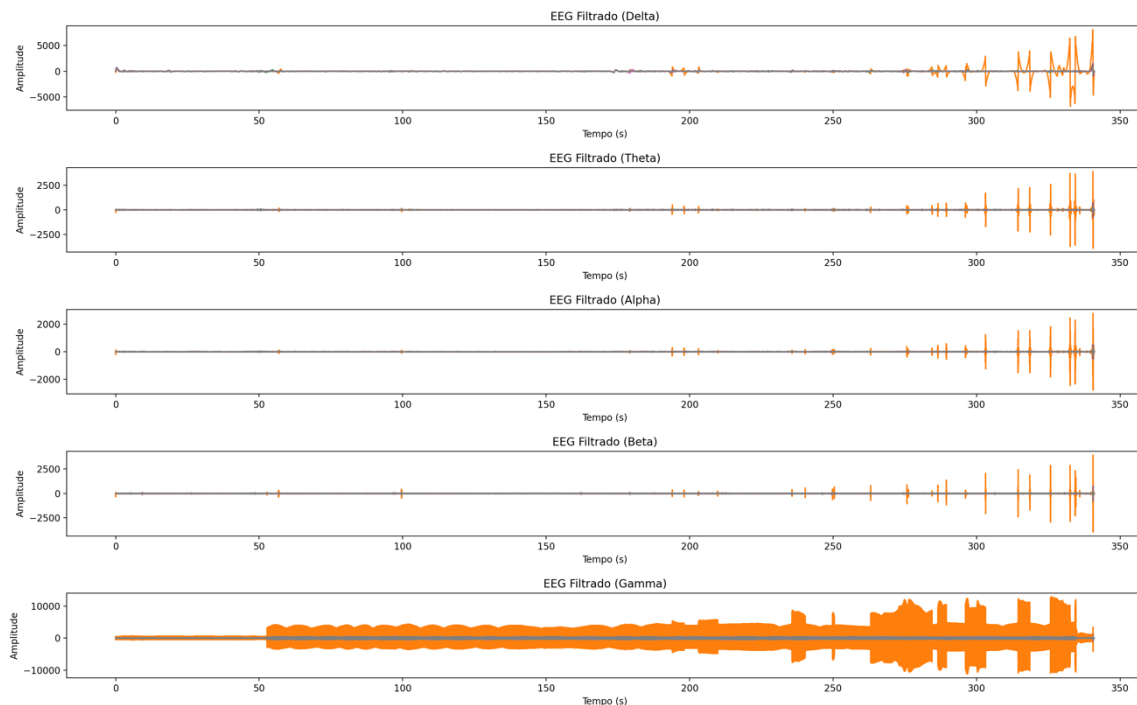


Figura 37 - Expressão do sinal em cada banda de frequência

A partir da análise direta da figura acima, observa-se que durante o primeiro minuto do teste, a banda de frequências que apresenta maior variância de picos é a banda Gamma, que por sua vez está envolvida em processos que envolvem um maior esforço cognitivo. Estes resultados não vão de encontro com o previsto uma vez que neste intervalo de tempo, o sujeito se encontrava com os olhos fechados sem realizar algum esforço cognitivo. Outra ilação a retirar, consiste na expressão exorbitante da banda de frequência Gamma em relação às restantes durante toda a atividade, o que vai de encontro com o esperado uma vez que o participante fez um maior esforço cognitivo durante o intervalo de tempo em que esteve de olhos abertos a realizar todas as tarefas propostas.

Por lacuna do escritor desta dissertação, neste caso não foi medido o sinal com os olhos fechados após terminar o jogo em questão.

### Leitura direta do sinal:

Após obtenção do gráfico com o sinal tratado e dividido entre as várias bandas de frequência, analisaram-se também os gráficos EEG obtidos por leitura direta do arquivo guardado.

Primeiramente, pretendeu-se analisar o comportamento quer do hemisfério direito, quer do esquerdo e quer do centro no início do teste de modo a ter um valor base que servirá como comparação para com os valores no momento de exposição a estímulos.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

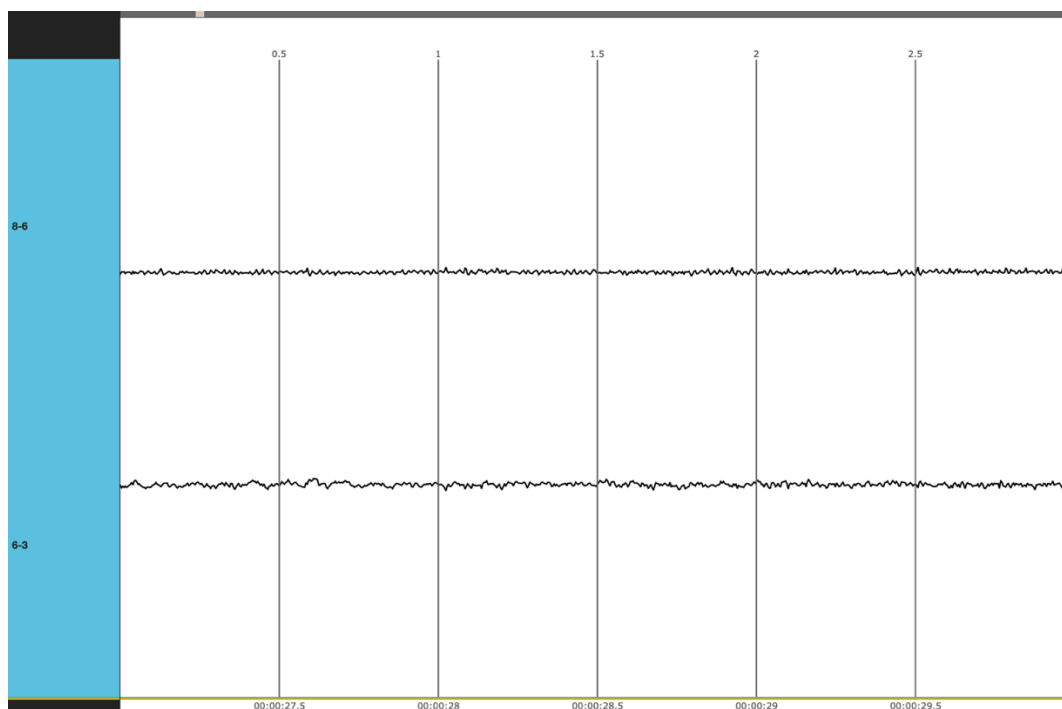


Figura 38 - Dados hemisfério esquerdo instantes iniciais

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

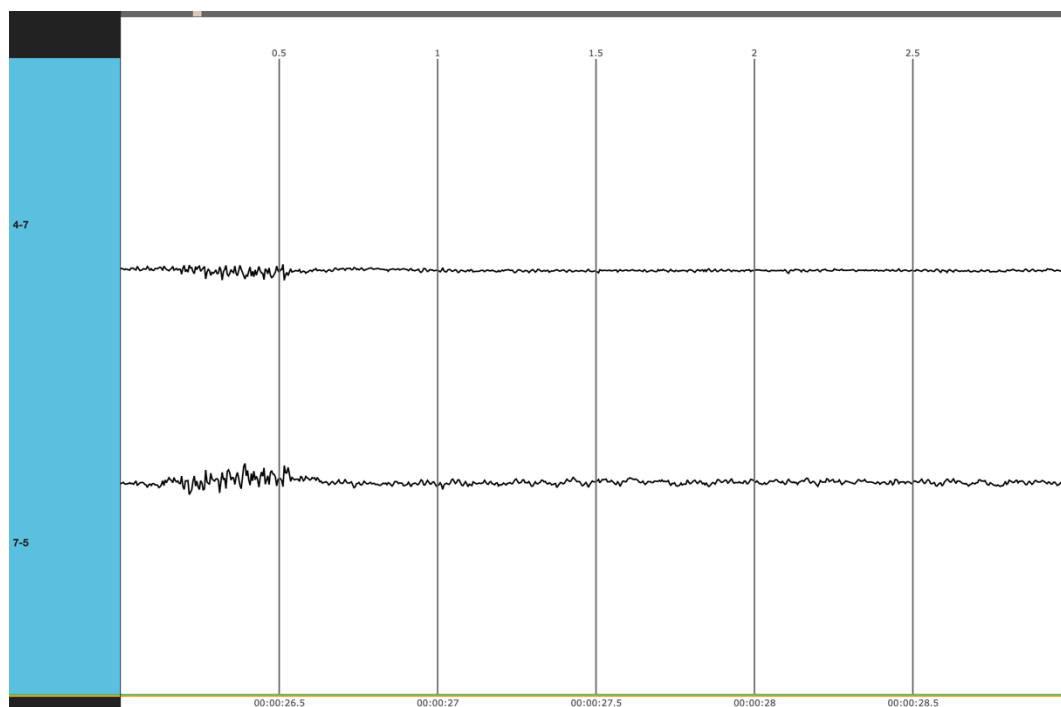


Figura 39 - Dados hemisfério direito instantes iniciais

Por fim, para o centro o gráfico obtido foi o seguinte (escala 100 uV):

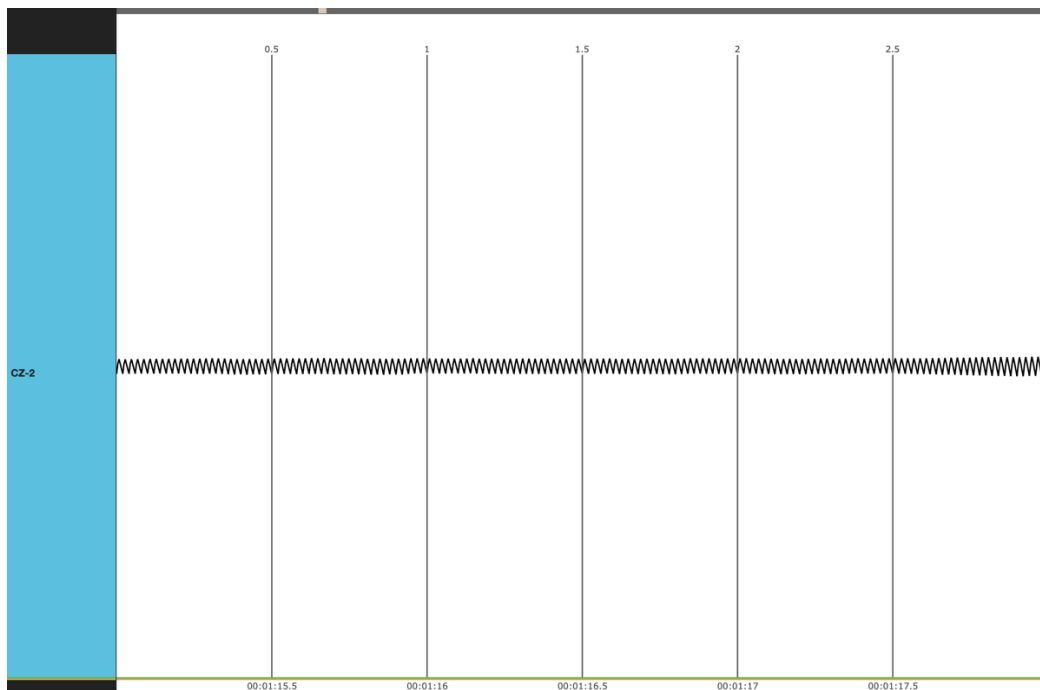


Figura 40 - Dados centro instantes iniciais

Através da análise das três últimas figuras, percebe-se que, de olhos fechados, não existe uma amplitude com alto valor e que a mesma é constante durante todo o intervalo de tempo em que os olhos se encontram fechados.

