



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

Projeto de Investigação

“Navegação espacial com recurso à imagética num espaço virtual com EEG”

Dissertação de Mestrado apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre em Neuropsicologia Aplicada orientada por Prof. Doutor Jorge Oliveira

Discente: Ricardo Jorge Venâncio Pedrosa

Lisboa

2022-2023



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

DESPACHO DE NOMEAÇÃO DE JÚRI

Nº 805/2024

ASSUNTO: Homologação do Júri para a defesa pública da dissertação de Mestrado em Neuropsicologia Aplicada do(a) candidato(a) RICARDO JORGE VENÂNCIO PEDROSA.

De acordo com o Artigo 22º do Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março, na sua redação atual, e nos termos do artigo 50º do Regulamento Pedagógico da Universidade Lusófona, após apreciação da proposta de nomeação do Júri apresentada pela Comissão Científica da Unidade Orgânica, homologo o júri para a defesa pública da dissertação de Mestrado em Neuropsicologia Aplicada, do(a) candidato(a) **RICARDO JORGE VENÂNCIO PEDROSA**, que é composto por:

- **Presidente:** Prof.(ª) Doutor(a) Joana Costa do Carmo;
- **Arguente:** Prof.(ª) Doutor(a) José Miguel Pinto Cardoso de Bourbon Teles;
- **Orientadora:** Prof.(ª) Doutor(a) Jorge Alexandre Gaspar Oliveira;

Universidade Lusófona, 16 de abril de 2024.

Professor Doutor José Bragança de Miranda, **Reitor**

Assinado por: José Augusto Nunes Bragança de Miranda
Num. de Identificação: 02218034
Data: 2024.04.18 14:27:31 +0100
Certificado por: COFAC - COOPERATIVA DE FORMAÇÃO E ANIMAÇÃO CULTURAL, CRL
Atributos certificados: Reitor da Universidade Lusófona

Projeto de Investigação

“Navegação espacial com recurso à imagética num espaço virtual com EEG”

“VERSÃO FINAL”

Tese defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 20/ 05/ 2024, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 805/2024, com a seguinte composição:

Presidente do júri: Prof.^a Doutora Joana Carmo

Arguente: Prof. Doutor José Teles

Orientador na EPCV-UL: Prof. Doutor Jorge Oliveira

Discente: Ricardo Jorge Venâncio Pedrosa

Lisboa

2022-2023

Mestrado em Neuropsicologia Aplicada

Dedicatória

À Sónia Pedro,

Dedicar esta dissertação a ti é mais do que uma simples formalidade académica; é uma homenagem profunda à tua constante inspiração e apoio. Foste ao longo dos anos o meu pilar de apoio, o meu porto de abrigo e a minha linha mestra. Pelas coisas que passei, que só nós sabemos, sem ti, este caminho teria sido impossível. A tua sabedoria, paciência e encorajamento foram os pilares sobre os quais ergui este trabalho e o meu caminho. O teu compromisso com a excelência académica e a tua dedicação aos ideais de conhecimento sempre me motivaram a superar desafios e a perseguir os mais altos padrões.

Este trabalho é o reflexo não apenas do meu esforço individual, mas também da nossa colaboração e troca de ideias ao longo destes anos. Os nossos debates, as tuas sugestões perspicazes e a tua capacidade de ver além foram fundamentais para moldar a minha abordagem e o meu pensamento crítico.

A tua amizade e apoio inabaláveis sustentaram-me nos momentos mais difíceis, e por isso esta dissertação é também uma expressão da minha profunda gratidão pelo teu constante encorajamento e compreensão.

Que este trabalho possa não só contribuir para o avanço do conhecimento, mas também refletir o nosso compromisso e amizade duradouras.

Com todo o meu carinho e admiração.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão, em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Doutor Jorge Oliveira, por todo o apoio e disponibilidade durante todo o processo formativo e em particular no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Fábio Dias, aluno de doutoramento do hei-lab, pela disponibilidade, criação e desenvolvimento do ambiente virtual, sendo uma peça fundamental para o sucesso, sem ele esta experiência não teria sido possível

Ao Tiago Abril, aluno de doutoramento, pela disponibilidade e compromisso que colocou na colaboração do estudo, apoio em laboratório na recolha do dados e na angariação da amostra.

À Sónia Pedro, por ter roubado tempo às nossas atividades e a toda a sua paciência e encorajamento desde sempre, mas em particular nos últimos dois anos

À Dra. Filipa Menano, que com o apoio e ajuda no trabalho que teve de abraçar para eu ter tempo para a minha formação.

A todos os participantes por toda a ajuda prestada durante a recolha de dados, tornando esta experiência viável.

Aos meus pais, por todo o carinho e apoio, sem eles não seria possível chegar até aqui.

Resumo

A imagética refere-se à capacidade mental de criar, manipular e experimentar imagens mentais. Essas imagens podem ser visuais, auditivas, táteis, gustativas ou olfativas, e são formadas na mente do indivíduo sem a presença de estímulos sensoriais externos correspondentes. Esta capacidade consiste na recuperação de informação armazenada na memória e reutilizá-la através dos processos cognitivos. Estudos anteriores, mostram não só a importância do recurso à imagética no processo da navegação espacial, mas também a utilização de pistas auditivas como facilitadoras do desempenho de navegação espacial. Com este propósito, foi desenhada uma tarefa apoiada em realidade virtual e eletroencefalografia, que visa estudar a navegação espacial sem recurso à visão e utilizando a imagética como facilitadora da navegação, assim como o ritmo das ondas cerebrais associados à imagética durante a navegação espacial em 20 sujeitos. Foram recolhidas métricas relacionadas com tempos, distâncias, toques e dados de um questionário de imagética e testes neuropsicológicos. Os resultados não demonstraram que a ausência de referências sensoriais (visuais, auditivas, táteis ou olfativas) durante a navegação, dificulta o processo de criação e recuperação das memórias, mas levantou novas questões sobre a relação entre a imagética e a navegação espacial. Estes dados permitirão a outros estudos explorarem a utilização da imagética em sujeitos visuais e não visuais e como as referências sensoriais são mais eficientes no processo de navegação espacial.

Palavras-Chave: Navegação Espacial, *Soundspace*, Imagética, Realidade Virtual, EEG

Abstract

The imagery refers to the mental ability to create, manipulate, and experience mental images. These images can be visual, auditory, tactile, gustatory, or olfactory, and are formed within the individual's mind without the presence of corresponding sensory stimuli. Previous studies not only demonstrate the importance of employing imagery in the process of spatial navigation but also highlight the use of audible clues as facilitators of spatial navigation performance. To address this, a task supported by virtual reality and electroencephalography was designed with the aim of studying spatial navigation without relying on vision and using imagery as a navigation enhancer. Additionally, the study investigated the rhythm of brain waves associated with imagery during spatial navigation in 20 individuals. Metrics related to time, distances, touches, and data from an imagery questionnaire and neuropsychological tests were collected. The results did not show that the absence of sensory references (visual, audible, tactile, or olfactory) during spatial navigation, hinders the process of creating and retrieving memories but raised new questions about the relationship between imagery and spatial navigation. These findings will enable further studies to explore the use of imagery in both visual and visually impaired individuals and how sensory references are more efficient in the process of spatial navigation.

Keywords: Spatial Navigation, Soundspace, Imagery, Virtual Reality, EEG

Lista de Abreviaturas, siglas e símbolos

ALE	Activation likelihood estimation
ANOVA	Análise de variância
EEG	Eletroencefalografia
EEGLAB	Toolbox written and released for neuroimaging research
fMRI	Functional magnetic resonance imaging
IBM	International Business Machines
ICA	Independent Component Analysis
MIQ-3	Movement Imagery Questionnaire-3
MovLab	Laboratory of Interactions and Interfaces
PETTLEP	Modelo de Imagética
QM	Quociente de memória
SOBI	Second Order Blind Identification
SPSS	Software IBM SPSS Statistics
RV	Realidade Virtual
WMS-R	Wechsler Memory Scale – Revised

Índice geral

Introdução	12
CAPITULO 1.....	15
1.1. Revisão da literatura	16
CAPITULO 2.....	22
2.1. Objetivos da investigação	23
2.1.1. Objetivo geral.....	23
2.1.2. Objetivos específicos.....	23
2.2. Método	23
2.2.1. Amostra	23
2.3. Instrumentos.....	24
2.4. Medidas.....	25
2.5. Procedimentos.....	26
2.6. Processamento de dados	28
2.7. Análise estatística.....	28
CAPITULO 3.....	30
3.1. Resultados	31
3.1.1. Análise descritiva às provas utilizadas	31
3.1.2. Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial	32
3.1.3. Análise das correlações entre o questionário e as variáveis das tarefas de navegação espacial.....	35
3.1.4. Análise das correlações entre o WMS-R e as variáveis das tarefas de navegação espacial	35
3.1.5. Electroencefalografia durante as tarefas de navegação espacial	36
CAPITULO 4.....	37
4.1. Discussão	38
4.1.1. Limitações e sugestões	43
4.1.2. Implicações do estudo	43
4.2. Conclusão.....	45
CAPITULO 5.....	46
5.1. Bibliografia	47
5.2. Apêndices.....	50
5.2.1. Apêndice I - Guião 1 do exercício de imagética - mapa.....	50
5.2.2. Apêndice II – Guião 2 do exercício de imagética – praia	51
5.2.3. Apêndice III – Consentimento Informado	52

5.2.4.	Apêndice IV – Questionário Sociodemográfico	54
5.2.5.	Apêndice V - Modelo PETTLEP, e interação dos seus elementos	55
5.2.6.	Apêndice VI – Espaço Virtual 3D das tarefas.....	56
5.2.7.	Apêndice VII – Ecrã da aplicação de controlo da Realidade Virtual.....	57
5.2.8.	Apêndice VIII – Espaço impresso em 3D	58
5.2.9.	Apêndice IX – Laboratório MovLab.....	59
5.2.10.	Apêndice X – Imagem dos Oculus Rift S com EEG	60
5.2.11.	Apêndice XI - Imagem dos Oculus Rift S com EEG	61
5.2.12.	Apêndice XII - Tabela Análise de características demográficas	62
5.2.13.	Apêndice XIII - Análise descritiva do desempenho	63
5.2.14.	Apêndice XIV - Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial.....	64
5.2.15.	Apêndice XV - Correlações 1º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS	65
5.2.16.	Apêndice XVI - Correlações 2º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS.....	66
5.2.17.	Apêndice XVII – Localização dos canais do EEG.....	67
5.2.18.	Apêndice XVIII – Imagem da sinal da banda <i>beta</i>	68
5.2.19.	Apêndice XIX - Imagem da sinal da banda <i>alpha</i>	69
5.2.20.	Apêndice XX - Imagem da sinal da banda <i>beta</i> durante o treino de imagética..	70
5.2.21.	Apêndice XXI - Imagem da sinal da banda <i>gama</i>	71
5.2.22.	Apêndice XXII - Imagem da sinal da banda <i>theta</i>	72

Índice de tabelas

Tabela 1 – Análise demográfica	62
Tabela 2 – Análise descritiva do desempenho.....	63
Tabela 3 – Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial	64
Tabela 4 – Correlações 1º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS	65
Tabela 5 – Correlações 2º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS	66