Após a análise dos instantes iniciais do teste, passou-se para a análise do primeiro momento em que os olhos se encontram abertos. Com base no gráfico do sinal tratado obtido, percebe-se que o primeiro momento em que ocorre uma maior oscilação de amplitude corresponde aos 52 segundos de teste.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

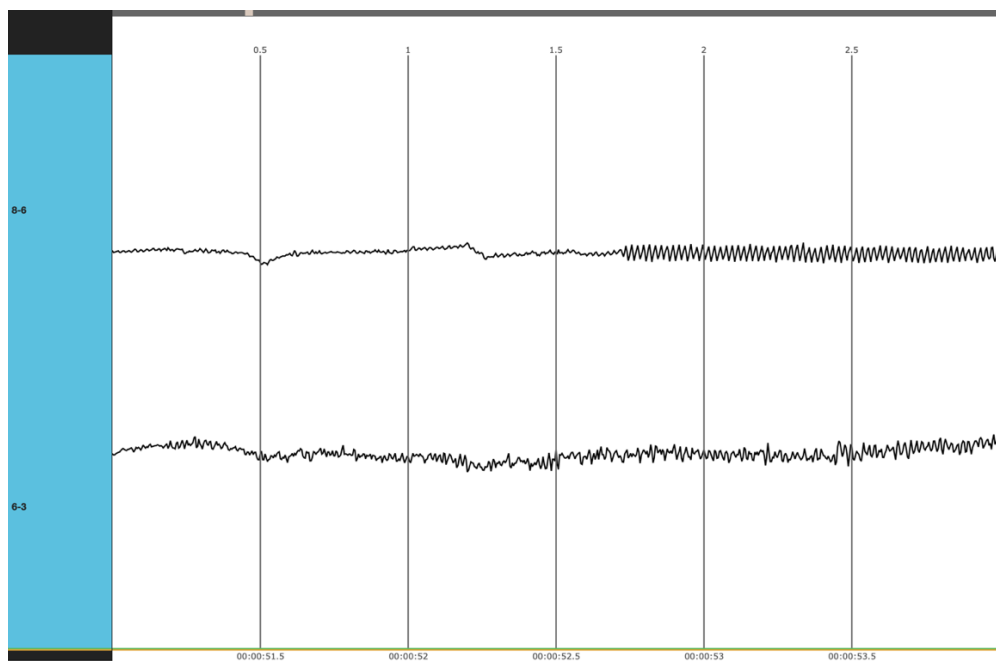


Figura 41 - Dados hemisfério esquerdo primeiro momento de oscilação

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

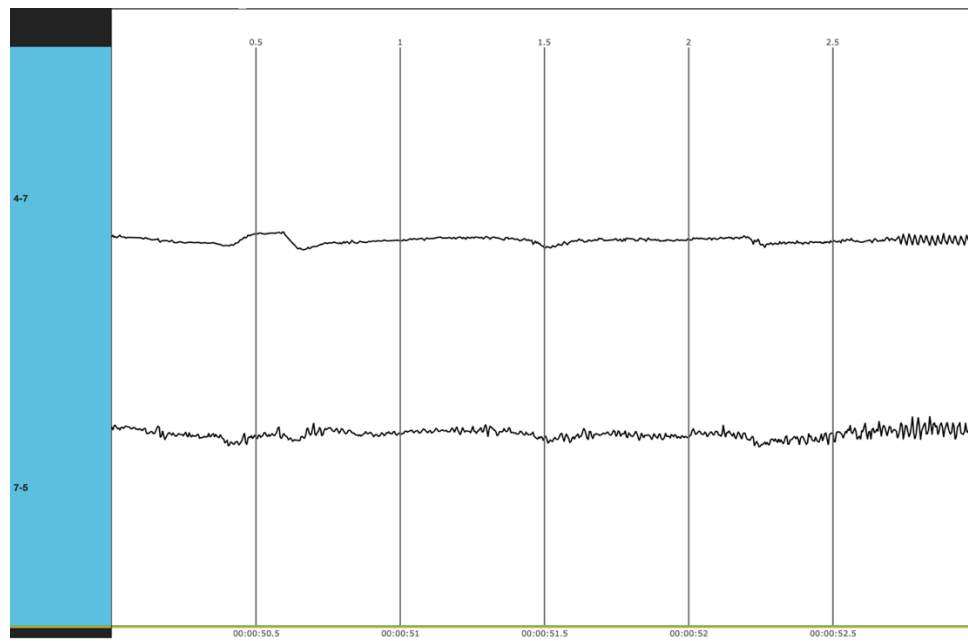


Figura 42 - Dados hemisfério direito primeiro momento de oscilação

Através da análise das duas últimas figuras, percebe-se que, no primeiro momento de estimulação, o hemisfério que apresenta maior atividade é o esquerdo embora os valores de amplitude sejam muito semelhantes e mínimos em ambos os hemisférios. Observa-se também, com base nos valores de amplitude, que a parte occipital do hemisfério direito é a mais estimulada, ainda que a diferença de amplitude seja mínima para a parte frontal e occipital do hemisfério esquerdo.

Por volta dos 270 segundos após o início do teste, nota-se um máximo na amplitude da banda de frequências Gamma atingido. Assim, pretendeu-se também analisar as ondas EEG no início deste momento.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

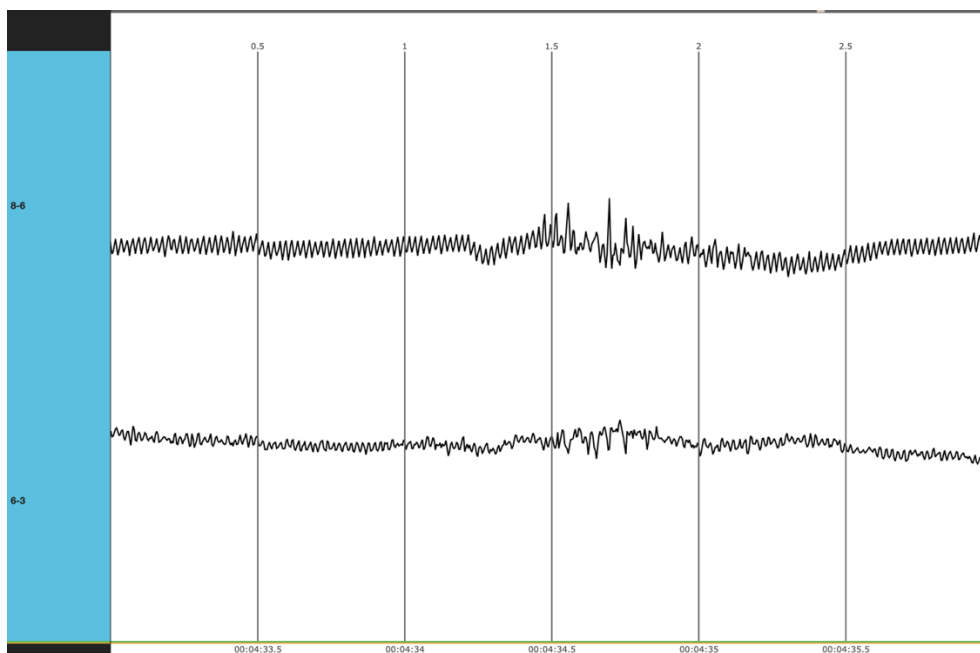


Figura 43 - Dados hemisfério esquerdo 273s

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

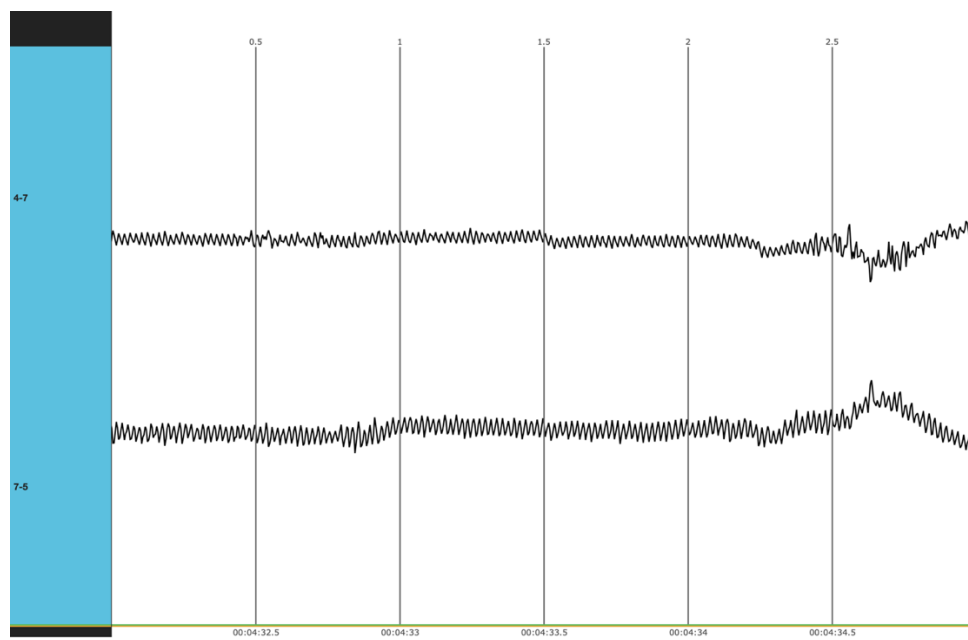


Figura 44 - Dados hemisfério direito 273 s

Constata-se que no hemisfério direito a variação do valor absoluto de amplitude é quase nula (embora ainda ocorra). Os valores máximos e mínimos de amplitude alteram mais neste lado do que no lado esquerdo. A maior variação absoluta ocorre mesmo no hemisfério esquerdo.

No final do teste, o participante não fechou novamente os olhos, mas apresentava-se mais calmo e os valores das ondas voltaram aos valores base medidos no início.

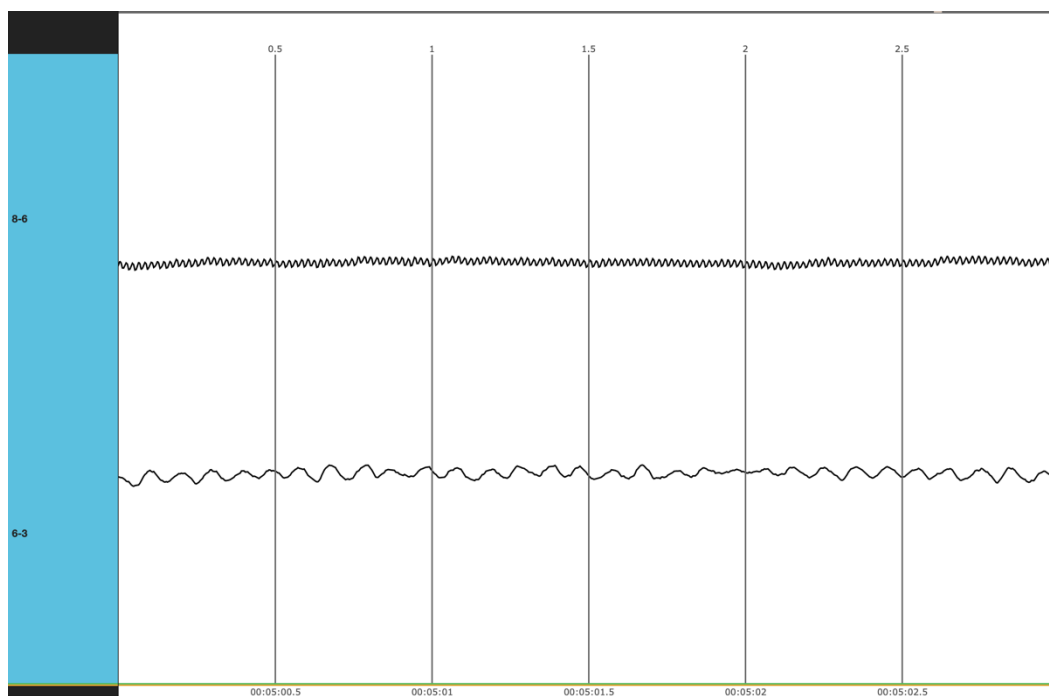


Figura 45 - Dados finais hemisfério esquerdo

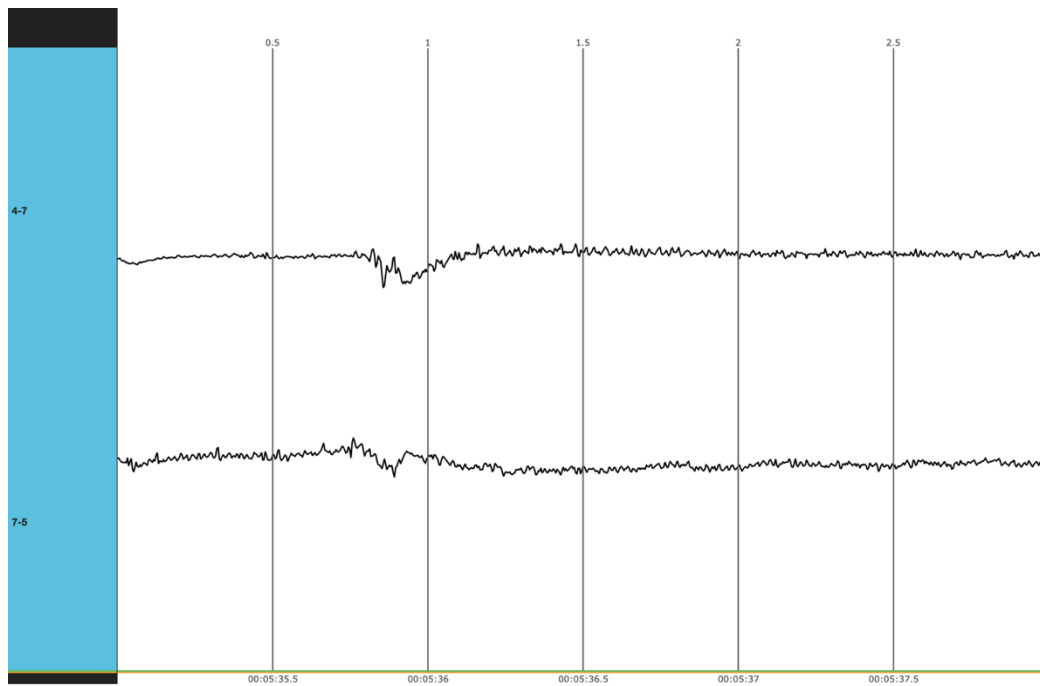


Figura 46 - Dados finais hemisfério direito

Findada a análise do comportamento dos dois hemisférios, passou-se para a análise comportamental do centro do cérebro.