Índice de figuras

Figura 1 – Modelo PETTLEP, e interação dos seus elementos.....	55
Figura 2 – Imagem da tarefa Virtual de grau de dificuldade fácil em 3D.....	56
Figura 3 – Imagem da tarefa Virtual de grau de dificuldade difícil em 3D	56
Figura 4 – Ecrã com percurso, Distância, Tempo e Toques.....	57
Figura 5 – Imagem do espaço fácil impresso em 3D	58
Figura 6 – Imagem do espaço difícil impresso em 3D	58
Figura 7 – Laboratório MovLab da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias .	59
Figura 8 – Imagem de um participante em ação com os Oculus Rift S e EEG	60
Figura 9 – Imagem de um participante em ação com os Oculus Rift S e EEG	61
Figura 10 – Localização dos 32 elétrodos do EEG na cabeça.....	67
Figura 11 – Imagem espectral da banda beta na frequência 13-38Hz.....	68
Figura 12 – Imagem espectral da banda alpha na frequência 8-13Hz.....	69
Figura 13 – Imagem espectral da banda beta na frequência 13-38Hz, durante o treino de imagética.....	70
Figura 14 – Imagem espectral da banda gama na frequência 39-100Hz.....	71
Figura 15 – Imagem espectral da banda theta na frequência 3-7Hz.....	72

Introdução

No limiar do século XXI, a interseção entre tecnologia e neurociências tem permitido avanços sem precedentes no entendimento da cognição humana e da sua aplicação em interfaces digitais. Este estudo foca-se numa área particularmente intrigante dessa interseção: a navegação espacial com recurso à imagética em espaços virtuais, monitorizada através da Eletroencefalografia (EEG). A capacidade de navegar eficientemente em ambientes tridimensionais não é apenas fundamental para a nossa sobrevivência e bem-estar diários, mas também para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras em realidade virtual, jogos, e simulações para treino e educação. Este trabalho propõe-se explorar como a imagética, o processo pelo qual indivíduos podem gerar ou manipular imagens mentais, pode ser utilizada na navegação espacial num ambiente virtual, o *Soundspace*, oferecendo *insights* sobre as correlações neuronais que suportam essas capacidades.

A relevância deste estudo responde à crescente necessidade por soluções tecnológicas que possam melhorar a qualidade de vida de indivíduos com deficiências visuais ou motoras, bem como no desenvolvimento de interfaces mais intuitivos e acessíveis para a utilização de tecnologias por uma parcela maior da população. Além disso, a investigação contribui significativamente para a literatura em neurociências cognitivas, fornecendo dados valiosos sobre como o cérebro processa informações visuais e espaciais em contextos virtuais, um campo ainda pouco explorado.

As questões levantadas neste estudo incluem: “Como a prática da imagética pode influenciar a capacidade de um indivíduo para navegar em espaços virtuais?”, “Existem correlatos neuronais específicos associados ao uso da imagética para a navegação espacial que possam ser identificados com recurso à EEG?” Essas perguntas visam não só entender o mecanismo pelo qual a imagética pode ser utilizada para melhorar a navegação espacial, mas também explorar o potencial de práticas de treino baseado em imagética para melhorar essa capacidade.

Os objetivos deste estudo estão intrinsecamente ligados ao problema em análise, procurando validar a hipótese de que a imagética pode ser uma ferramenta poderosa para melhorar a navegação espacial em ambientes virtuais. Recorrendo a de uma metodologia de investigação rigorosa, que combina tarefas de navegação com a análise da atividade cerebral via EEG, procura-se estabelecer uma correlação direta entre a prática de imagética e o desempenho na navegação espacial.

Este trabalho apoia-se numa base teórica, analisando estudos anteriores que exploram desde a cognição espacial e a perceção visual até ao uso da EEG para monitorizar a atividade cerebral em tarefas cognitivas. A metodologia adotada é detalhada, explicando as razões da escolha de técnicas específicas de recolha e análise de dados, bem como justificando a seleção do ambiente virtual *Soundspace* como ferramenta de estudo.

A escolha deste tema, segue a linha de outros estudos dentro desta temática específica e da necessidade de compreender melhor os mecanismos da navegação espacial com base na imagética, bem como do potencial de aplicação desses conhecimentos no desenvolvimento de novas tecnologias e abordagens terapêuticas. O percurso expositivo do trabalho é organizado para guiar a leitura através da problemática, da revisão da literatura, da metodologia adotada, dos resultados obtidos e, por fim, da discussão sobre as implicações desses resultados para o campo de estudo e para as aplicações práticas.

Ao investigar a interação entre imagética e navegação espacial num contexto virtual, este estudo preenche não só uma lacuna na literatura existente, mas também abre caminhos para novas abordagens terapêuticas e de reabilitação.

Em resumo, este estudo propõe-se contribuir para o conhecimento do funcionamento neuronal, na navegação espacial com recurso à imagética e monitorizada pela EEG.

Na redação do presente estudo utilizou-se a norma da *American Psychological Association* (APA), 2001, norma essa reconhecida tanto pela comunidade científica portuguesa como pela comunidade científica internacional.

CAPITULO 1

1.1. Revisão da literatura

A partir da segunda metade do século XX, as neurociências começaram a tentar perceber como as pessoas lidam com o espaço que as rodeia. Nesta senda, estudos efetuados como o de Ramanoël et al., 2020, Li et al., 2021, têm mostrado heterogeneidade no comportamento dos humanos em relação ao ambiente que os rodeia em relação à capacidade de reprodução de mapas, cálculo de estimativas das distâncias, de ligação de pontos de referência e, bem assim de planeamento rotas.

Atendendo a que a navegação espacial é uma das funções mais importantes das espécies que se alimentam no espaço e no tempo, as competências de navegação espacial são dependentes do desenvolvimento do cérebro, sendo fundamentais para a sobrevivência através do suporte de comportamentos complexos na procura de alimentos (Haun et al., 2006). Apesar de ser uma tarefa que é realizada diariamente pelas pessoas, a navegação é um processo cognitivamente desafiante, uma vez que envolve diversas capacidades complexas como as funções cognitivas: memória, perceção visual e espacial, e as funções executivas (Koenig, et al., 2011).

Enquanto que (A. Kapaj et al., 2022) demonstraram que os pontos de referência facilitam a navegação ao estruturar a representação mental do espaço pelos humanos, (Ramanoël et al., 2020) concluíram que as capacidades de navegação são distintas nas diferentes faixas etárias, tendo as capacidades de navegação dos adultos mais velhos sido em geral inferiores em comparação com a dos adultos jovens, além disso, ambas as faixas etárias contam com estratégias de navegação distintas para resolver a tarefa. Tal permite concluir que, um melhor desempenho durante a navegação baseada em pontos de referência está associado ao aumento da atividade neural numa rede neural estendida, compreendendo várias regiões corticais e cerebrais.

Comparações diretas entre as faixas etárias revelaram que os jovens participantes apresentaram uma maior atividade temporal anterior. Ademais, apenas os adultos jovens mostraram atividade significativa nas áreas occipitais correspondentes à projeção cortical do campo visual central durante a navegação baseada em pontos de referência. A análise à região de interesse revelou um aumento da ativação da área do occipital em participantes idosos durante a condição de referência.

A imagética, por seu lado, é uma técnica popular e uma estratégia bem estabelecida, utilizada frequentemente para auxiliar a aprendizagem de aptidões motoras ou de reaprendizagem (Cumming & Williams, 2012; Cumming & Ramsey, 2009).

A imagética utiliza todos os sentidos e manifesta-se de diferentes formas (por exemplo, visual, tátil ou cinestésica). Investigações definem-na como um processo pelo qual as pessoas imaginam a execução de uma ação sem movimentos reais do corpo. Nas imagens de ação, os aspetos visuais e cinestésicos da ação imaginada são particularmente importantes. No entanto, outras modalidades sensoriais também poderão assumir um papel importante na criação de imagens mentais (Krüger et al., 2022).

A imagética é definida como um processo de (re)criação a partir de experiências mentais criadas a partir de informações que se encontram guardadas na memória, que abarca as experiências sensoriais, afetivas e perceptivas. A (re)criação é controlada pelo indivíduo e pode acontecer na ausência de um estímulo real anterior (Vealey & Forlenza, 2015).

Para Vealey e Forlenza (2015, p. 249), a imagética é uma “experiência multissensorial”, já que constantemente revivemos experiências passadas e imaginamos eventos desejados, em imagens, sons e cheiros com os nossos sentidos. Também podemos experimentar as mesmas emoções que o evento real gerou, o que pode levar a mudanças em indicadores fisiológicos, como frequência cardíaca, respiração ou tensão muscular. Um evento imaginário pode, desta forma, provocar respostas emocionais e fisiológicas da vida real. Com a prática, podemos manipular a nossa imaginação para prever os próximos eventos. Podemos “repetir” essas experiências de imagens em tempo-real (na mesma velocidade em que ocorrem) ou podemos retardá-las. (Vealey & Forlenza, 2015).

Os autores (Cheng et al., 2022), concluíram que a visualização de pontos de referência ao seguir uma rota pode apoiar a aprendizagem espacial durante a navegação assistida por mapas, existindo um limite potencial: a visualização de pontos de referência nos mapas beneficia a aprendizagem espacial dos utilizadores apenas quando o número de pontos de referência visualizados não excede a capacidade cognitiva dos utilizadores. Estes resultados esclarecem mais sobre as correlações neuronais subjacentes à carga cognitiva e à codificação visuoespacial durante a aprendizagem espacial na navegação assistida por mapas, contribuindo também para o *design* de visualização de pontos de referência neuro-adaptativa para auxílios de navegação. As análises das EEG revelaram que a potência relativa do *theta*, aumenta na condição de sete pontos de referência, o que indica um aumento na carga cognitiva.

Embora tradicionalmente se pense que as imagens mentais estão inerentemente ligadas à percepção visual, evidências crescentes mostram que as imagens mentais também podem surgir de modalidades não visuais. É disso exemplo o caso dos indivíduos que nasceram invisuais ou que ficaram invisuais logo após o nascimento. Existem evidências relativas a diferentes aspetos

da cognição que mostram que indivíduos invisuais são capazes de gerar imagens mentais analógicas com base em informações táteis ou auditivas. Essas representações permitem que indivíduos invisuais tenham um desempenho eficiente numa variedade de domínios que exigem o uso de imagens (como memória, capacidade espaciais e de navegação, cognição numérica), embora exibam, em alguns casos, limitações ou diferenças específicas, que provavelmente dependerão da modalidade pela qual a informação é geralmente adquirida por esses indivíduos (por exemplo, por meio da sensação tátil e da audição) e das estratégias específicas utilizadas (Renzi et al., 2013).

Outro aspeto importante está relacionado com a memória precisa da localização de um objeto em relação ao próprio corpo, denominada memória visuoespacial egocêntrica, que é essencial para a ação direcionada ao objeto. Embora estudos (Tani et al., 2023) tenham sugerido que o cérebro armazena informações relacionadas com a memória visuoespacial egocêntrica não apenas no referencial centrado no olho, mas também noutros referenciais egocêntricos (isto é, centrados na cabeça ou no corpo, ou em ambos), as evidências experimentais são escassas.

A EEG é um método de monitorização eletrofisiológico, normalmente utilizado para registar as atividades elétricas do cérebro. É um método não-invasivo, em que os elétrodos são colocados no couro cabeludo. Nas últimas décadas, a técnica de EEG tem sido preferida para avaliar a atividade cerebral em humanos. Salientam-se duas vantagens principais face a outros tipos de técnicas: o custo reduzido e a elevada resolução temporal que permite realizar estudos em tempo-real (Spriggs et al., 2018).