Com base na figura 40, que ilustra o comportamento inicial desta região, as figuras seguintes mostram diferentes comportamentos em conformidade com o estímulo recebido. A figura 47 traduz o primeiro momento de estímulo durante a realização do teste, a figura 48 um momento durante o teste, a figura 49 um momento em que a estimulação do centro atinge um pico e a figura 50 o momento final.

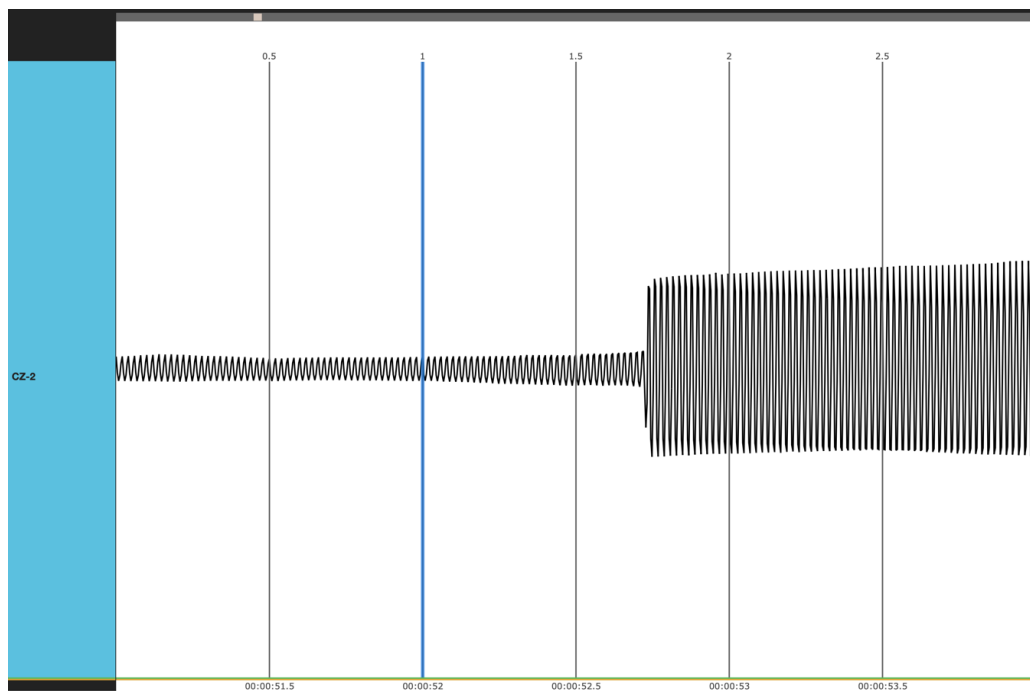


Figura 47 - Dados centro durante primeiro estímulo

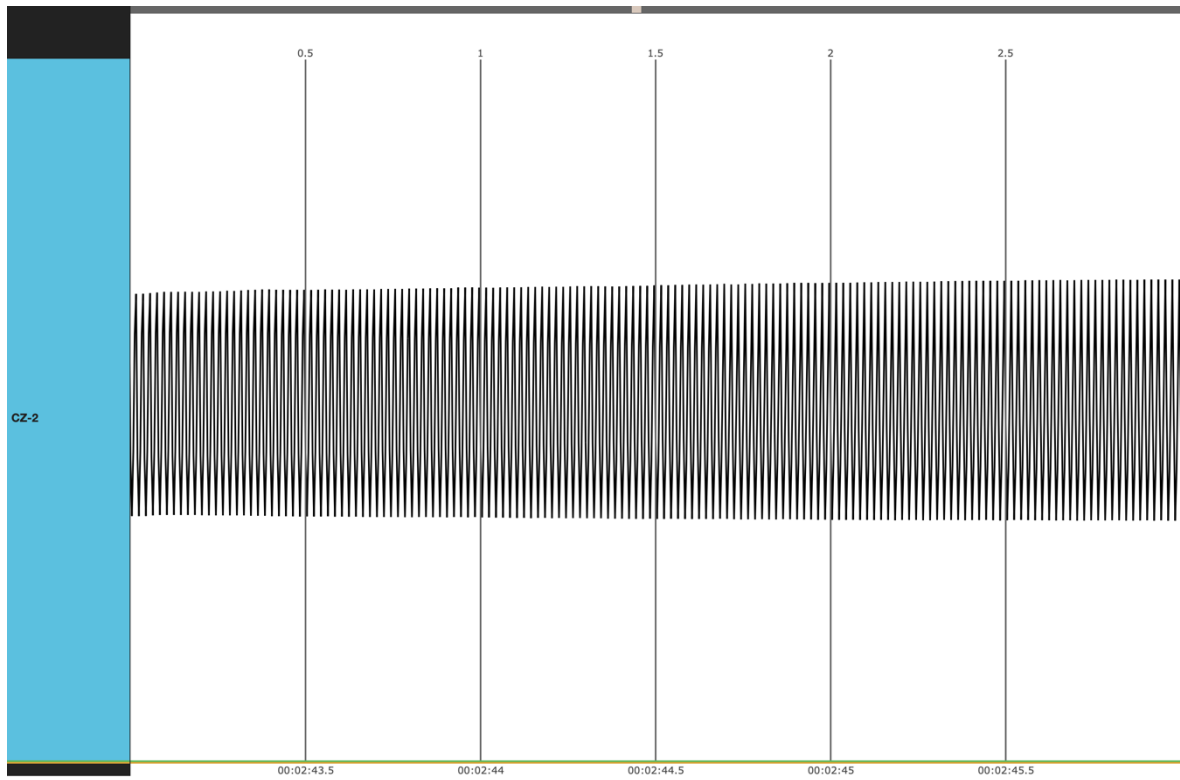


Figura 48 - Dados comportamento normal centro

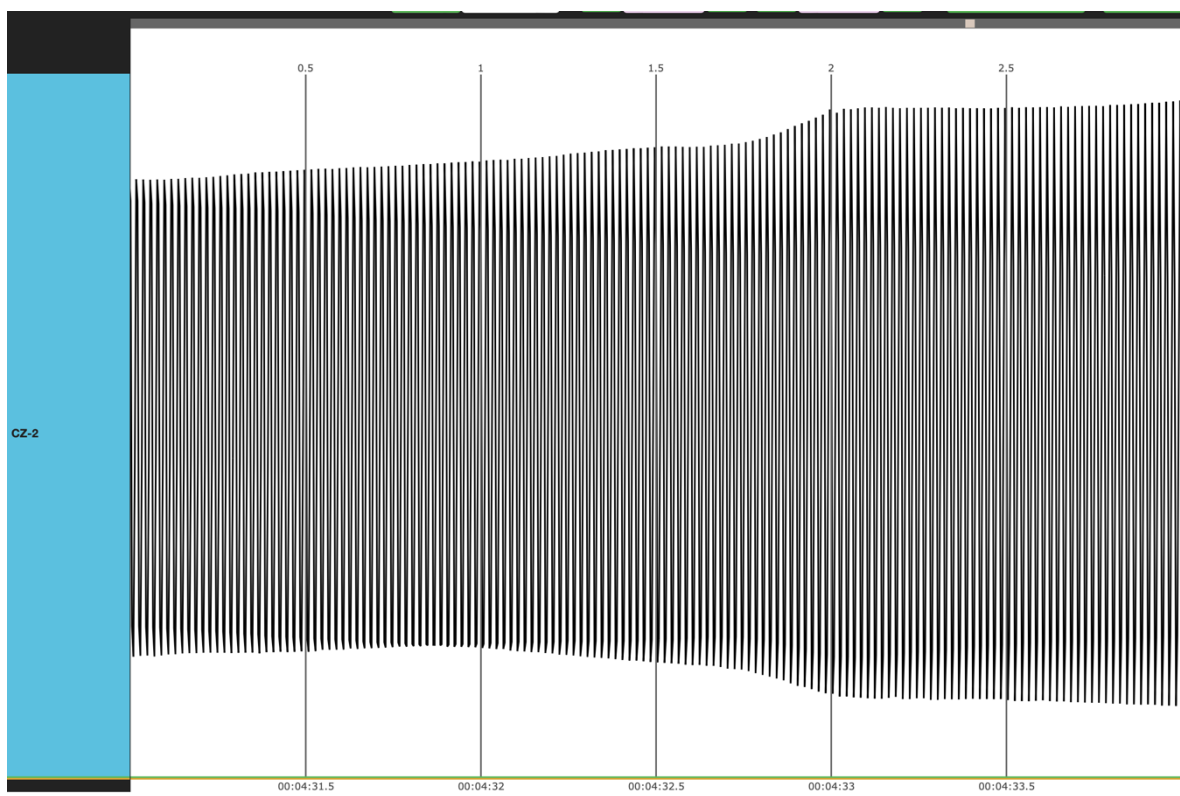


Figura 49 - Dados pico centro

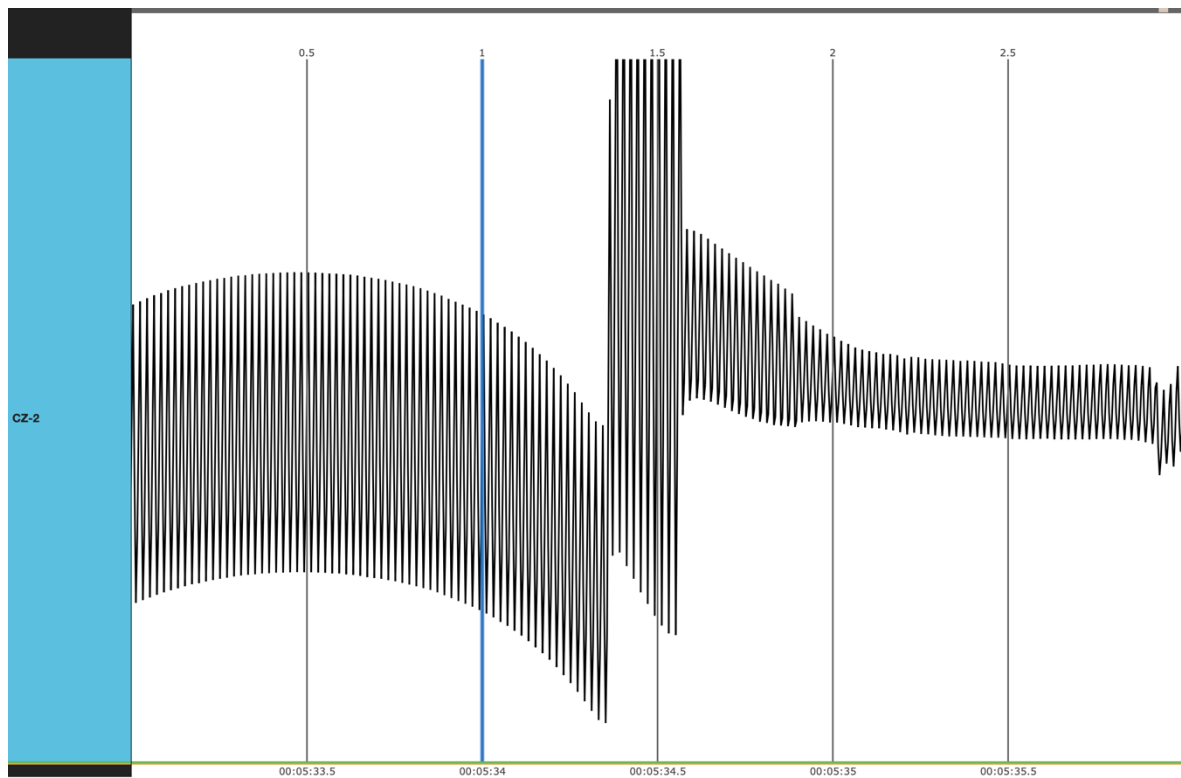


Figura 50 - Dados centro finais

Observa-se que a amplitude das ondas EEG deste participante toma valores muito superiores no centro do cérebro quando comparados com os valores obtidos em cada um dos hemisférios. Conclusões serão tiradas na próxima secção da presente dissertação.