As dinâmicas cerebrais associadas a eventos de informação espacial podem ser analisadas usando métricas de resposta relacionadas a eventos bem estabelecidas nos domínios de tempo e tempo-frequência. As medições da EEG do couro cabeludo têm a vantagem da mobilidade total sobre outras técnicas. Assim, a gravação de EEG do couro cabeludo num espaço de captura de movimento num ambiente de aplicação de realidade virtual fornece uma nova janela de oportunidade para estudos de cognição espacial em humanos (Miyakoshi et al., 2021).

A tomada de decisão ativa fortalece a via pré-frontal-hipocampal-estriatal, sendo as oscilações *theta* dentro do circuito pré-frontal-hipocampal-estriatal críticas para novas aprendizagens (Buzsáki & Moser, 2013). Evidências recentes (Chrastil et al., 2022, Pu et al., 2016) sugerem a possibilidade de que o movimento e o processamento espacial possam ser um fator adicional para as oscilações *theta*. Além disso, os resultados indicam que as oscilações *theta* estão relacionadas com os processos de codificação e recuperação da memória e não são

exclusivas da velocidade de movimento. Essas descobertas fornecem evidências para a teoria da codificação de memória sobre a natureza das oscilações *theta* na navegação humana. Foram também encontradas evidências de oscilações *alpha*, sugerindo que a atenção também pode ser um fator importante na aprendizagem ativa. Estas descobertas sugerem que os comportamentos exploratórios durante a aprendizagem espacial são importantes. As oscilações *theta* facilitam a dinâmica da aprendizagem desse processo (Chrastil et al., 2022).

Com vista a aumentar os benefícios para o desempenho, o modelo PETTLEP (Holmes & Collins, 2001), inclui sete elementos que poderão ser utilizados individualmente ou em combinação sendo o Físico – *Physical*; o Ambiente – *Environment*, a Tarefa – *Task*; o Tempo – *Timing*, a Aprendizagem – *Learning*, a Emoção – *Emotion*, e a Perspetiva – *Perspective*), (vide Figura 1 no apêndice V). O elemento físico é muito importante no modelo PETTLEP, uma vez que define a imaginação como um processo físico que resulta em aspetos fisiológicos mensuráveis. Para se obter os melhores benefícios, as imagens devem ser vividas o mais fisicamente possível. De acordo com o modelo PETTLEP, as imagens devem ser o mais semelhante possível ao ambiente de desempenho da tarefa, enquanto que na tarefa, o conteúdo das imagens deve ser adequado ao nível de competência a desenvolver. O tempo, por seu lado, define a velocidade na qual as imagens são passadas e devem de ser definidas em relação ao propósito da tarefa, já a aprendizagem do conteúdo das imagens deve ser adaptada em resposta às aprendizagens, pois a cognição e os sentimentos experimentados durante o movimento mudarão à medida que o indivíduo se torna mais habilidoso. As emoções, por seu turno, desempenham um elemento muito importante pois imagens realistas nas instruções de imaginação tornam a imaginação muito mais evocativa do cenário da vida real e pode, portanto, levar a uma experiência de imaginação mais vívida. Por último, a perspetiva, é o ponto de vista do executante durante a imaginação. Tal, pode ser interno, primeira pessoa, ou seja, através dos olhos do executante ou externo, terceira pessoa, ou seja, a pessoa vê-se a si mesmo atuando como se estivesse a assistir na televisão (Holmes & Collins, 2001).

Os mapas cognitivos foram introduzidos pela primeira vez como mapas imaginários por Trow-Ponte em 1913, e mais tarde como mapas cognitivos por Tolman em 1948, como uma representação mental de um ambiente no cérebro do rato.

Todos os organismos capazes de deslocação têm de lidar com o espaço e as relações espaciais dentro do seu ambiente. Tarefas simples de planeamento, caminho de integração ou busca sistemática podem ser alcançadas sem uma representação mental do espaço, enquanto que as competências avançadas exigem o reconhecimento de lugares bem como o conhecimento

das relações espaciais, como a distância e rumo de um objetivo, rotas ou configurações de lugares. As representações mentais do espaço são frequentemente denominadas de *mapas cognitivos* (Gillner & Mallot, 1998).

A investigação com mapas cognitivos é geralmente realizada em informações visuais, no entanto, esta informação não está disponível para pessoas com cegueira. Estas pessoas dependem de capacidades sensoriais não visuais, como informações auditivas e hápticas. A modalidade visual difere das modalidades auditivas e hápticas em vários aspetos relacionados com a transmissão de informação espacial e como ela contribui para a formação do mapa cognitivo, por exemplo, a informação visual permite a perceção simultânea de informações abundantes no ambiente (Ottink et al., 2022).

Nos últimos anos, a navegação espacial humana tem sido cada vez mais estudada em espaços virtuais (Fialho et al., 2021, Miyakoshi et al., 2021, Li et al., 2021). A utilização de um espaço virtual tem várias vantagens sobre a navegação no espaço real, incluindo, o controle e a manipulação de fatores experimentais, permitindo aos participantes explorarem ativamente, práticas repetitivas e a utilização de *feedback*. Porém, existem algumas limitações nos espaços virtuais, como o ângulo de visão estreito e a baixa resolução. Independentemente dessas limitações, a realidade virtual e os mapas cognitivos construídos dentro dela mostram uma boa tradução para a navegação espacial do mundo real e de fácil transferência entre ambientes clínicos e de pesquisa (Spriggs et al., 2018).

Neste sentido, e enquadrados com estes resultados, foram realizados os estudos elencados de seguida com tarefa de navegação espacial em ambiente virtual. O estudo de Fialho (Fialho et al., 2021), focado na memória espacial usando a tarefa *SoundSpace* em realidade virtual, explorando a influência de pistas auditivas 3D na navegação espacial sem visão. Implementou-se com três níveis de dificuldade, avaliando o desempenho por meio de métricas comportamentais como colisões, passos, avisos, e tempo de execução. Os resultados indicaram uma correlação entre o desempenho em testes neuropsicológicos de memória e a execução da tarefa, evidenciando a contribuição das informações auditivas para a navegação espacial e apontando para a validade convergente da tarefa (Fialho et al., 2021).

No estudo de Li, pretendeu-se compreender como o cérebro representa diferentes escalas espaciais e quadros de referência durante a navegação espacial. Foi utilizada uma meta-análise ALE (*activation likelihood estimation*) de 47 estudos de fMRI (*Functional magnetic resonance imaging*), descobriu-se que tanto os espaços ambientais quanto os de vista ativavam áreas específicas do cérebro, como a área para-hipocampal, o complexo retroesplénico e a área

occipital. Os espaços ambientais provocaram maior ativação em regiões occipitais e frontais comparativamente aos da vista. Adicionalmente, referenciais alocléricos e egocêntricos ativavam bilateralmente o perirrinal parahipocampal e o complexo do sulco retrosplenial direito, com ativações mais fortes para o quadro aloclérico em várias regiões, sugerindo que diferentes escalas espaciais e quadros de referência são processados por regiões cerebrais específicas e comuns (Li et al., 2021).

Já Miyakoshi, explorou a navegação espacial e a sua relação com as funções cognitivas, utilizando o paradigma *AudioMaze*. Neste, os participantes exploravam um labirinto virtual em realidade aumentada, guiando-se exclusivamente por *feedback* auditivo, enquanto eram monitorizados por EEG e captura de movimento. Descobriu-se que a aprendizagem espacial se manifestava na redução do tempo despendido e no aumento da velocidade de movimento à medida que os participantes repetiam a tarefa, enquanto que a análise da EEG mostrou alterações na potência do sinal na circunvolução, sugerindo uma correlação neural com a aprendizagem espacial (Miyakoshi et al., 2021).

Em síntese, as neurociências têm investigado como os seres humanos lidam com o espaço ao seu redor, revelando uma heterogeneidade comportamental em relação à capacidade de navegação e ao processamento de informações espaciais. Destaca-se a importância das capacidades de navegação espacial para a sobrevivência, demonstrando que estas competências são fundamentais para comportamentos complexos, como a procura de alimentos. A navegação espacial é complexa, envolvendo diversas funções cognitivas, como a memória, a percepção visual e espacial, e as funções executivas. São fundamentais as estratégias de navegação baseadas em pontos de referência, existindo diferenças nas competências de navegação entre faixas etárias distintas. Além disso, a imagética é uma técnica popular para ajudar na aprendizagem das capacidades motoras ou de reaprendizagem, envolvendo a recriação de experiências mentais a partir de informações guardadas na memória.

CAPITULO 2

2.1. Objetivos da investigação

2.1.1. Objetivo geral

Este trabalho visou estudar os mecanismos adjacentes à imagética na navegação espacial em indivíduos normativos e visuais recorrendo a um ambiente em realidade virtual - *Soundspace*. O estudo foi dividido em três fases:

- 1) Exploratória,
- 2) Imagética (aprendizagem), e
- 3) Teste (recuperação).

Os participantes foram distribuídos aleatoriamente por dois cenários com grau de dificuldade diferente. A primeira fase, exploratória no *Soundspace*, foi realizada com o intuito de avaliar o comportamento dos participantes sem treino no respetivo cenário. Na segunda fase, foi realizado um treino de imagética com o intuito de formar um mapa mental de um novo ambiente (cenário ou praia). Na terceira fase, por seu lado, foi testada a influência da utilização da imagética em cada um dos grupos, isto é, o grupo que teve o treino de imagética para o cenário foi submetido ao mesmo ambiente treinado, em comparação com o outro grupo que treinou a imagética sem referência ao cenário (praia).

Durante as três fases do estudo foi feita uma exploração com o objetivo de analisar as métricas relacionadas com a performance e com a leitura da EEG.

2.1.2. Objetivos específicos

De uma forma mais granular, este trabalho pretende:

- a) Estudar a eficiência dos participantes na navegação num ambiente com ajuda da imagética.
- b) Estudar os tempos e erros detetados no percurso dos ambientes e explorar a existência de um efeito de aprendizagem.
- c) Efetuar um estudo exploratório com vista a detetar padrões de ativação das bandas, *theta* e *alpha* no processo de imagética na EEG.

2.2. Método

2.2.1. Amostra

A amostra é constituída por 24 participantes adultos, 11 do género masculino e 13 do género feminino, com idades compreendidas entre os 18 e os 45 anos, divididos aleatoriamente em dois grupos e recrutados na comunidade universitária: É pretensa inicial que a amostra total

fosse homogénea. Para a participação neste estudo, recorreu-se a uma amostra de conveniência, obedecendo aos seguintes critérios: adulto com idades entre os 17 e os 65 anos, sem histórico de doença neurológica ou psiquiátrica. Os participantes são oriundos de Portugal, em particular da região urbana de Lisboa. Em relação à experiência de realidade virtual, não são necessários pré-requisitos.

2.3. Instrumentos

Foram utilizados dois instrumentos *Wechsler Memory Scale – Revised* (WMS-R) e o *Movement Imagery Questionnaire-3* (MIQ-3).

O WMS-R é um teste psicológico amplamente utilizado para avaliar a memória em adultos. Este teste foi desenvolvido como uma ferramenta para avaliar diferentes aspetos da memória, incluindo a memória verbal, a memória visual e a memória de curto prazo. O teste é composto por várias subescalas que medem diferentes componentes da memória, como a capacidade de lembrar listas de palavras, reter informações visuais e reproduzir sequências de números.

A versão revisada do WMS-R foi adaptada e aferida para a população portuguesa, garantindo que as normas e padrões de referência são apropriados para essa população específica. Isso significa que os resultados obtidos no teste podem ser comparados com dados de outras pessoas da mesma população, permitindo uma avaliação mais precisa das habilidades de memória de um indivíduo em relação aos seus pares.

A aplicação deste teste (WMS-R) em contextos clínicos e de pesquisa em Portugal tem sido valiosa para a avaliação e compreensão das capacidades de memória dos adultos, fornecendo *insights* importantes para o diagnóstico e tratamento de distúrbios da memória, bem como para estudos sobre o envelhecimento cognitivo e outras condições que afetam a memória em adultos portugueses.

Foi utilizado um questionário de imagética, o MIQ-3 (Williams et al., 2012), instrumento que consiste em três subescalas para avaliar as formas como as pessoas imaginam movimentos. Essas formas incluem a sensação de movimento no corpo cinestésica, a visualização interna e a visualização externa. Os participantes realizam quatro movimentos básicos: levantar o joelho, saltar, movimentar o braço e dobrar a partir da cintura. Estes quatro movimentos são executados fisicamente e recriados mentalmente três vezes em cada uma das formas de imaginação, resultando num questionário de 12 itens.

Para avaliar o quão clara é a imagem mental, foram utilizadas duas escalas do tipo *Likert* com 7 pontos, que variam de "muito difícil de ver (ou sentir)" a "muito fácil de ver (ou sentir)", dependendo da forma de imaginação realizada. Antes de preencher o questionário, os participantes receberam definições das formas de visualização interna e visualização externa e imaginação cinestésica. A visualização interna foi descrita como "quando tu te vês a realizar o movimento de um ponto de vista interno, ou na perspectiva da primeira pessoa, é como se estivesses realmente dentro de ti, realizando e vendo a ação através dos teus olhos". A visualização externa foi explicada como "quando tu te vês a realizar um movimento através de um ponto de vista externo ou da terceira pessoa, é como se estivesses a ver um filme". A imaginação cinestésica, por seu turno, foi definida como "os sentimentos e sensações que sentes como se estivesses realmente realizando o movimento".

O MIQ-3 mostrou boa consistência interna para cada fator através da análise fatorial exploratória, com valores de *alpha* de *Cronbach* superiores a 0.7 e variância média extraída acima de 0.5. A pontuação da Imaginação é obtida somando a avaliação da imagem visual interna, externa e do sentido cinestésico, com cada forma de imaginação tendo uma pontuação máxima de 28 pontos e um total do MIQ-3 de 84 pontos.

Na tarefa de navegação no espaço de realidade virtual (RV) foi utilizado o *Soundspace*, criado em *Unity* para a finalidade deste projeto. A tarefa *Soundspace* descreve uma tarefa de realidade virtual usando som 3D para navegação espacial. Esta tarefa foi desenvolvida usando o *Unity 3D (Unity Technologies®)*, um mecanismo de jogo que permite criar mundos virtuais em 3D. Esta tarefa foi desenvolvida para ser implementada em realidade virtual através do *Oculus Rift S* com pistas auditivas SOBI também desenvolvidas e calibradas no ambiente virtual. Após o desenvolvimento do *Soundspace* para este estudo, foram criados 2 níveis de dificuldade num quadrado comum com 4x4 m de área (*vide*. Figuras 2 e 3 no apêndice VI). O ambiente RV foi calibrado com um ambiente real e a navegação foi realizada caminhando no ambiente real em resposta ao *feedback* auditivo da tarefa *Soundspace*. Os objetos no ambiente, as paredes e o final dos cenários emitem sons diferentes, isto é, cada um deles têm propriedades sonoras distintas que permitem a sua distinção e identificação.

2.4. Medidas

Utilizou-se um questionário de dados sócio-demográficos, um questionário de verificação de competências imagéticas (MIQ-3), e a bateria de memória de *Wechsler-Revista WMS-R*, todos eles na sua versão em português. Foi desenvolvida uma tarefa experimental,

assente em realidade virtual (*Soundspace*) e imagética, isto é, os participantes realizaram a tarefa em laboratório (MovLab) com a ajuda de um dispositivo de realidade virtual que emitia sons quando o participante tocava nos objetos ou paredes do ambiente. Na tarefa, foram recolhidos dados, como: o tempo total, o tempo percorrido desde o início até ao alvo, o tempo percorrido do alvo até ao início (*vide*. Figuras 4 no apêndice VII). Foram também contabilizados os impactos nos obstáculos e nas paredes assim como os metros percorridos, tanto no percurso até ao alvo como no percurso inverso (regresso do alvo ao início).

Recorreu-se a um método de monitorização EEG, método não-invasivo, com 32 elétrodos (*vide*. Figuras 10 no Apêndice XVII) colocados no couro cabeludo, para registar a atividade elétrica do cérebro. De notar que o presente estudo é um estudo experimental e exploratório.

2.5. Procedimentos

Inicialmente, foi solicitado um parecer à Comissão de Ética da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Após parecer positivo iniciaram-se os testes em laboratório da aplicação de realidade virtual e da EEG. Os grupos do estudo foram aleatoriamente distribuídos em duas condições (com treino de imagética para a tarefa do percurso específico e treino de imagética sem contexto específico) e pela ordem de início das tarefas com níveis de dificuldade do percurso diferentes. Os obstáculos e os graus de dificuldade do percurso estão limitados pelas paredes virtuais e pelas limitações físicas do próprio laboratório.

Todos os procedimentos realizados desde o preenchimento da ficha com os dados pessoais, leitura e assinatura do consentimento informado, aplicação do questionário e das provas neuropsicológicas como a aplicação da tarefa experimental (aplicação de realidade virtual e da EEG), decorreram no laboratório MovLab (*vide*. Figuras 7 no apêndice IX) da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Foi pedido aos participantes para lerem, preencherem e assinarem o consentimento informado (*vide*. apêndice III) e o questionário com dados sociodemográficos. Posteriormente, foi apresentado o espaço físico aos participantes assim como as regras do exercício e de segurança. Os sujeitos, testaram, em ambiente virtual, os sons que iriam ouvir dos objetos, paredes e do alvo. Foi explicado que o objetivo da tarefa era chegar ao alvo, com a ajuda de um som “*bip*” com intensidade variável que indicava a distancia ao alvo, e regressar ao início já

sem qualquer ajuda sensorial. Foi solicitado explicitamente, que decorassem o caminho, pois, quando descobrissem o alvo, teriam de regressar ao ponto de partida (início).

Na primeira fase, os participantes, foram expostos à tarefa exploratória, a qual tem como objetivo navegar por um percurso desconhecido sem ajuda visual no espaço. Durante o percurso foram ouvidos sons com pistas auditivas projetadas pelos objetos e paredes (através da técnica de realidade virtual), e um som crescente ao longo do percurso até ao alvo com intuito de ajudar a encontrá-lo, o que foi sinalizado por um som específico à chegada. Atingido o alvo, iniciava-se o percurso inverso sem a utilização de qualquer som de apoio, recorrendo exclusivamente à memória/imagética.

Na segunda fase do estudo, foi realizado um treino de imagística, aplicado a ambos os grupos, recorrendo a um guião construído com base no modelo PETTLEP.

Para o treino de imagética, os participantes foram sentados numa cadeira em frente a uma mesa, onde foi lido o respetivo guião, (guião da tarefa vs guião da praia), previamente divididos nos grupos. O grupo 1, foi submetido ao treino de imagética em preparação da terceira fase, utilizando o guião (*vide.* apêndice I) e recorrendo à maquete 3D (*vide.* Figuras 5 e 6 no apêndice VIII), construída especificamente para este estudo através de uma impressão 3D, à escala 1:26 do espaço da tarefa, que consistia em percorrer a maquete com as mãos imaginando-se dentro do mesmo. O grupo 2, foi submetido ao treino de imagética, utilizando o guião 2 (*vide.* apêndice II) imaginando-se a percorrer um caminho da praia, da areia até ao mar.

Ambos os grupos, foram sujeitos ao mesmo tempo (15min.) na segunda fase da experiência.

Na terceira fase, os participantes foram expostos à condição experimental, isto é, grupo 1 foi exposto ao ambiente treinado na segunda fase do treino da imagética, enquanto o grupo 2 foi sujeito ao mesmo ambiente sem treino. As três fases foram monitorizadas com a leitura da EEG (*vide.* Figuras 8 e 9 dos apêndices X e XI).

A experiência foi sempre acompanhada pelo experimentador durante toda a execução da prova.

Finalizada a recolha dos dados, da componente experimental do estudo, foi realizado o questionário de verificação de competências imagéticas (MIQ-3) e a aplicação da bateria de memória de *Wechsler*-Revista WMS-R, com o intuito de avaliar as capacidades de imagética e estudar as várias componentes da memória dos sujeitos.

No final, foi ainda solicitado aos sujeitos que replicassem em papel a imagem mental dos caminhos e dos limites dos espaços e percursos percorridos.

2.6. Processamento de dados

O processamento de dados EEG é uma etapa fundamental para a análise de sinais eletroencefalográficos, e é um processo complexo que requer conhecimento de técnicas de processamento de sinais e de neurociência. A correta implementação deste processo é essencial para garantir a qualidade dos resultados da análise dos dados EEG.

Após a ter sido realizada a recolha dos dados de todos os participantes, foi iniciada a fase de processamento dos dados através do programa EEGLAB (versão 2021.1). Para este processamento foi necessário importar os ficheiros obtidos associados com o registo realizado durante a tarefa de cada um dos participantes, realizando seguidamente a atribuição dos canais, para garantir que não havia irregularidades ao nível dos tempos e da qualidade dos dados em cada registo. Após esta análise atribuíram-se filtros de modo a remover frequências demasiado baixas ou altas em forma de ruído, para isto foi adicionado o valor de 1 Hz no filtro *Low Pass* e de 70 Hz para o filtro *High Pass*. Depois de atribuir os filtros foi realizada a referenciação dos dados na qual os canais associados com as componentes de X, Y e Z foram removidos sobrando apenas os 32 canais relevantes para o estudo. Foi realizada uma análise de componentes independentes pelo algoritmo SOBI (*Second Order Blind Identification*) para a identificação dos componentes associados a artefactos. Destes foram identificados automaticamente pelo *software* EEGLAB e de acordo com a probabilidade de ruído proveniente da atividade elétrica cardíaca e muscular e ruído da linha elétrica. A última etapa do processamento foi a de remoção de artefactos, na qual as épocas com contaminação foram eliminadas e realizou-se a decomposição por ICA (*Independent Component Analysis*), que permitiu a eliminação de artefactos associados com movimentos musculares e dos olhos, assim como o pestanejar do participante, que são registados predominantes nas regiões frontais do cérebro. A análise dos resultados foi realizada para um nível de significância de 0,05. Foi estudado o poder da frequência de atividade *alpha* (8-13Hz), *beta* (13-38Hz), *delta* (1 e 3Hz), *theta* (3-8Hz) e *gama*(39-100Hz).