### 4.1.3. Sujeito 3

#### Após processamento do sinal:

Seguindo a ordem explícita na metodologia desta dissertação, o primeiro gráfico a obter para cada sujeito é o que apresenta o sinal EEG tratado e filtrado através de código.

O gráfico obtido para o terceiro voluntário encontra-se explícito na Figura 37.

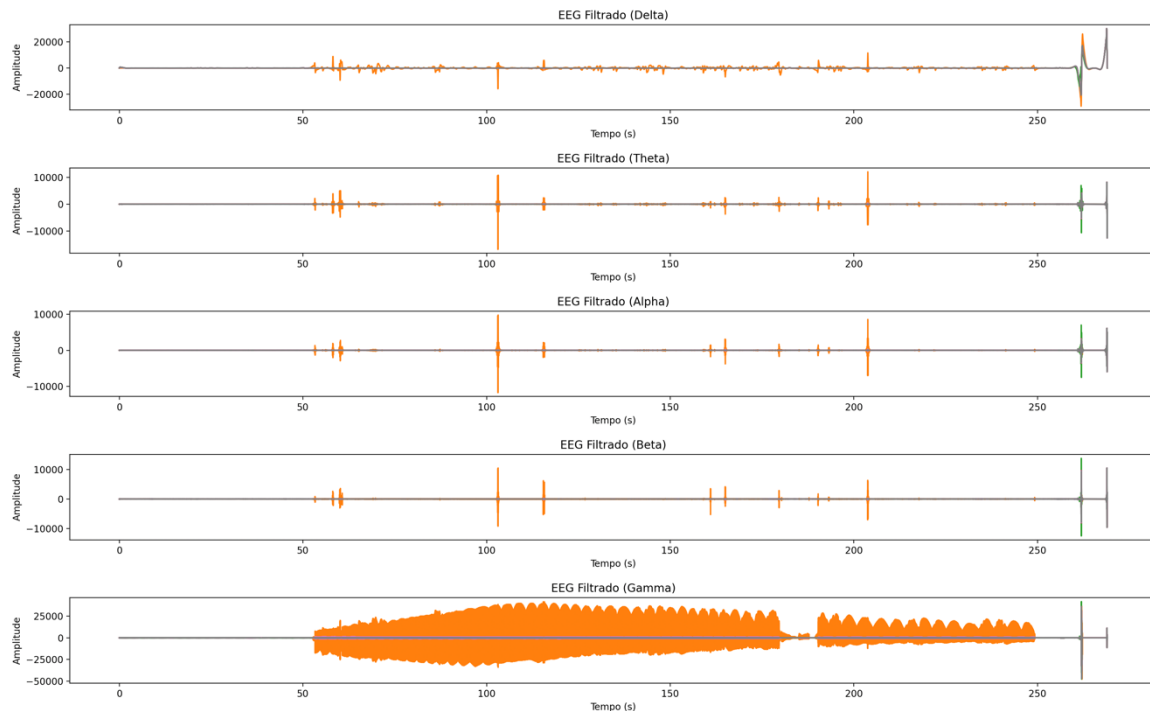


Figura 51 - Expressão do sinal em cada banda de frequência

A partir da análise direta da figura acima, observa-se que durante o primeiro minuto do teste, não existe grande expressão de qualquer uma das bandas de frequência em estudo. Este facto pode ser explicado pelo facto de que neste teste, o sujeito apresentou valores de amplitude de sinal muito superiores aos exemplos abordados anteriormente. A banda de frequências que apresenta maior expressão durante o resto do teste é a banda Gamma, que por sua vez está envolvida em processos que envolvem um maior esforço cognitivo. Estes resultados vão de encontro com o previsto uma vez que neste intervalo de tempo, o sujeito se encontrava com os olhos abertos a realizar algum esforço cognitivo. Outra ilação a retirar, consiste na maior expressão das outras bandas de frequência após os 250 segundos, momento em que o sujeito voltou a fechar os olhos. A maior amplitude foi atingida na banda Delta, que se caracteriza com sono profundo. Os valores fogem um pouco ao esperado na medida em que se esperava ondas alpha.

#### Leitura direta do sinal:

Após obtenção do gráfico com o sinal tratado e dividido entre as várias bandas de frequência, analisaram-se também os gráficos EEG obtidos por leitura direta do arquivo guardado.

Primeiramente, pretendeu-se analisar o comportamento quer do hemisfério direito, quer do esquerdo e quer do centro no início do teste de modo a ter um valor base que servirá como comparação para com os valores no momento de exposição a estímulos.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

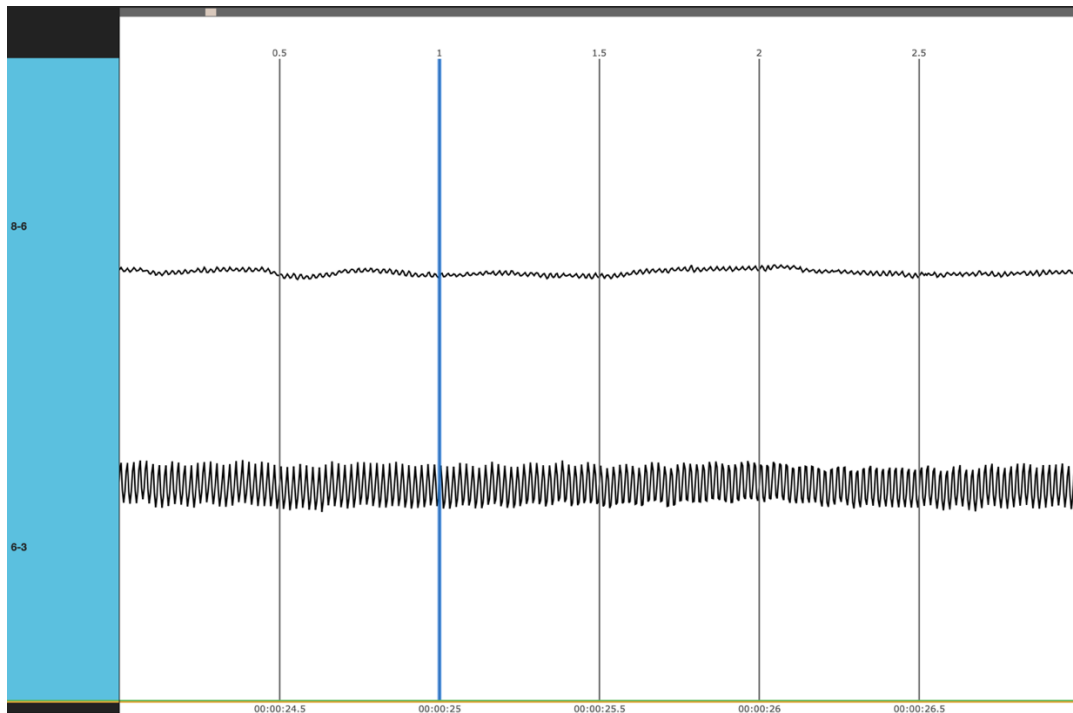


Figura 52 - Dados hemisfério esquerdo instantes iniciais

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

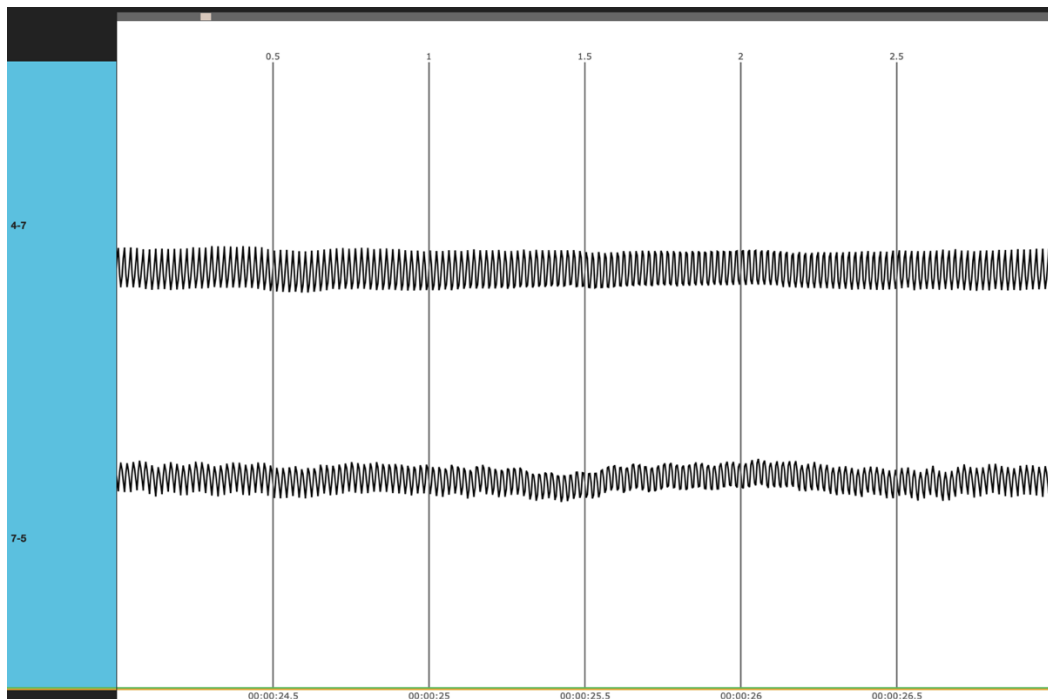


Figura 53 - Dados hemisfério direito instantes iniciais

Por fim, para o centro o gráfico obtido foi o seguinte (escala 100 uV):

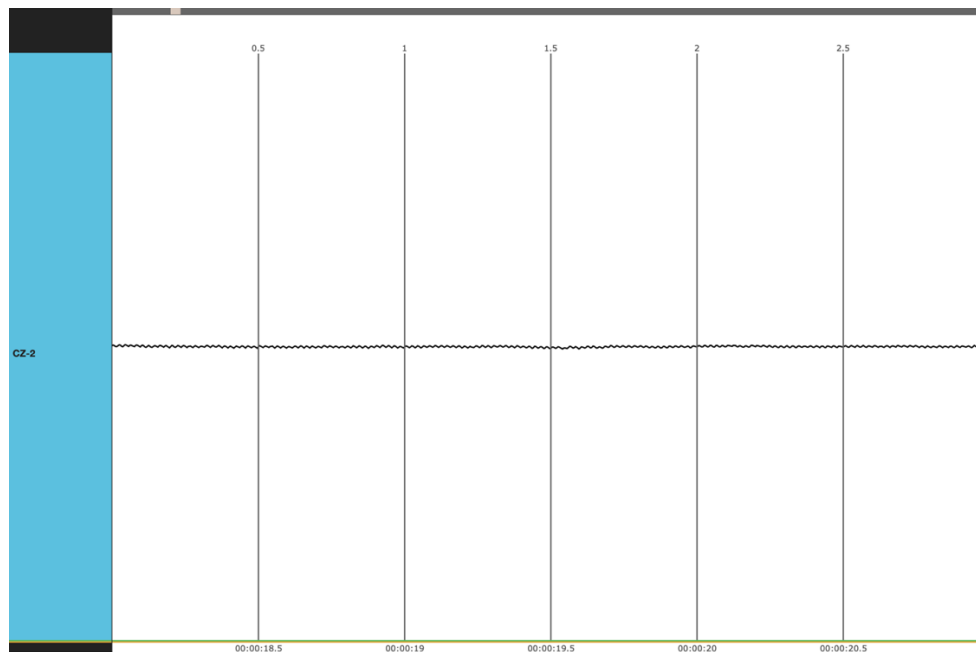


Figura 54 - Dados centro instantes iniciais

Através da análise das três últimas figuras, percebe-se que, de olhos fechados, existe já uma amplitude com alto valor (quando comparada com os restantes participantes) e que a mesma é constante durante todo o intervalo de tempo em que os olhos se encontram fechados. O hemisfério mais ativo é o direito na parte frontal.