2.7. Análise estatística

Para a análise dos dados recolhidos foi utilizado o programa estatístico da IBM: SPSS *Statistics*, versão 28. Considerando a dimensão da amostra, optou-se por realizar a análise descritiva, média e desvio padrão, para o teste neuropsicológico WMS-R e questionário MIQ-3, assim como a análise dos dados de tempos totais, tempos até ao alvo, do alvo ao final, número

de toques totais nas paredes e obstáculos, número de toques nas paredes e obstáculos até ao alvo, número de toques nas paredes e obstáculos do alvo até ao final.

Para a inferência estatística realizou-se uma análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas mistas com o objetivo de investigar a existência de diferenças significativas entre as médias referente às variáveis dependentes relacionadas com o desempenho na tarefa.

Adicionalmente, de modo a compreender o grau de associação entre os tempos, as distâncias, os toques com a tarefa experimental, e a imagética, recorreu-se a correlações bivariadas de *Pearson*, com um nível foi *alpha* 0,05.

CAPITULO 3

3.1. Resultados

3.1.1. Análise descritiva às provas utilizadas

No presente estudo, realizou-se uma análise exploratória dos dados para investigar as características demográficas, o desempenho dos momentos experimentais nas suas diferentes métricas, caracterizar as preferências de imagética dos participantes e por fim caracterizar o seu desempenho no teste de memória.

Em relação às características demográficas, identificou-se uma distribuição quase equitativa entre os géneros, com uma leve predominância do sexo feminino, compreendendo 13 participantes femininos (54.17%) e 11 masculinos (45.83%). A idade média dos participantes foi de 22,29 anos (DP = 5,58), tendo o mais novo 18 anos e o mais velho 45 anos, refletindo uma população jovem e com uma variação moderada nas idades (*vide.* apêndice XII).

Quanto às tarefas experimentais, foi realizada uma comparação entre dois momentos experimentais distintos (momento pré-imagética vs. momento pós-imagética), com foco em diversas métricas de desempenho. Os resultados apontam para variações entre os momentos. No que se refere ao tempo total, o primeiro momento registou um tempo médio de (M=193,75; DP=107,53), (*vide.* apêndice XIII) enquanto no segundo momento, este valor aumentou para (M=200,92; DP=131,18), sugerindo alterações nas condições ou na abordagem dos participantes ao longo da experiência. Em relação às interações com as paredes limites do ambiente virtual, observou-se um aumento nos toques, do primeiro momento para o segundo momento, passando de (M=3,25; DP=3,54) no primeiro momento para (M=3,88; DP=2,72) no segundo momento. Por outro lado, os toques em obstáculos apresentaram uma tendência de diminuição, indo de (M=4,92; DP=3,56) no primeiro momento para (M=3,83; DP=2,08) no segundo momento. Estas mudanças podem refletir uma adaptação no comportamento dos participantes ou uma alteração no ambiente experimental.

Além disso, a distância total percorrida pelos participantes diminuiu, passando de (M=11,23; DP=5,79) (*vide.* apêndice XIII) no primeiro momento para (M=10,14; DP=5,45) no segundo. Esta redução pode indicar uma maior eficiência na execução da tarefa ou uma mudança nas estratégias de movimentação.

Relativamente ao questionário sobre imagética, a análise descritiva revela padrões distintos nas perceções dos participantes em diferentes tipos de imagens. Para a "Imagem Visual Interna", os dados mostraram uma média e um desvio padrão (M=22,5; DP=3,88), indicando uma consistência moderada nas respostas dos participantes. Na categoria "Imagem Visual

Externa", a média e o desvio padrão foram ligeiramente mais altos ($M=23,46$; $DP=4,26$), sugerindo uma maior variabilidade nas experiências dos participantes ao visualizar imagens de um ponto de vista externo. Por fim, na "Imagem Cinestética", os resultados indicaram uma média e um desvio padrão ($M=22,92$; $DP=3,54$) (*vide*. apêndice XIII), demonstrando um nível de resposta semelhante ao da imagem visual interna. Estes resultados ilustram as diferenças subtis na maneira como os participantes experimentam e relatam as suas imagens visuais internas, externas e cinestésicas.

Na escala de memória da WMS-R, o grupo experimental demonstrou no quociente de memória (QM) um desempenho médio e um desvio padrão de ($M=96$; $DP=9,77$) (*vide*. apêndice XIII). Esses resultados indicam uma variabilidade moderada nas pontuações de memória dentro do grupo. A média de 96 está próxima ao ponto médio da escala de pontuação do QM, sugerindo um desempenho médio em comparação com as normas estabelecidas para a população em geral.

3.1.2. Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial

Procedeu-se à realização de uma Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas com o objetivo de investigar a existência de diferenças significativas entre as médias, bem como a influência de determinados fatores em variáveis dependentes. Esta análise engloba a comparação da diferença da tarefa antes e depois do treino de imagética, sendo o efeito principal intra-sujeitos (momento), e se existe variação consoante o tipo de tarefa, interação entre-sujeitos (treino de imagética). Esta análise foi realizada tendo em conta as seguintes variáveis dependentes em relação ao Tempo de duração da prova, Distância percorrida, Toques nas paredes e obstáculos.

Relativamente ao Tempo, a análise teve em consideração as seguintes variáveis dependentes: 1) Tempo total; 2) Tempo percorrido até ao alvo; 3) Tempo percorrido do alvo até ao fim do exercício.

Tempo total: efetuou-se a comparação entre o tempo registado no primeiro e no segundo momento, analisando ainda a variação conforme o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). Relativamente ao efeito principal, a ANOVA mostra que não existe uma diferença significativa, [$F(1,22)=0,067$; $p=0,798$], nem na interação, [$F(1,22)=0,182$; $p=0,674$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Tempo percorrido até ao alvo: comparou-se a diferença do primeiro momento com o segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa).

No que respeita ao efeito principal, a ANOVA mostra que não existe um efeito significativo [$F(1,22)=0,059$; $p=0,811$], e no campo da interação, não é significativa [$F(1,22)=0,001$; $p=0,977$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Tempo percorrido do alvo até ao fim do exercício: comparou-se a diferença do primeiro momento com o segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). Relativamente ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=0,198$; $p=0,661$]. Quanto à interação, entre os fatores, a mesma não é significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,229$; $p=0,637$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Relativamente à Distância, a análise teve em consideração as seguintes variáveis dependentes: 1) Distância total; 2) Distância percorrida até ao alvo; 3) Distância percorrida do alvo até ao fim do exercício.

Distância total: comparou-se a distância total em metros entre o primeiro e o segundo momento, verificando igualmente a variação conforme o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). A ANOVA em relação ao efeito principal, revela não existir um efeito significativo [$F(1,22)=0,398$; $p=0,535$], nem se observa interação significativa [$F(1,22)=1,139$; $p=0,297$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Distância percorrida até ao alvo: comparou-se a diferença entre a distância em metros do primeiro momento com a distância do segundo momento e se existe variação consoante do tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). No que se refere ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=0,481$; $p=0,495$]. Quanto à interação, não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,136$; $p=0,716$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Distância percorrida do alvo até ao fim do exercício: comparou-se a diferença entre a distância do primeiro momento com a distância do segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). Relativamente ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=0,920$; $p=0,348$]. Quanto à interação, não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,587$; $p=0,452$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

No que concerne aos Toques nas paredes, a análise considerou três variáveis dependentes: 1) Toque total nas paredes; 2) Toque nas paredes no percurso até ao alvo; 3) Toque nas paredes do alvo até ao fim do exercício.

Toque total nas paredes: comparou-se a diferença entre o primeiro e o segundo momento, assim como a variação em função do tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa).

Segundo a ANOVA, não existe diferença significativa no efeito principal [$F(1,22)=0,532$; $p=0,474$], enquanto que a interação, também não é significativa [$F(1,22)=1,255$; $p=0,275$], detalhes adicionais são apresentados na (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Toque nas paredes no percurso até ao alvo: comparou-se a diferença de toques nas paredes desde o início até ao alvo do primeiro momento com os toques no segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). Por referência ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=0,019$; $p=0,892$]. Quanto à interação, não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,509$; $p=0,483$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

Toque nas paredes do alvo até ao fim do exercício: comparou-se a diferença do primeiro momento com o segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). Relativamente ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=0,788$; $p=0,384$]. Quanto à interação, não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,988$; $p=0,331$] (*vide*. Tabela 3 no apêndice XIV).

A análise efetuada relativamente aos Obstáculos, considerou as seguintes variáveis dependentes: 1) Toque total nos obstáculos; 2) Toque nos obstáculos até ao alvo; 3) Toque nos obstáculos do alvo até ao fim do exercício.

Toque total nos obstáculos: a ANOVA comparou a diferença de toques totais nos obstáculos do primeiro momento com os toques totais nos obstáculos do segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). Quanto ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=1,551$; $p=0,226$], no âmbito da interação, também não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,648$; $p=0,430$], tal como se pode observar no apêndice XIV na Tabela 3.

Toque nos obstáculos até ao alvo: comparou-se a diferença entre o primeiro momento e o segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). No que se refere ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=1,451$; $p=0,241$]. Quanto à interação, não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,231$; $p=0,636$], como se pode ver na Tabela 3 do apêndice XIV.

Toque nos obstáculos do alvo até ao fim do exercício: comparou-se a diferença de toques do primeiro momento com os do segundo momento e se existiu variação consoante o tipo de tarefa de imagética (praia ou tarefa). No que concerne ao efeito principal, a ANOVA mostra que a diferença não é significativa [$F(1,22)=0,340$; $p=0,566$]. Relativamente à interação,

não se verifica uma interação significativa entre os fatores [$F(1,22)=0,340$; $p=0,566$], como se pode observar na tabela 3 do apêndice XIV.

3.1.3. Análise das correlações entre o questionário e as variáveis das tarefas de navegação espacial

Realizou-se uma análise de correlação de *Pearson* entre diversas variáveis, incluindo medições de tempo (total, até ao alvo e desde o alvo até ao fim do exercício), número de toques em paredes e obstáculos (total, até ao alvo e desde o alvo até ao fim do exercício), distância percorrida em metros e diferentes tipos de imagens ou representações internas, externas e cinestéticas. A análise desses dados revela algumas relações significativas sobre as relações entre essas variáveis.

Na dimensão “Imagem Visual Interna”, foram observadas apenas relações lineares negativas fracas e não significativas com as variáveis relativas à performance no 2º momento.

Em contraste, os resultados obtidos relativamente aos valores respeitantes à correlação entre "Imagem Visual Externa" e as variáveis no 2º momento (pós-imagética), mostram correlações significativas com as seguintes variáveis: "2º Total - Tempo - segundos", ($r= -0,601$; $p=0,002$), “2º Dep, Alvo - Tempo – segundos”, ($r= -0,617$; $p=0,001$), “2º Total Paredes”, ($r= -0,553$; $p=0,005$) e “2º Dep, Paredes”, ($r= -0,51$; $p=0,010$) (*vide*. Tabela 4 no apêndice XV), que representam uma relação linear negativa moderada e estatisticamente significativa, indicando, não só que, à medida que uma variável aumenta, a outra tende a diminuir de forma moderada, mas também que essa tendência não é devida ao acaso. Estes resultados indicam que os participantes com estratégias mais focadas na “Imagem Visual Externa” tendem a apresentar melhor performance da tarefa no 2º momento através destes indicadores.

Por outro lado, no campo da "Imagem Cinestética" não existe uma relação linear entre estas variáveis, o que sugere que não há uma associação linear estatisticamente relevante entre a imagem cinestésica e as restantes variáveis (*vide*. Tabela 4 no apêndice XV).

3.1.4. Análise das correlações entre o WMS-R e as variáveis das tarefas de navegação espacial

Na correlação entre o quociente de memória (QM) do teste de memória WMS-R e as variáveis recolhidas durante a execução dos exercícios, foi identificada uma relação linear negativa moderada, sugerindo uma correlação estatisticamente significativa para as variáveis "2º Total - Tempo - segundos", ($r= -0,593$; $p=0,002$), “2º Dep, Alvo - Tempo – segundos”, ($r=$

-0,541; $p=0,006$), indicando, não só que, à medida que uma variável aumenta, a outra tende a diminuir de forma moderada, mas também que essa tendência não é devida ao acaso. Tal sugere que um melhor resultado no teste de memória está associado a uma melhor performance da tarefa no 2º momento através destes indicadores.

Por outro lado, não existe uma relação linear significativa entre as restantes variáveis, o que sugere que não há uma associação linear clara entre a memória e a execução do exercício, (*vide*. Tabela 5 no apêndice XVI)

3.1.5. Electroencefalografia durante as tarefas de navegação espacial

No que respeita aos resultados referentes à EEG durante o treino de imagética foi realizado uma análise topográfica da potencial espectral associada à atividade das bandas *theta* (3-7Hz) e *alpha* (8-12Hz) para a comparação entre o tipo de treino (Praia vs. Tarefa). Os resultados revelaram não existir diferenças significativas nesta análise, com exceção do eletrodo TP9 e TP10 ($p < 0.05$) na banda *beta* (*vide*. Figura 13 no apêndice XX)

Com um objetivo estritamente exploratório, foi ainda realizada uma análise topográfica da potencial espectral associada à atividade das bandas *delta* (0,5 a 4 Hz) e *gama* (>30 Hz.), não tendo sido encontradas diferenças significativas nesta análise, com exceção do eletrodo TP10 ($p < 0.05$) na banda *gama* (*vide*. Figura 14 no apêndice XXI).

CAPITULO 4

4.1. Discussão

O presente estudo teve como objetivo principal analisar os mecanismos subjacentes à imagética na navegação espacial em indivíduos normativos e visuais, recorrendo a um ambiente de realidade virtual para avaliar este fenómeno. A pesquisa foi estruturada em três fases distintas: (i) exploratória, (ii) de aprendizagem através da imagética, e (iii) de teste, para avaliar se o treino de imagética influenciou a execução da tarefa.

Para alcançar os objetivos propostos, o estudo recorreu a um ambiente de realidade virtual (*Soundspace*), especialmente desenvolvido para o efeito.

Os participantes foram divididos em dois grupos e navegaram em dois ambientes com graus de dificuldade distintos. Na fase exploratória, os participantes navegaram livremente no ambiente (*Soundspace*), sem qualquer treino prévio. Seguiu-se uma fase de treino em imagética, com o objetivo de desenvolver um mapa mental de dois cenários apresentados, um dirigido para a tarefa e um sem ligação a tarefa. Por fim, na fase de teste, examinou-se o impacto do uso da imagética na realização da tarefa, comparando os resultados entre um grupo de participantes que utilizou imagética específica para a tarefa e outro que empregou imagética sem referência direta à tarefa em estudo.

A nossa intenção com esta estrutura, foi a de criar um cenário virtual com tarefas de navegação distintas de forma, a estudar se a imagética facilitava o processo de navegação num ambiente virtual (*Soundspace*). Nas tarefas experimentais realizou-se uma comparação entre dois momentos experimentais distintos: momento pré-imagética e momento pós-imagética, com foco em diversas métricas de desempenho, verificando-se variações entre os momentos.

Durante todas as etapas, foram recolhidas e analisadas métricas de performance e leituras de EEG, com o intuito de obter uma compreensão mais profunda da eficácia da navegação espacial auxiliada por imagética. De maneira mais específica, o estudo visou alcançar objetivos particulares, incluindo a análise da eficiência dos participantes na navegação dos ambientes virtuais com e sem auxílio da imagética para a tarefa, a investigação dos tempos e erros observados durante a navegação, bem como a identificação de um possível efeito de aprendizagem. Adicionalmente, propôs-se realizar um estudo exploratório focado em detetar padrões de ativação das bandas *theta* e *alpha*, capturados por EEG, durante o processo de imagética. Este conjunto de objetivos visou explorar a complexidade da navegação espacial e o papel da imagética neste contexto, contribuindo para um entendimento mais rico sobre as capacidades cognitivas envolvidas e as potenciais aplicações desses conhecimentos, podendo ter implicações importantes para o desenvolvimento de novas ferramentas e técnicas de treino

para melhorar a performance na navegação espacial, tanto em indivíduos normativos como em indivíduos com deficiência visual.

Os resultados obtidos das variáveis de tempo (total, até ao alvo e desde o alvo até ao fim do exercício), número de toques em paredes e obstáculos (total, até ao alvo e desde o alvo até ao fim do exercício) e a distância percorrida em metros comparando com os diferentes tipos de imagens ou representações internas, externas e cinestéticas, indicaram algumas relações significativas entre as variáveis, Tempo total, Tempo do alvo ao fim, Toques totais nas paredes e Toques do alvo ao fim do exercício, no 2º momento (pós-imagética). Por seu lado, os resultados obtidos no cruzamento das variáveis com a dimensão imagem visual interna não evidenciaram relações lineares significativas com as variáveis relativas à performance no 2º momento.

Já os resultados obtidos relativamente aos valores referente à correlação entre imagem visual externa e as variáveis no 2º momento (pós-imagética), mostraram correlações significativas com as variáveis que representam uma relação linear negativa moderada e estatisticamente significativa, o que não só indica que à medida que uma variável aumenta, a outra tende a diminuir de forma moderada, mas também que essa tendência não é devida ao acaso. Estes resultados indicam que os participantes com estratégias mais focadas na imagem visual externa tendem a apresentar melhor performance da tarefa no 2º momento, segundo Yu et al., (2022) existe melhorias significativa no desempenho motor, planeamento e no processamento de informações no cérebro, após estimulação de tarefa visual.

Já no campo da imagem cinestética não existe uma relação linear entre estas variáveis, o que sugere que não há uma associação linear estatisticamente relevante entre a imagem cinestésica e as variáveis de desempenho. Quando comparados, os dados da memória e as variáveis recolhidas durante a execução dos exercícios, foi identificada uma relação linear negativa moderada, sugerindo uma correlação estatisticamente significativa para as variáveis, o que sugere que um melhor resultado no teste de memória está associado a uma melhor performance da tarefa no 2º momento. Por outro lado, não existe uma relação linear significativa entre as restantes variáveis, o que sugere que não há uma associação linear clara entre a memória e a execução do exercício.

Os resultados apontam para variações nos tempos de navegação e nas interações com o ambiente, bem como diferenças nas perceções relativas às imagens visuais internas, externas e cinestéticas. Apesar das variações observadas nos tempos de percurso, número de toques em paredes e obstáculos, e distância percorrida, não foram encontradas diferenças significativas

entre as médias das variáveis dependendo do momento ou do tipo de tarefa de imagética. Tal, sugere que o treino de imagética, seja ele o de caminhar na praia ou o específico para a tarefa, não teve um impacto estatisticamente significativo no desempenho das tarefas de navegação espacial por parte dos participantes. A observação de que o tempo total de navegação aumentou após o treino de imagética, pode estar relacionada com a falta de referências sensoriais significativas (visuais, auditivas, olfativas ou táteis), o que dificulta o uso de informações retidas no cérebro durante a imagética, impossibilitando a reconstrução de imagens mentais. Esta análise confirma a necessidade dos componentes de estimação para reconstruções significativas (Koide-Majima et al., 2023). Apesar da distância total percorrida pelos participantes e dos toques nos obstáculos terem diminuído nesta amostra, não sendo estatisticamente significativos, esta diminuição na amostra pode estar relacionada com uma melhor capacidade de imagética, ou seja, de formação do mapa mental dos cenários, no grupo que treinou a imagética para a tarefa. No que concerne ao aumento do número de toques em paredes limites do espaço virtual, tal poderá ser resultado da não existência de referências sensoriais de limites do espaço.

Os resultados do questionário de imagética, em relação à imagem visual interna e à imagem cinestética, mostraram uma consistência moderada nas respostas dos participantes. No que se refere à imagem visual externa, os valores foram ligeiramente mais altos, sugerindo uma maior variabilidade nas experiências dos participantes ao visualizar imagens de um ponto de vista externo. Na treino de imagética, em tarefas distintas pelos dois grupos, não se verificou diferenças significativas entre eles, mas na amostra global verificou-se existir uma relação entre a capacidade de imagética e o resultado da tarefa na dimensão, imagem visual externa.

Quando avaliamos a memória, o grupo experimental demonstrou no quociente de memória (QM) um desempenho médio quando comparado com as normas, o que mostra que o grupo estudado, não apresenta qualquer variação em relação à população em geral. A avaliação da memória. demonstrou que o desempenho do grupo experimental está em linha com a média populacional, sem variações notáveis.

Asp et al., (2021), estudou como a percepção de significado em estímulos visuais influencia a capacidade da memória de trabalho visual, descobriu que os participantes tinham um desempenho melhor e maior atividade neural quando os estímulos eram percebidos como significativos. Isso sugere que a capacidade de armazenamento ativo na memória de trabalho visual não é fixa, mas pode ser aumentada pela percepção de significado, recrutando mais recursos de memória para estímulos percebidos como significativos.

Investigações sobre cegueira ou deficiência visual demonstram desempenho negativo em tarefas de orientação espacial, sugerindo que a falta de informações visuais afeta o processamento espacial. Um estudo aborda como a orientação espacial em adultos com deficiência visual reflete a forma como esses indivíduos representam a geometria do espaço e como eles lidam com novidades na estrutura espacial durante navegações comuns (Mauerberg-deCastro et al., 2004). Esse estudo explora a influência das deficiências sensoriais, incluindo a visual, sobre o desempenho em tarefas que requerem estratégias para otimizar a função de orientação, ressaltando a importância das respostas posturais imediatas controladas por centros corticais e sub-corticais em sistemas como o vestibular, háptico, cinestésico, cutâneo, e visual háptico para a orientação.

O mesmo estudo de Mauerberg-deCastro et al. (2004) destaca como indivíduos com deficiências físicas e mentais, incluindo a deficiência visual, enfrentam maiores dificuldades em tarefas de orientação espacial. Especificamente, a deficiência visual, seja congênita ou adquirida, limita o controle visual sobre o espaço durante a mobilidade e tem um impacto significativo na navegação em ambientes complexos e com rotas irregulares. Mauerberg, citando (Schwartz 1999), afirma que a compreensão da disposição espacial do meio envolvente é, mais acessível através da visão, ainda que pessoas com limitações visuais possuam um conhecimento considerável acerca da organização espacial, apesar disso, pessoas com deficiência visual desenvolvem estratégias compensatórias no seu sistema de orientação que permitem uma navegação funcional, embora possam não ser tão eficientes quanto a navegação facilitada por percepções visuais.