Após a análise dos instantes iniciais do teste, passou-se para a análise do primeiro momento em que os olhos se encontram abertos. Com base no gráfico do sinal tratado obtido, percebe-se que o primeiro momento em que ocorre uma maior oscilação de amplitude corresponde aos 53 segundos de teste.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

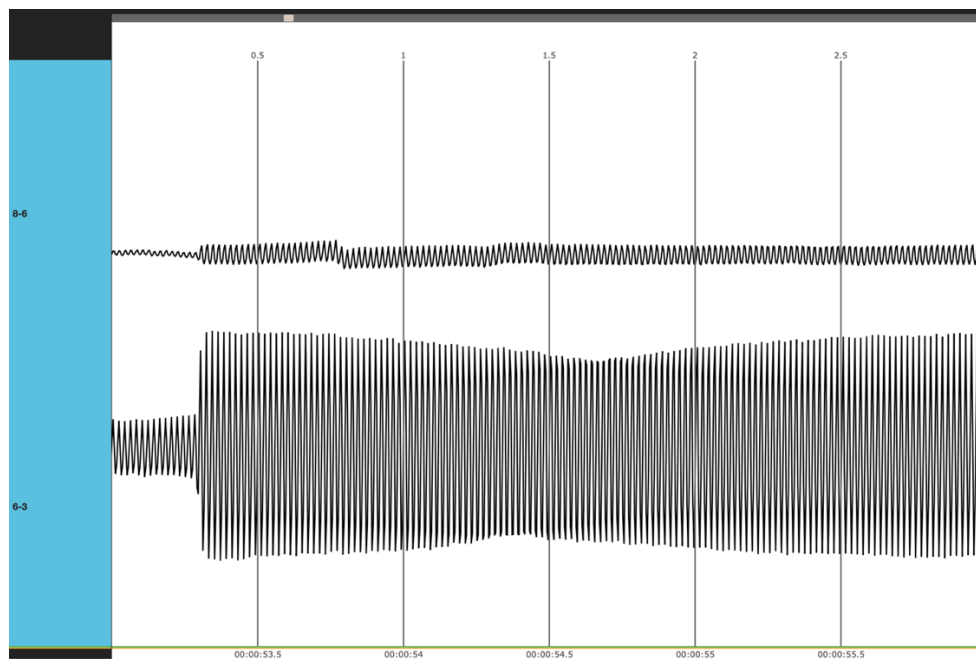


Figura 55 - Dados hemisfério esquerdo primeiro momento de oscilação

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

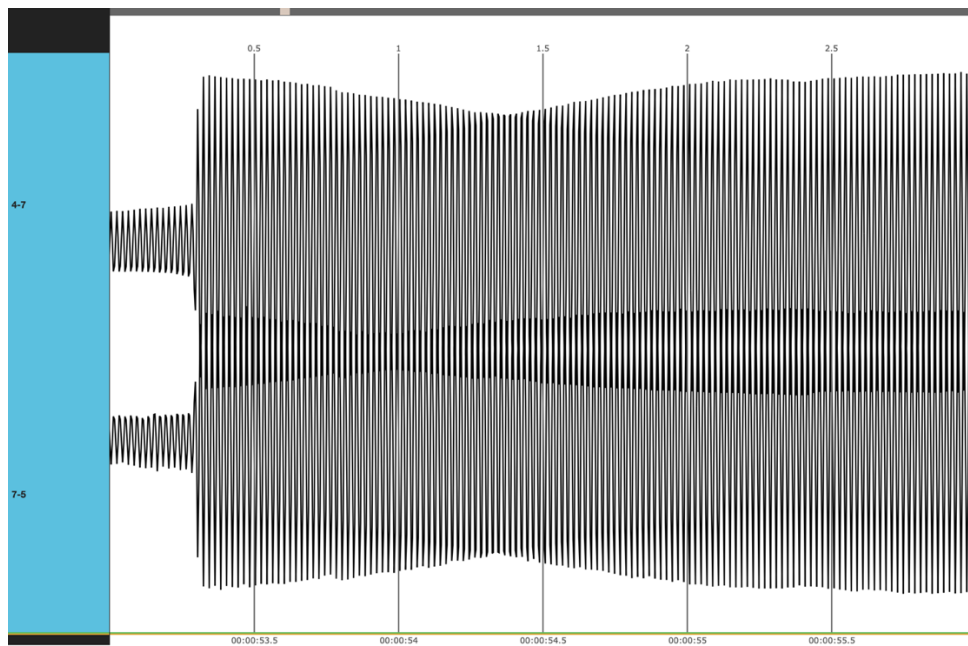


Figura 56 - Dados hemisfério direito primeiro momento de oscilação

Através da análise das duas últimas figuras, percebe-se que, no primeiro momento de estimulação, o hemisfério que apresenta maior atividade é o direito. Observa-se também, com base nos valores de amplitude, que a parte frontal do hemisfério direito é a mais estimulada, ainda que a diferença de amplitude seja mínima para a parte occipital do mesmo hemisfério e occipital do hemisfério esquerdo.

Por volta dos 180 segundos após o início do teste, nota-se uma redução drástica na amplitude da banda de frequências Gamma atingido. Assim, pretendeu-se também analisar as ondas EEG no início deste momento.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

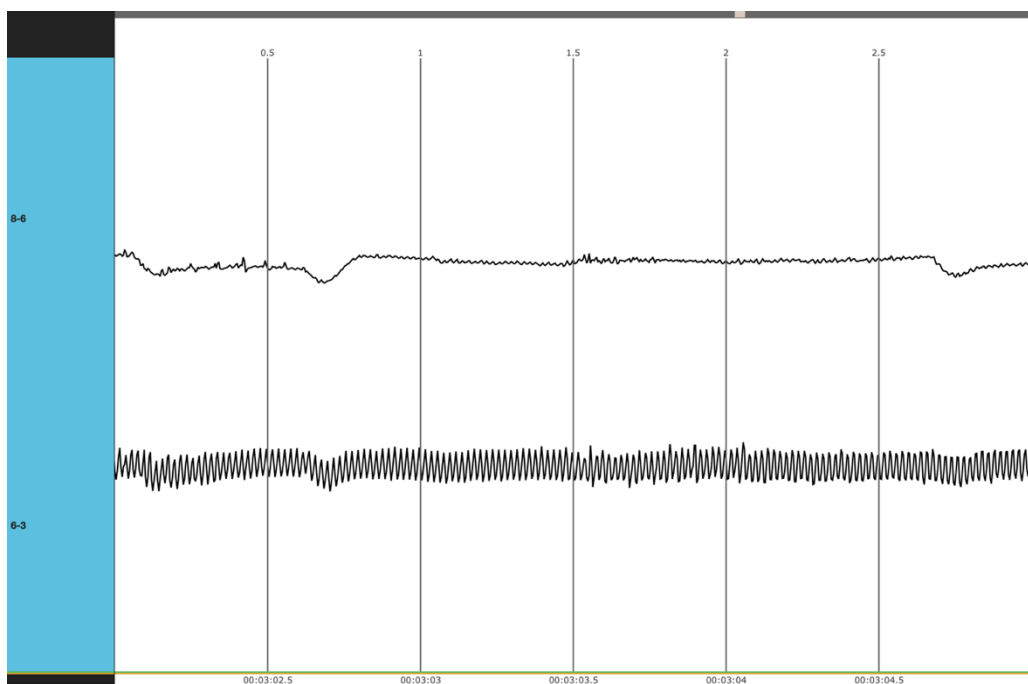


Figura 57 - Dados hemisfério esquerdo 181s

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

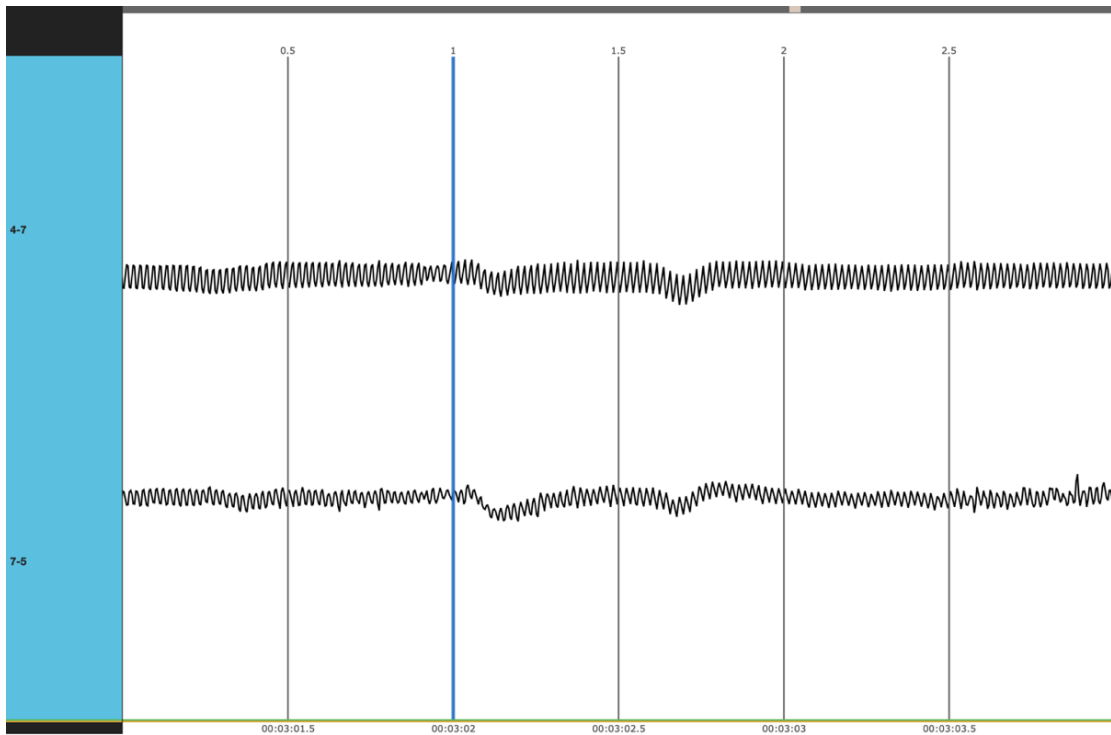


Figura 58 - Dados hemisfério direito 181 s

Constata-se que existe uma grande discrepância na amplitude do sinal em ambos os hemisférios neste momento. A maior variação absoluta ocorre mesmo no hemisfério direito.

O final deste intervalo considerado anormal também foi estudado.

Assim, para o hemisfério esquerdo o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

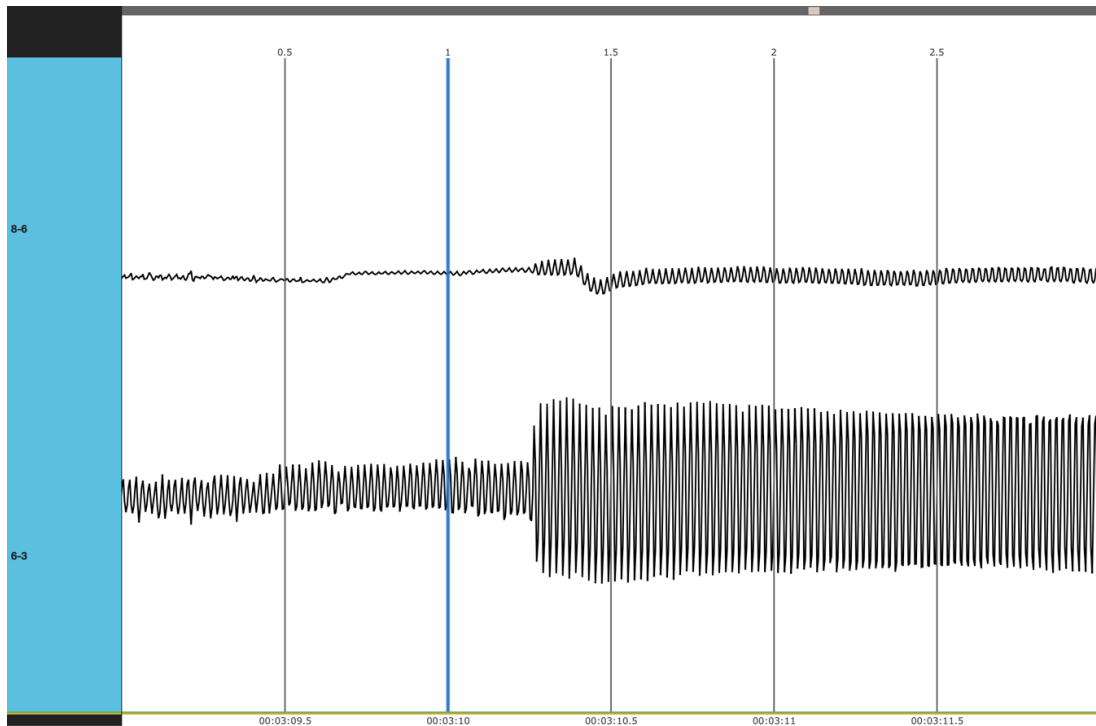


Figura 59 - Dados hemisfério esquerdo 190 s

Para o hemisfério direito o gráfico obtido foi o seguinte (escala 20 uV):

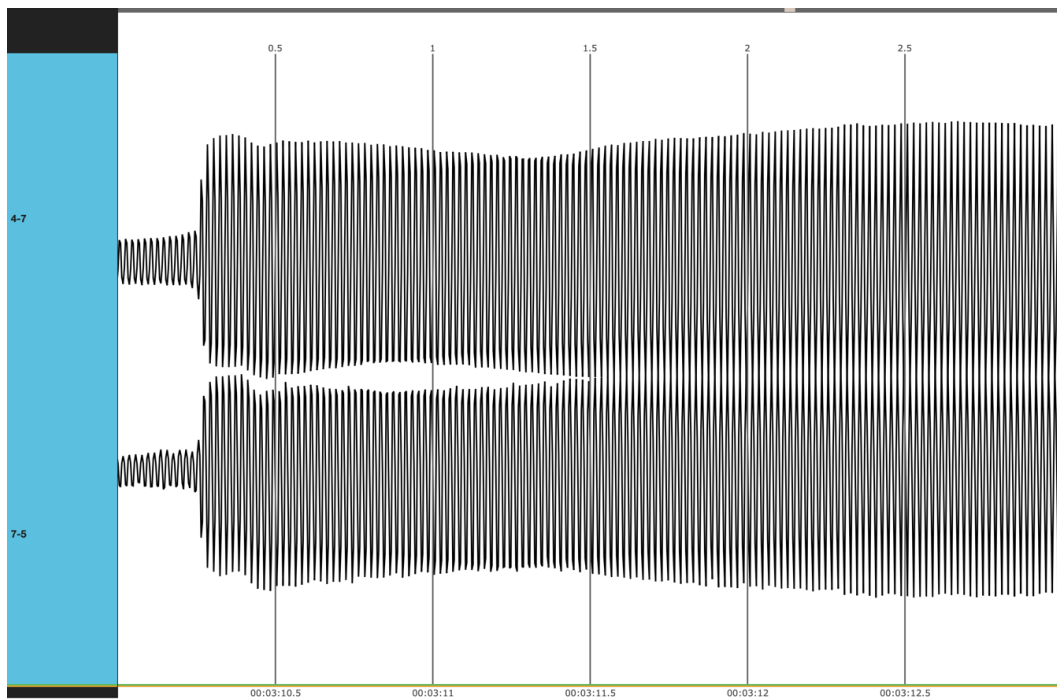


Figura 60 - Dados hemisfério direito 190s

Percebe-se um retomar das amplitudes existentes antes deste intervalo de tempo, sendo importante realçar que continua a ser o lado direito do cérebro o mais estimulado.

No final do teste, o participante fechou novamente os olhos, apresentando-se mais calmo e os valores das ondas voltaram aos valores base medidos no início.

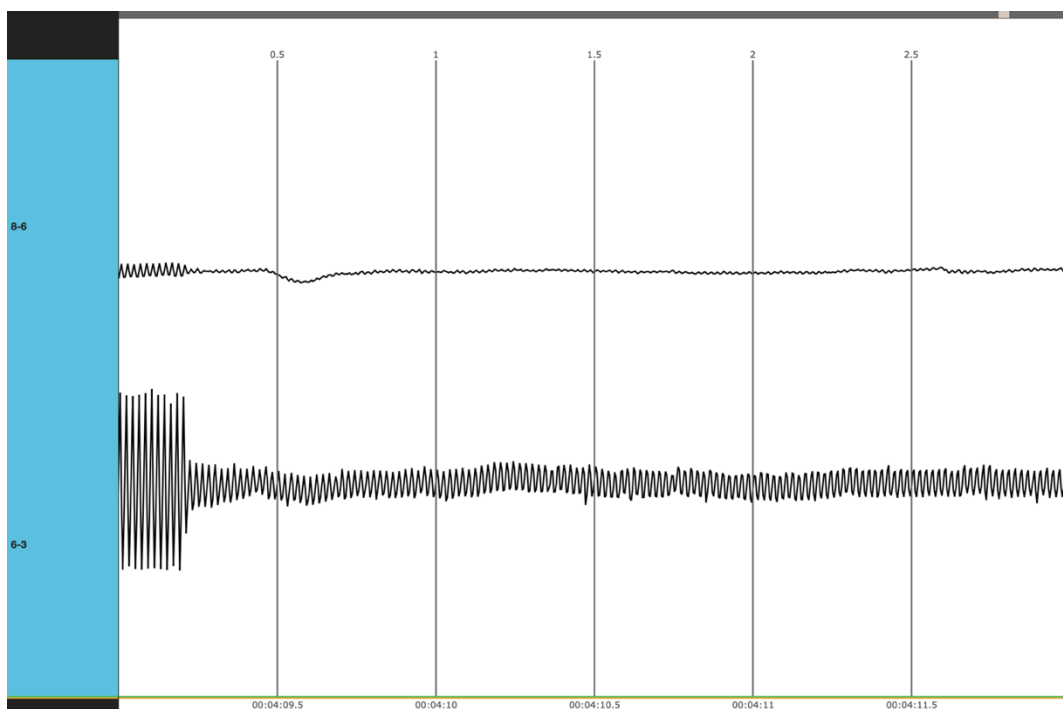


Figura 61 - Dados finais hemisfério esquerdo

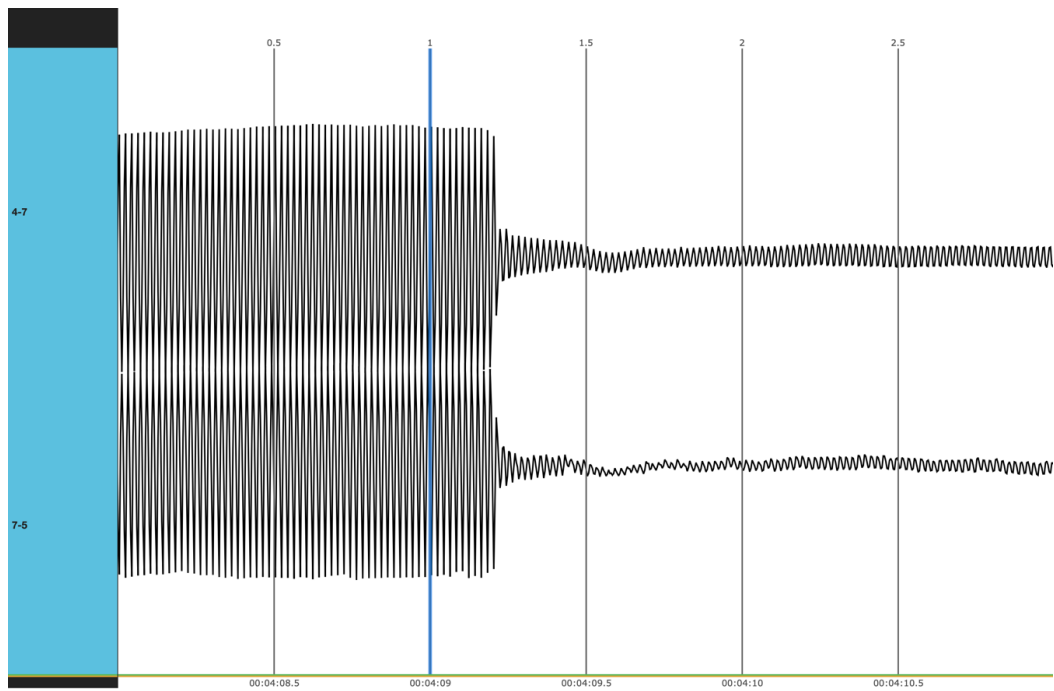


Figura 62 - Dados finais hemisfério direito

Findada a análise do comportamento dos dois hemisférios, passou-se para a análise comportamental do centro do cérebro.

Com base na figura 54, que ilustra o comportamento inicial desta região, a figura seguinte mostra um valor absoluto de amplitude registada exorbitante. Salienta-se que foi usada a escala máxima permitida no software (100uV) e mesmo assim não se conseguiu ver os picos mínimos e máximos da onda em estudo.

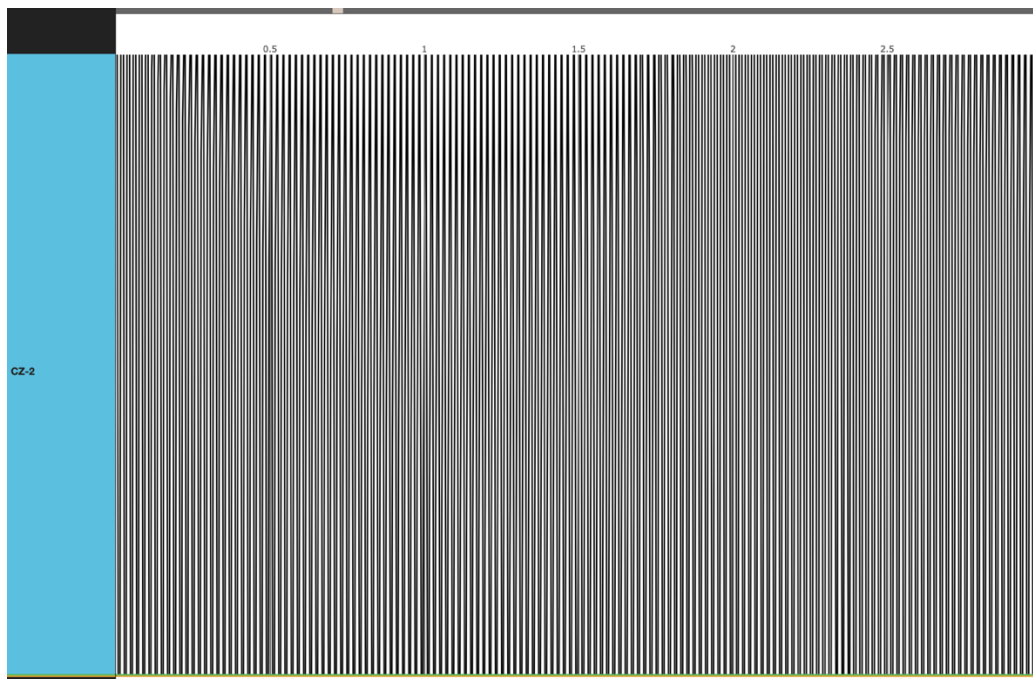


Figura 63 - Dados centro durante teste

## 4.2. Discussão de resultados

Ao longo dos últimos anos, tem existido uma evidência vasta no que concerne às perturbações psiquiátricas e aos problemas de saúde mental se tornarem a principal causa de incapacidade, de morbidade na sociedade atual, com base nos dados epidemiológicos recolhidos pela DGS (2014).