Outra investigação conclui que a visualização de pontos de referência ao seguir uma rota pode apoiar a aprendizagem espacial durante a navegação assistida por mapas, embora possa existir um limite potencial: a visualização de pontos de referência nos mapas beneficia a aprendizagem espacial dos indivíduos apenas quando o número de pontos de referência visualizados não excede a sua capacidade cognitiva, o que sugere igualmente um papel importante da sobrecarga cognitiva nestas tarefas (Cheng et al., 2022). Estes resultados esclarecem mais sobre as correlações neuronais subjacentes à carga cognitiva e codificação visuoespacial durante a aprendizagem espacial na navegação assistida por mapas, contribuindo também para o *design* de visualização de pontos de referência neuro-adaptativa para auxílios de navegação.

De uma forma mais específica, este trabalho cumpriu os objetivos, ficando demonstrada que a eficiência da navegação num ambiente virtual com ajuda da imagética é

dificultada pela falta de referências visuais que ajudem a identificar trajetos. Conseguiu-se, também, demonstrar que com o treino de imagética, existem diferenças entre os tempos, distâncias e erros de percursos, mas, devido ao facto de não existir referências visuais no processo, é difícil afirmar que é devido à imagética ou ao efeito de aprendizagem.

Por outro lado, a exploração recorrendo à leitura da deteção de padrões de ativação das bandas *theta* e *alpha* no processo de imagética na EEG, foi inconclusivo, com exceção do elétrodo FT10 na banda *beta*. Com um objetivo estritamente exploratório, foi também realizada uma análise às atividades das bandas *delta* e *gama*, não tendo sido sensível às diferenças na eletroencefalografia no desempenho da prova.

No que respeita os resultados referentes à EEG durante o treino de imagética foi realizado uma análise topográfica da potencial espectral associada à atividade das bandas *theta* e *alpha* para a comparação entre o tipo de treino (Praia vs. Tarefa). Os resultados revelam não existir diferenças significativas nesta análise, com exceção do elétrodo TP9 e TP10 ($p < 0.05$) na banda *beta*.

Com um objetivo estritamente exploratório, foi também realizada uma análise topográfica da potencial espectral associada às atividades das bandas *delta*, *beta* e *gama*, sem que tenham sido encontradas diferenças significativas na banda *delta* e *gama*, enquanto que na banda *beta* foi detetada uma diferença significativa no elétrodos TP9.

Realizou-se ainda, uma análise topográfica da potencial espectral recorrendo à EEG durante o treino de imagética. Os resultados revelaram não existir diferenças significativas, com exceção do elétrodo TP9 e TP10 ($p < 0.05$) na banda *beta*.

Os resultados, obtidos em vez de responderem às questões colocadas inicialmente, permitem levantar novas questões sobre a relação entre a imagética e a navegação espacial. Tais como: os pontos de referência são fundamentais para a criação de memórias em relação à imagética facilitando o processo de navegação espacial, existirão diferenças entre indivíduos visuais e não visuais na criação de memórias em relação aos pontos de referência utilizando a imagética, a navegação espacial com recurso à imagética só será eficaz se existirem pontos de referência, a existência de uma baixa atividade ao nível da estimulação cerebral está relacionada com a ausência de referências visuais em contexto de navegação espacial, atendendo a que existe dependência de marcadores na criação de memórias da navegação espacial que dependência é essa, e existirão diferenças significativas na utilização de outros estímulos sensoriais para a utilização da imagética no processo de navegação espacial.

4.1.1. Limitações e sugestões

Os resultados do estudo devem ser interpretados com cautela, pois são várias as limitações identificadas durante a sua realização e interpretação dos resultados. Primeiro, o número reduzido da amostra e o espectro reduzido das idades. Segundo, o facto de durante a realização do exercício no *Soundspace*, existir só referências sensoriais auditivas até parte do percurso, não existindo durante o treino de imagética. Terceiro, a associação entre o desempenho na tarefa *Soundspace* e os dados neuropsicológicos é limitada, tendo sido aplicado um único teste, o WMS-R que só avalia uma função cognitiva, a memória. Por fim, refira-se ainda, a aplicação dos dois níveis de dificuldade do *Soundspace* a ambos os grupos, que por gestão de tempo, não foi possível.

Para futuros estudos, sugere-se aplicar a tarefa de *Soundspace* tanto a participantes visuais como invisuais, comparando o desempenho e tentando perceber como a imagética funciona em ambos os grupos.

Seria interessante comparar os resultados do presente estudo com uma nova tarefa de *Soundspace* com recurso a referências auditivas ao longo do percurso, com o objetivo de criar marcadores visuais.

Seria igualmente interessante tentar perceber como a ausência de referências sensoriais (visuais, auditivas, tácteis ou olfativas) durante a navegação, dificulta o processo de navegação e a criação e recuperação das memórias.

Outra abordagem pertinente para futuros estudos seria acrescentar e estudar uma nova variável: a carga cognitiva, relacionado a aprendizagem de novas informações e a tomada de decisão dependente da utilização dos recursos cognitivos, com a capacidade do processamento cognitivo que o indivíduo dispõem.

Será, ainda, importante a realização de uma avaliação neuropsicológica mais abrangente para estudar os aspetos neuropsicológicos ligados a estas temáticas.

4.1.2. Implicações do estudo

O estudo de navegação espacial com recurso à imagética num espaço virtual com EEG, demonstra como o desempenho e a imagética são afetados em tarefas de navegação espacial devido à ausência de informações visuais relevantes, mas também destaca a capacidade de adaptação e desenvolvimento de estratégias compensatórias por parte dos participantes.

O presente estudo tem relevância significativa para a neuropsicologia no avanço do conhecimento do funcionamento do cérebro humano: como interpreta, como processa e como

utiliza informações espaciais, com amplas aplicações práticas que vão desde a melhoria da vida cotidiano de pessoas com deficiência até o tratamento de condições neurológicas complexas.

Assume ainda relevância na compreensão dos processos cognitivos, uma vez que, a navegação espacial é um processo cognitivo complexo que envolve a percepção, a memória, a atenção, e as funções executivas. Ao analisar como as pessoas criam e utilizam imagens mentais para navegar no espaço, os neuropsicólogos podem entender melhor como esses processos cognitivos funcionam em conjunto.

Permite ainda, reconhecer diferenças entre indivíduos normativos (aqueles que não têm deficiências visuais) e invisuais (aqueles sem capacidades visuais) e pode ajudar a identificar estratégias adaptativas ou compensatórias que algumas pessoas utilizam para navegar no mundo: as variações individuais. Isso é crucial para desenvolver intervenções personalizadas em contextos clínicos.

A utilização de realidade virtual (RV) oferece um ambiente controlado e imersivo para simular situações de navegação espacial, permitindo uma observação detalhada e uma medição precisa dos comportamentos de navegação e dos processos cognitivos subjacentes. Tal, pode revelar *insights* sobre como o cérebro constrói e utiliza mapas mentais do espaço, contribuindo para teorias da representação espacial e cognição espacial.

Adicionalmente, o entendimento dos mecanismos de navegação espacial tem implicações diretas para o diagnóstico e tratamento de condições neurológicas e psiquiátricas que afetam a cognição espacial, como Alzheimer, esquizofrenia, e lesões cerebrais traumáticas. Intervenções com base em RV podem ser desenvolvidas para ajudar pacientes a melhorar as suas capacidades de navegação e, por extensão, melhorar a sua qualidade de vida – aplicações clínicas.

De notar que, este estudo pode ajudar no desenvolvimento de novas tecnologias de assistência para indivíduos com deficiências visuais, permitindo-lhes navegar no espaço de forma mais eficaz. Isso inclui aplicativos de navegação adaptados, dispositivos de realidade aumentada, e outras ferramentas que utilizam *feedback* sensorial alternativo.

Por fim cumpre elencar que este estudo permite o desenvolvimento da Neurociência Cognitiva: impulsionar o campo da neurociência cognitiva ao explorar a interação entre percepção sensorial, cognição e comportamento num contexto altamente controlado e inovador. Isso ajuda a construir uma base teórica sólida para compreender a mente e o cérebro humano.

4.2. Conclusão

A investigação sobre os mecanismos subjacentes à imagética na navegação espacial em indivíduos normativos e visuais, utilizando ambientes em realidade virtual, oferece *insights* valiosos sobre a complexidade do processamento espacial humano e a importância das percepções visuais e cinestésicas. Através de uma metodologia rigorosa, o estudo revelou que, apesar das variações individuais nos tempos de navegação, interações com o ambiente e percepções relativas às imagens visuais internas, externas e cinestésicas, não foram encontradas diferenças significativas no desempenho das tarefas de navegação espacial dependendo do treino de imagética aplicado.

Por outro lado, na comparação com a imagem cinestésica do questionário de imagética, não se verificou uma relação linear significativa, o que implica uma ausência de correlação clara entre a memória e o desempenho na tarefa.

Além disso, os resultados apontaram, também, para uma consistência moderada nas percepções dos participantes quanto à imagem visual interna e cinestésica, com uma variabilidade maior nas respostas relativas à imagem visual externa. Tal, indica uma diversidade nas experiências dos participantes ao adotarem perspectivas externas.

O estudo teve ainda como objetivo avaliar a eficácia dos participantes na navegação de ambientes virtuais com e sem o uso de técnicas de imagética, investigando tempos, erros e possíveis efeitos de aprendizagem. Uma faceta exploratória do estudo foi a tentativa de identificar padrões de ativação das bandas *theta* e *alpha*, através de EEG, durante a prática de imagética, com vista a compreender melhor as dinâmicas cerebrais envolvidas neste campo.

Com este estudo, esperamos contribuir para a compreensão da navegação espacial, demonstrando que, embora a imagética não altera drasticamente o desempenho em tarefas de navegação, a capacidade de adaptação, o desenvolvimento de estratégias compensatórias e a otimização das percepções sensoriais são cruciais para a eficácia da navegação espacial. Isso enfatiza a importância de abordagens personalizadas e adaptativas no *design* de intervenções de treino e ferramentas de auxílio à navegação, especialmente para populações com deficiências sensoriais.

CAPITULO 5

5.1. Bibliografia

A. Kapaj, E. Lino, S. Lanini-Maggi. (2022). The Effect of Abstract vs. Realistic 3D Visualization on Landmark and Route Knowledge Acquisition (Short Paper). Available at: <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.COSIT.2022.15>

Able, K.P. (2001). The concepts and terminology of Bird Navigation. *Journal of Avian Biology*, 32(2), pp. 174–183. Available at: <https://doi.org/10.1034/j.1600-048x.2001.320211.x>.

Asp, I.E., Störmer, V.S. and Brady, T.F. (2021). Greater visual working memory capacity for visually matched stimuli when they are perceived as meaningful. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 33(5), pp. 902–918. doi:10.1162/jocn_a_01693.

Buzsáki, G. and Moser, E.I. (2013). Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal-entorhinal system. *Nature Neuroscience*, 16(2), pp. 130–138. Available at: <https://doi.org/10.1038/nn.3304>.

Chrastil, E.R. et al. (2022). Theta oscillations support active exploration in human spatial navigation. *NeuroImage*, 262, p. 119581. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119581>.

Cheng, B. et al. (2022). The effect of landmark visualization in mobile maps on brain activity during navigation: A virtual reality study. *Frontiers in Virtual Reality*, 3. doi:10.3389/frvir.2022.981625.

Fialho, L. et al. (2021). *Soundspace* VR: Spatial navigation using sound in virtual reality. *Virtual Reality*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00597-0>.

Gillner, S. and Mallot, H.A. (1998). Navigation and acquisition of spatial knowledge in a virtual maze. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(4), pp. 445–463. Available at: <https://doi.org/10.1162/089892998562861>.