Observa-se que, em meios laborais, dependentes da organização, da conceção e gestão do trabalho, estes problemas induzem a um aumento do stress e apresentam-se como riscos para posterior deterioração da saúde mental, sendo suscetível a se apresentarem problemas como esgotamento, ansiedade e depressão, segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA) (2014).

Elizabeth Scott (2022), num dos seus artigos menciona stress como o estímulo que provoca tensão quer física, quer psicológica e quer emocional, aludindo que o mesmo nada mais é que a resposta do nosso organismo a qualquer coisa que requeira atenção ou ação. Tobal (2009) também decidiu aprofundar este conceito e evidenciou que existem três etapas presentes na resposta à SGA, diferenciadas por diferentes níveis de ativação: Reação de Alarme (distinguida como a primeira fase de reação ao stress, estando nela presentes as respostas instintivas do organismo quando deparado com situações stressantes), Fase de Resistência (caracterizada pela manutenção de altos níveis de stress (embora mais baixos) e pela tentativa do organismo se adaptar a estas condições adversas) e pela Fase de Esgotamento (existe uma rotura do organismo por falta de energia e recursos necessários para o bom funcionamento do organismo havendo até mesmo a formação de danos irreparáveis e incluindo até efeitos letíferos).

Bertrand Russell, declarou uma célebre frase que intriga e faz pensar qualquer pessoa acerca do efeito do trabalho no stress de uma pessoa. “Um dos sintomas de se aproximar de uma crise de nervos é a crença de que o trabalho é incrivelmente importante” o que leva a se pensar na magnitude e responsabilidade que o trabalho incute em nós chegando até mesmo a nos levar ao ponto de apresentar sintomas de stress.

A resposta de cada individuo às alterações físicas e psicológicas desencadeadas pelo stress, manifestam-se em conformidade com a capacidade exuberada possuída no momento em que as alterações ocorrem.

Percebe-se assim que, indubitavelmente, o stress apresenta fulcral importância no desempenho de um trabalhador e tem impacto no lucro e rendimento da empresa empregadora. A questão agora é como mensurar a resposta ao stress de cada individuo. Este procedimento trará vantagens para a entidade empregadora uma vez que trará medidas de prevenção de lucros e de uma maior defesa dos seus interesses.

Esta intriga também levou alguns autores a investigarem um pouco mais esta vertente o que resultou numa criação de novas escalas de medição de stress.

Segundo Melo (2012), o recurso a este tipo de escalas permite a estimação com algum rigor do risco inerente ao stress bem como reconhecer os fatores que podem provocar o mesmo. Por norma, o processo de avaliação consiste num simples processo de realização de questões pertinentes com o tópico como: “Sente-se esgotado/a?”. Esta simplicidade leva a que a perceção da existência de sintomas de stress numa pessoa não seja de todo um entrave. Embora resulte para deteção básica do stress, este tipo de questões não permite detetar situações de comportamentos que eventualmente resultarão numa potencial situação mais delicada, na opinião de Cohen, Kamarck e Mermelstein.

Assim, o presente trabalho pretendeu avaliar esta resposta ao stress de uma maneira analítica e pragmática analisando o sinal obtido em cada medição, quer sem qualquer tratamento e com base na

localização cerebral, quer analisando as bandas de frequência existentes após realizar tratamento do sinal por meio de filtros.

Outra avaliação desta vertente passou pela análise da pontuação de cada participante ao questionário efetuado. Em boa verdade, este modelo de avaliação vem adjacente com alguma dúvida uma vez que as perguntas do questionário nada têm a ver com algum tema em específico. De salientar que apesar do conteúdo das perguntas ser um pouco aleatório, a presença de timers, de ruído altamente incomodativo de fundo, de descontar de pontuação foram fatores que geraram evidente incômodo e quiçá stress nos participantes. Além disso, foi comunicado aos participantes que o questionário teria uma nota mínima de modo a passarem para a próxima fase (inexistente, mas serviu para colocar ainda mais pressão).

Relativamente às pontuações obtidas, o participante 1 teve pontuação 30 em 180, o participante 2 teve 0 em 180 e o último participante teve 60 em 180. Constata-se aqui um pequeno padrão: nenhum participante conseguiu ter mais de 50% de respostas corretas, o que causou algum nervosismo aos respetivos. Observou-se também que, sempre que aparecia o ecrã que demonstrava um desconto de pontuação, os participantes apresentavam algumas expressões faciais e físicas de desconforto (abandar a cabeça, por exemplo).

Esta “revolta” e “angústia” foi expressa nos gráficos EEG obtidos. Notou-se alguns desvios de amplitude nestes momentos e um aumento da amplitude em valor absoluto. Estes comportamentos são típicos e foram os esperados visto que sempre que algum desconto acontecia, o participante perdia o foco por breves instantes, mas voltava a focar-se ainda mais afincadamente.

Analisando agora os resultados obtidos pelo primeiro participante, foram tiradas as seguintes ilações:

- Prevalência inicial de picos da banda de frequências Alpha – observada nos segundos iniciais do teste. Presença esperada uma vez que o participante se encontrava de olhos fechados durante este período. Estado de espírito do participante: relaxado.
- Presença sistemática da banda de frequências Gamma – observada durante praticamente todo o procedimento. Presença esperada uma vez que o participante se encontrava de olhos abertos e em maior esforço cognitivo. Estado de espírito: focado.
- Aparição final da banda de frequências Delta – observada após o participante voltar a fechar os olhos. Presença inesperada uma vez que a este tipo de banda está associado um estado de sono profundo e o participante encontrava-se desperto. Possível explicação (não fundamentada) passa pelo relaxamento exagerado do participante logo após ter sido submetido a um imenso esforço cognitivo. Tanto que durante breves momentos ainda existem bandas Gamma em simultaneidade com as Delta.
- Estimulação hemisfério esquerdo: através de leitura direta do sinal, observou-se uma maior atividade do hemisfério esquerdo em relação ao direito. A parte mais estimulada consiste na parte frontal do mesmo. Sendo esta área associada à tomada de decisões e o participante se encontrar à procura do computador correto e a opção correta, resultados de encontro com o esperado. Menor estimulação da parte frontal do hemisfério direito, permite dizer que o nível de stress ainda não era elevado.
- Presença de altas variações de amplitude: captadas e gravadas no momento em que o participante soube que tinham sido subtraídos alguns pontos ao seu score.
- Normalização de valores no final: amplitude das ondas voltou aos valores base gravados inicialmente. De acordo com o esperado visto que o participante voltou a fechar os olhos e a acalmar.

Analisando agora os resultados obtidos pelo segundo participante, foram tiradas as seguintes ilações:

- Prevalência inicial de picos da banda de frequências Gamma – observada nos segundos iniciais do teste. Presença não esperada uma vez que o participante se encontrava de olhos fechados durante este período. Estado de espírito do participante: concentrado.
- Presença sistemática da banda de frequências Gamma – observada durante praticamente todo o procedimento. Presença esperada uma vez que o participante se encontrava de olhos abertos e em maior esforço cognitivo. Estado de espírito: focado com maior esforço cognitivo.
- Aparição final de várias bandas de frequência – observadas após o participante acabar o teste. Presença esperada uma vez que nesses momentos o participante se encontrava em transição entre o estado de maior esforço cognitivo e o estado de relaxamento. Maior amplitude atingida pela banda de frequência delta, o que mais uma vez traduz um resultado inesperado. Estado de espírito: transitivo.
- Semelhança de estimulação entre os hemisférios: através de leitura direta do sinal, observou-se uma maior atividade do hemisfério esquerdo em relação ao direito, mas a diferença não traduz valores significativos. A parte mais estimulada consiste na parte occipital do mesmo. Sendo esta área associada a estimulações visuais e o participante se encontrar atento a todo o ambiente virtual e grafismo, resultados de encontro com o esperado. Menor estimulação da parte frontal do hemisfério direito, permite dizer que o nível de stress ainda não era elevado.
- Presença de altas variações de amplitude no hemisfério esquerdo: captadas e gravadas no momento em que o participante soube que tinham sido subtraídos alguns pontos ao seu score. Estado de espírito: focado.
- Normalização de valores no final: amplitude das ondas voltou aos valores base gravados inicialmente. De acordo com o esperado visto que o participante voltou a fechar os olhos e a acalmar.
- Baixas amplitudes: quando comparado com os restantes participantes. Sendo este o participante mais velho e mais experiente, traduzem um estado de espírito mais calmo em relação aos companheiros.
- Estimulação exorbitante da parte central: oscilações de sinal captadas na parte central tomaram valores de grande escala.

Analisando agora os resultados obtidos pelo terceiro participante, foram tiradas as seguintes ilações:

- Ausência inicial de picos das bandas de frequência – observada nos segundos iniciais do teste. Ausência não esperada uma vez que o participante se encontrava de olhos fechados durante este período. Justificação pode ser obtida analisando a magnitude da amplitude alcançada pelas bandas durante o resto do teste, o que pode ter levado à dificuldade de visualização de bandas neste intervalo por apresentarem baixa amplitude. Estado de espírito do participante: concentrado.
- Presença sistemática da banda de frequências Gamma – observada durante praticamente todo o procedimento e com altos valores absolutos de amplitude. Presença esperada uma vez que o participante se encontrava de olhos abertos e em maior esforço cognitivo. Estado de espírito: focado com maior esforço cognitivo.
- Aparição final da banda de frequências Delta – observada após o participante voltar a fechar os olhos. Presença inesperada uma vez que a este tipo de banda está associado um estado de sono profundo e o participante encontrava-se desperto. Possível explicação (não fundamentada) passa pelo relaxamento exagerado do participante logo após ter sido submetido a um imenso esforço cognitivo. Tanto que durante breves momentos ainda existem outras bandas em simultaneidade com as Delta.

- Estimulação hemisfério direito: através de leitura direta do sinal, observou-se uma maior atividade do hemisfério direito em relação ao esquerdo. A parte mais estimulada consiste na parte frontal do mesmo. Sendo esta área associada à presença de stress, resultados de encontro com o esperado. Mesmo assim parte occipital do mesmo hemisfério encontra-se deveras estimulada. Parte occipital do hemisfério esquerdo também apresenta estimulação semelhante. Estado de espírito: nervoso.
- Normalização de valores no final: amplitude das ondas voltou aos valores base gravados inicialmente. De acordo com o esperado visto que o participante voltou a fechar os olhos e a acalmar.
- Altas amplitudes: quando comparado com os restantes participantes. Sendo este aparentemente mais irrequieto, traduzem um estado de espírito mais nervoso e ansioso em relação aos companheiros.
- Estimulação exorbitante da parte central: oscilações de sinal captadas na parte central tomaram valores de grande escala, tanto que mesmo com a maior escala do programa, não foi possível visualizar os picos do sinal.

Após a interpretação de todos estes resultados, o participante mais apto para entrar no mundo de trabalho simulado seria o participante 2 por seer apresentar o mais calmo mesmo não tendo a maior pontuação no teste realizado. A amplitude das ondas EEG do mesmo foram as com menor amplitude e as mais regulares. Decisão final: contratar sujeito 2.

Analisando estas conclusões, afirma-se que o método utilizado traz uma maior segurança e precisão de análise para as empresas empregadoras. Traduz-se num método inovador e de fácil implementação. Fornece um diagnóstico da resposta ao stress de cada sujeito e permite tirar uma decisão final consoante a vontade do empregador. Não só pela capa se lê um livro e por vezes uma pessoa pode parecer relaxada e estar extremamente nervosa e vice-versa. Esta implementação acaba com esses erros de interpretação qualitativa cometidos.

Visto que existem pessoas que lidam bem com o stress, também é deveras importante ter atenção ao resultado do teste pois também traduz o desempenho do sujeito.

## 5. CONCLUSÃO

O presente capítulo apresenta um resumo geral de todo o trabalho realizado, salienta os principais resultados obtidos e se os objetivos foram ou não alcançados. Refere também as principais limitações do trabalho.

### 5.1. Conclusões finais

A temática abordada na presente dissertação passou pela complexidade de mensuração do stress, foram abordados os vários métodos existentes na literatura e sugeriu-se a implementação de um novo método por parte da empresa empregadora.

O objetivo principal do presente trabalho passou pela busca incessante da resposta à pergunta “Num contexto de trabalho será que todo o stress é prejudicial, passível de medição e avaliação psicotécnica para resolução da problemática imposta pelo stress?”. Após findado todo o processo e analisando os resultados, salienta-se que efetivamente a resposta a esta questão é positiva.

Embora existam diversas técnicas já utilizadas, todas se baseiam em dados qualitativos e em preenchimento de formulários, o que não traduz com precisão e exatidão os valores absolutos de stress a que um participante está sujeito. Neste caso, como a avaliação foi efetuada de uma maneira analítica e de observação direta do sinal, pode-se dizer que consiste numa abordagem um pouco mais completa do que as já existentes.

É importante reforçar também o papel fulcral que todas as nuances incutidas no ambiente virtual desempenharam. Tanto o som do bater do coração dramático enquanto o sujeito se encontrava no escritório, tanto o som de alta frequência de fundo no momento do teste como o não fixar do cursor do rato no centro do ecrã de modo a dificultar o processo de locomoção, foram fatores contribuidores para que todo o processo se tornasse mais desafiador, difícil e stressante para os participantes.

O facto de se ter imposto um mínimo de pontuação desconhecido aos participantes, levou a que os mesmos encarassem o teste como um desafio e com ainda mais atenção e cautela.

De um modo geral, considera-se que todo o processo foi um sucesso no que toca ao cumprimento de objetivos propostos, ainda que seja reconhecido que existam mais formas de medir o stress e tornar o teste ainda mais desafiador de modo que as expressões da atividade cerebral fossem ainda mais evidentes.

### 5.2. Limitações e investigação futura

Quanto a limitações que surgiram durante todo o processo, refere-se que a maior passou pela projeção inicial de toda atividade num ambiente de realidade virtual e acabar por se realizar num ambiente 3D recorrendo a monitores e teclados. Sente-se que o nível de imersão e intensidade do jogo seria totalmente diferente se o mesmo tivesse sido feito em realidade virtual.

Outra sugestão passa pelo recurso a um maior número de elétrodos para obter uma maior precisão e pormenor de toda a atividade gerada pelos neurónios durante o processo.

Fatores que podem ter causado desvios nos resultados esperados, passam pelo mau posicionamento ao colocar a touca nos participantes e o facto de cada cérebro responder de uma maneira única a cada estímulo e não haver bem um valor de referência a adotar no estudo e avaliação de cada resposta.

Como estudos futuros, sugere que se refaça todo o procedimento, mas que se adote um ambiente de realidade virtual, ainda mais desafiador e mais estimulante para o cérebro. O uso de mais elétrodos e um processo de filtragem mais localizado e intenso também são sugestões para trabalhos futuros.

“O nosso cérebro é o maior brinquedo já criado: nele encontram-se todos os segredos, inclusive o da felicidade” – Charles Chaplin, consiste numa boa frase para acabar esta dissertação porque leva o leitor a refletir no quão importante e interessante é o cérebro humano e que a sua compreensão total ainda se encontra num patamar inatingível para o ser humano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- António Neves Pires de Sousa Uva Professor Catedrático, D., Teodoro Hernandez Briz Professor Associado, D., & Teresa Margarida Moreira Freire Barbas de Albuquerque, D. (n.d.). *Emma Maria Sacadura Leite Resende CONTRIBUTO PARA O ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO STRESS NA RESPOSTA IMUNITÁRIA À VACINA CONTRA A GRIPE EM PROFISSIONAIS DE SAÚDE* *Orientação do trabalho*
- Brouwer, A. M. et al. EEG alpha symmetry, heart rate variability and cortisol in response to virtual reality induced stress. *Journal of CyberTherapy and Rehabilitation*, p. 27-40, 2011
- COHEN, S.; KAMARCK, T.; MERMELSTEIN, R. - *A Global Measure of Perceived Stress. Journal of Health and Social Behavior. vol. 24, no 4 (Dec. 1983) 385-396;*
- Cooper, C. L., & Marshall, J. (1978). *Sources of Managerial Stress and White Collar Stress. In C. L. Cooper & R. Payne (Eds.), Stress at Work, New York: Wiley.*
- COSTA, N. - Identificação de stress, manifestações e satisfação profissional dos auxiliares de acção médica do Hospital de Faro. Lisboa: Escola Nacional de Saúde Pública de Lisboa. Universidade Nova de Lisboa, 1998. Trabalho elaborado no âmbito do XXXVIII Curso de Medicina do Trabalho ministrado pela ENSP. UNL;
- CUNHA, M.; REGO, A.; et. al - Stress: Sal da vida ou “epidemia” dos “tempos modernos”?. In Manual do Comportamento Organizacional e Gestão, 2006. 5a edição; 253-276;
- de Mendonça Schmidt, M. H. F. (2010). *Trabalho e saúde mental na visão da OIT.*  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166165193>
- Direção Geral da Saúde (2013). Portugal – Saúde mental em números – 2013. Direção Geral da Saúde: Lisboa
- Direção Geral da Saúde (2014). Portugal – Saúde mental em números – 2014. Direção Geral da Saúde: Lisboa
- ESCHER, A. G. P., Análise do Nível de Estresse Baseada em Sinais de Eletroencefalografia e Impedância da Pele
- F. Galvão, S. M. Alarcão, e M. J. Fonseca, «Predicting Exact Valence and Arousal Values from EEG», *Sensors*, vol. 21, n. 10, p. 3414, Mai. 2021, doi: 10.3390/s21103414.
- Gaino, L. V., Souza, J. de, Cirineu, C. T., & Tulimosky, T. D. (2018). O conceito de saúde mental para profissionais de saúde: um estudo transversal e qualitativo. *SMAD, Revista Eletrônica Saúde Mental Álcool E Drogas (Edição Em Português)*, 14(2), 108-116. <https://doi.org/10.11606/issn.1806-6976.smad.2018.149449>
- Gloor P. Neuronal generators and the problem of localization in electroencephalography: application of volume conductor theory to electroencephalography. *J Clin Neurophysiol.* 1985 Oct;2(4):327-54. doi: 10.1097/00004691-198510000-00002. PMID: 4056020.
- J. C. Goswami and A. K. Chan, “Fundamentals of Wavelets, Theory, Algorithms and Applications,” John Wiley and sons, New York, 2011.
- Guyton, A. C., Hall, J. E. Tratado da Fisiologia Médica 12ª Ed. Rio de Janeiro: ELSEVIER (MEDICINA), 2011.

- Heckman, J. J., & Mosso, S. (2014). The Economics of Human Development and Social Mobility. *NBER Working Paper Series*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:26640389>
- HESPANHOL, A. - Burnout e Stress Ocupacional. *Revista Portuguesa de Psicossomática*. Sociedade Portuguesa de Psicossomática. vol 7, num 1-2. (Jan-Dez 2005). Porto
- Homan RW, Herman J, Purdy P. Cerebral location of international 10-20 system electrode placement. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1987 Apr;66(4):376-82. doi: 10.1016/0013-4694(87)90206-9. PMID: 2435517.
- Hosseini, S. A.; Khalilzadeh, M. A. Emotional stress recognition system using EEG and psychological signals: Using new labelling process of EEG signals in emotional stress state. In: *Biomedical Engineering and Computer Science (ICBECS)*, 2010 International Conference on. IEEE, 2010. p. 1-6
- Jasper, H.H. (1958) The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. *Principles of neural science*, v. 4, New York: McGraw-Hill, 2000
- L. F. Nicolas-Alonso e J. Gomez-Gil, «Brain Computer Interfaces, a Review», *Sensors*, vol. 12, n. 2, pp. 1211–1279, Jan. 2012, doi: 10.3390/s120201211.
- Lin, Y.-P., Gullan, P., & Cook, L. (2015). *Lin et al 2010*.
- Luísa, M., & Costa, H. (2011). *Stress Docente e Hábitos de Vida*.
- Machado, A. B. *Neuroanatomia funcional*. [S.I.]:Atheneu, 2005.
- Mackenzie, J., & Kesner, C. (2016). *Mental health funding and the SDGs What now and who pays?* [www.odi.org/twitter](http://www.odi.org/twitter)
- Mallat, S. (1989) A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11, 674-693. <http://dx.doi.org/10.1109/34.192463>
- MASLACH, C.; JACKSON, S. - The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behavior*. Vol.2 (1981) 99-113;
- MASLACH, C.; SCHAUFELI, W.; LEITER, M. - Job Burnout. *Annual Rev. Psychol*. 52:397- 422 (2001);
- Melo, Rodolfo e Caçoilas (1993) referem também a falta de precisão nas atribuições a cada profissional, assim como o não fornecimento de um “feedback” sobre a atividade profissional exercida pelo individuo. Quando este existe, por norma, é de carácter negativo; (c) grau de responsabilidade, liberdade de ação e autonomia dos empregados nas suas tomadas de decisão (Melo, Rodolfo e Caçoilas, 1993).
- P. A. Abhang, B. W. Gawali, e S. C. Mehrotra, «Technological Basics of EEG Recording and Operation of Apparatus», em *Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition*, Elsevier, 2016, pp. 19–50. doi: 10.1016/B978-0-12-804490-2.00002-6.
- Portugal Saúde Mental eM númeroS-2013 Programa Nacional para a Saúde Mental. (2013). <http://www.dgs.pt>

- RESENDE, E. - Contributo Para o Estudo da Influência do Stress na Respostas Imunitária à Vacina Contra a Gripe em Profissionais de Saúde. Lisboa: Escola Nacional de Saúde Publica. Universidade Nova de Lisboa, 2009. Tese elaborada no âmbito do curso de Doutoramento em Saúde Pública na especialidade de Saúde Ambiental e Ocupacional ministrado pela ENSP. UNL
- RIBEIRO, J.; MARQUES, T. – A avaliação do stresse: a propósito de um estudo de adaptação da escala de percepção de stresse. *Psicologia, Saúde & Doenças*. 10 (2), (2009) 237-248
- Ribeiro, C. M., Salvador, R. V. A., & Carvalho, P. S. (2019). Preditores da qualidade de vida e de suporte social percebido em pessoas com doença mental crónica: Estudo preliminar. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, 5(1), 14–24.  
<https://doi.org/10.31211/rpics.2019.5.1.100>
- SACADURA-LEITE, E.; UVA, A. - Stress relacionado com o trabalho. *Saúde e Trabalho. Órgão Oficial da Sociedade Portuguesa de Medicina do Trabalho*. 06 : 3 (2007) 25-42;
- Tavares, G. A., Torres, A., & de Souza, J. A. (2020). Early Life Stress and the Onset of Obesity: Proof of MicroRNAs' Involvement Through Modulation of Serotonin and Dopamine Systems' Homeostasis. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 11). Frontiers Media S.A.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00925>
- Tsigos, C.; Chrousos, G. P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of psychosomatic research*, v. 53, n. 4, p. 865-871, 2002
- Ulrich-Lai, Y. M.; Herman, J. P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 10, n. 6, p. 397-409, 2009
- Villemain, A., & Godon, P. (2020). Logistic transport in extreme environments: the evolution of risk and safety management over 27 years of the polar traverse. *Ergonomics*, 63, 1257–1270.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219286893>
- Wang, Y. et al. Feature Extracting of Weak Signal in Real-Time Sleeping EEG with Approximate Entropy and Bispectrum Analysis. In: 3rd International Conference on BioInformatics and Biomedical Engineering (ICBBE), June 2009. 1-4
- Webster, J. G.; Eren, H. (.). *Measurement Instrumentation and Sensors Handbook: Spatial, Mechanical, Thermal and Radiation Measurement*. [S.I.]: CRC press, 2014
- Xavier, S. R. (2013). *Xavier, S.R., Kelley, D., Herrington, M., Vorderwulbecke, A., (2013). Global Entrepreneurship Monitor (GEM) 2012 Global Report.*