Haun, D.B.M. et al. (2006). Evolutionary psychology of spatial representations in the Hominidae. *Current Biology*, 16(17), pp. 1736–1740. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.07.049>.

Holmes, P.S. and Collins, D.J. (2001). The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology*, 13(1), pp. 60–83. Available at: <https://doi.org/10.1080/10413200109339004>.

Koenig, S. et al. (2011). Assessing navigation in real and Virtual Environments: A validation study. *International Journal on Disability and Human Development*, 10(4). Available at: <https://doi.org/10.1515/ijdh.2011.050>.

Koide-Majima, N., Nishimoto, S. and Majima, K. (2023). Mental image reconstruction from human brain activity. doi:10.1101/2023.01.22.525062.

Krüger, B., Hegele, M. and Rieger, M. (2022). The multisensory nature of human action imagery. *Psychological Research*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01771-y>.

Li, J. *et al.* (2021). Human spatial navigation: Neural representations of spatial scales and reference frames obtained from an ale meta-analysis. *NeuroImage*, 238, p. 118264. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118264>.

Mauerberg-deCastro, E. *et al.* (2004). Orientação espacial EM adultos com deficiência visual: Efeitos de um Treinamento de Navegação. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 17(2), pp. 199–210. doi:10.1590/s0102-79722004000200008.

Miyakoshi, M. *et al.* (2021). The *audiomaze*: An EEG and motion capture study of human spatial navigation in sparse augmented reality. *European Journal of Neuroscience*, 54(12), pp. 8283–8307. Available at: <https://doi.org/10.1111/ejn.15131>.

Morris, T., Spittle, M. and Watt, A.P. (2005). *Imagery in sport*. 1st edn. Champaign, IL, Illinois: Human Kinetics.

Ottink, L. *et al.* (2022). Cognitive map formation supported by auditory, haptic, and multimodal information in persons with blindness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 140, p. 104797. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104797>.

Pu, Y. *et al.* (2016). The functional role of human right hippocampal/parahippocampal theta rhythm in environmental encoding during Virtual Spatial Navigation. *Human Brain Mapping*, 38(3), pp. 1347–1361. Available at: <https://doi.org/10.1002/hbm.23458>.

Ramanoël, S. *et al.* (2020). Differential brain activity in regions linked to visuospatial processing during landmark-based navigation in young and healthy older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.552111>.

Renzi, C. *et al.* (2013). Mental imagery and blindness. *Multisensory Imagery*, pp. 115–130. doi:10.1007/978-1-4614-5879-1_7.

Holmes, P.S. and Collins, D.J. (2001). The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology*, 13(1), pp. 60–83. Available at: <https://doi.org/10.1080/10413200109339004>.

Shikauchi, Y. *et al.* (2020). Bayesian models of human navigation behaviour in an augmented reality audiomaze. *European Journal of Neuroscience*, 54(12), pp. 8308–8317. Available at: <https://doi.org/10.1111/ejn.15061>.

Spriggs, M.J., Kirk, I.J. and Skelton, R.W. (2018). Hex maze: A new virtual maze able to track acquisition and usage of three navigation strategies. *Behavioural Brain Research*, 339, pp. 195–206. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.11.041>.

Tani, K., Uehara, S. and Tanaka, S. (2023). Psychophysical evidence for the involvement of head/body-centered reference frames in egocentric visuospatial memory: A whole-body roll tilt paradigm. *Journal of Vision*, 23(1), p. 16. doi:10.1167/jov.23.1.16.

Vealey RS, Forlenza ST. (2015). Understanding and Using Imagery in Sport. In: Williams JM, Krane V, editors. *Applied Sport Psychology: Personal Growth to Peak Performance*. 7th ed. New York: McGraw-Hill; p. 240-73.

Yu, Z. et al. (2022). The study of cortical lateralization and motor performance evoked by external visual stimulus during continuous training. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 14(3), pp. 985–994. doi:10.1109/tcds.2021.3089735.

5.2. Apêndices

5.2.1. Apêndice I - Guião 1 do exercício de imagética - mapa

Guião 1 do exercício de imagética – mapa

- Sente-se de maneira confortável, com as costas direitas, os pés bem assentes no chão e as mãos sobre as suas pernas de maneira que seja confortável
 - Feche os olhos e coloque a mão na barriga, na zona do estômago;
 - Inspire lentamente e profundamente pelo nariz e expire pela boca;
 - Inspire pelo nariz e expire pela boca;
 - Imagine a sua respiração enquanto se prepara para o exercício. Agora, imagine-se a caminhar até ao início do labirinto e imagine tudo iluminado e repare como é tudo normal;
 - Vamos utilizar uma replica em 3D, do labirinto que vai percorrer.
 - Começa a sentir o início do labirinto com a sua mão;
 - Inspire profundamente e sinta o seu estômago a empurrar a mão para cima;
 - Comece a percorrer o labirinto com os seus dedos e imagine-se a percorrê-lo e repare como se sente confortável nesse espaço e como é agradável sentir-se confortável;
 - Repare em tudo à sua volta. Agora imagine-se a tocar nas paredes e como se sente confortável. É fácil de tocar, não se magoa;
 - Imagine os seus pés, e conte os passos que eles dão, eles vão permitir percorrer o percurso sem tocar nas paredes com facilidade. Conseguir sentir e imaginar a sensação dos seus pés e mãos no lugar onde vai tocar;
 - Agora o seu corpo sente-se poderoso e pronto. Está a respirar confortavelmente o que permite ter um bom desempenho. Conseguir sentir?
 - Agora imagine que a sua mente é tão rápida e ágil. Toda a prática que tem feito leva a sentir-se bem com o seu desempenho. A sua mente sabe o que tem de fazer e fá-lo-á. Repare que a sua mente está preparada.
 - Inspire lentamente e profundamente mais três vezes. Sinta o poder do seu corpo. Está pronto! Imagine que começa a caminhar de volta à porta de saída, continua tudo iluminado e repare como o seu corpo se move solto. Repare que é uma sensação muito agradável;
 - Imagine a chegar ao fim;
 - Continue a explorar e continue a respirar e imagine o sítio onde andou. Dê uma vista de olhos à sua volta. Repare como o local onde andou é confortável.
 - Quando estiver pronto, coloque as mãos ao seu lado e abra lentamente os olhos;
 - Como se sente?

5.2.2. Apêndice II – Guião 2 do exercício de imagética – praia

Guião 2 do exercício de imagética – praia

- Sente-se de maneira confortável, com as costas direitas, os pés bem assentes no chão e as mãos sobre as suas pernas de maneira que seja confortável
 - Feche os olhos e coloque a mão na barriga, na zona do estômago;
 - Inspire lentamente e profundamente pelo nariz e expire pela boca;
 - Inspire pelo nariz e expire pela boca;
 - Imagine a sua respiração enquanto se prepara para o exercício. Agora, imagine-se a chegar à praia, e como está um lindo dia, sol, mar calmo, repare como é tudo normal;
 - Começa a sentir a sentir a areia nos pés;
 - Inspire profundamente e sinta o seu estômago a empurrar a mão para cima;
 - Comece a percorrer a praia em direção ao mar, os dedos dos pés a sentir a areia, e imagine-se a percorrê-lo e repare como se sente confortável nesse espaço e como é agradável sentir-se confortável;
 - Repare em tudo à sua volta. Agora imagine como é agradável e confortável.
 - Imagine os seus pés, e conte os passos que eles dão, eles vão permitir percorrer o caminho até à água. Consegue sentir e imaginar a sensação dos seus pés e mãos a tocarem na água;
 - Agora o seu corpo sente-se poderoso e pronto. Está a respirar confortavelmente o que permite ter um bom desempenho. Consegue sentir?
 - Agora imagine que a sua mente é tão rápida e ágil. Toda a prática que têm feito leva a sentir-se bem com o seu desempenho. A sua mente sabe o que tem de fazer e fá-lo-á. Repare que a sua mente está preparada.
 - Inspire lentamente e profundamente mais três vezes. Sinta o poder do seu corpo. Está pronto! Imagine que começa a caminhar de volta ao início da praia, continua tudo iluminado e repare como o seu corpo se move solto. Repare que é uma sensação muito agradável;
 - Imagine-se a chegar ao fim;
 - Continue a explorar e continue a respirar e imagine o sítio onde andou. Dê uma vista de olhos à sua volta. Repare como o local onde andou é confortável.
 - Quando estiver pronto, coloque as mãos ao seu lado e abra lentamente os olhos;
 - Como se sente?

5.2.3. Apêndice III – Consentimento Informado

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações.

Título do estudo: Navegação espacial com recurso à imagética num espaço virtual com EEG

Enquadramento: No âmbito do Mestrado em Neuropsicologia Aplicada (2o Ciclo) da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona do Centro Universitário de Lisboa, sob orientação de Jorge Oliveira, pretende-se estudar o ritmo cerebral medido através do EEG durante uma tarefa de navegação com utilização de som num labirinto (Soundspace VR).

Explicação do estudo: O estudo consiste, que consistem em navegar num ambiente real com utilização de óculos de realidade virtual. Entre estas duas fases, será administrada uma tarefa de imagética mental para promover a aprendizagem do percurso realizado. Será percorrido um segundo labirinto. As tarefas iniciais serão repetidas após a fase de imagética mental. Antes destas tarefas ser preenchido um protocolo de avaliação administrado pelo examinador. Este protocolo é constituído por um conjunto de questões sobre dados sociodemográficos, um questionário de verificação de competências imagéticas e as provas verbais de um teste neuropsicológico.

Todo o procedimento terá uma duração aproximada de 2 horas.

Quem pode participar: Adultos com idades até 65 anos, de nacionalidade portuguesa, sem défices motores e défices visuais por cegueira adquirida ou outros défices e sem doença neurológica ou psiquiátrica previamente diagnosticada. Os participantes que apresentarem muitas dificuldades na realização da tarefa experimental por vertigem ou náusea de movimento serão excluídos

Condições e financiamento: Trata-se de um estudo para obtenção do grau de Mestre, pelo que a sua participação não terá contrapartidas financeiras ou outras. A participação nesta investigação é assim voluntaria e se decidir não participar ou quiser desistir em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo. Será assegurado o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo, antes, durante e depois da participação.

Confidencialidade e anonimato: É solicitado a gravação da performance durante a tarefa, contudo assegura-se que serão mantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados pessoais, bem como, o uso exclusivo dos dados recolhidos para o presente estudo. Esta gravação é apenas da performance na tarefa computadorizada e não serão recolhidas imagens. Serão omitidas todas as informações que permitam uma identificação pessoal. O seu nome não será utilizado e todos os dados recolhidos serão transformados em número para não permitir a identificação dos participantes no estudo. Estes dados serão guardados numa base de dados que estará acessível apenas aos investigadores envolvidos neste estudo.

Benefícios da participação: Este estudo tem um objetivo inicial de investigação, pretendendo contribuir para clarificar quanto aos mecanismos cognitivos compensatórios que são utilizados na navegação espacial durante uma tarefa *soundspace*. Esta investigação tem um caráter nacional.

Agradecemos a sua colaboração.

Contactos: Se precisar de mais informações ou se considerar que os procedimentos da investigação causaram desconforto, poderá entrar em contacto com o examinador: ricardo.pedrosa@neuropsych.pt ou com o coordenador desta investigação: jorge.oliveira@ulusofona.pt

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneco, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelos investigadores.

Nome:

Assinatura:

Data: / /

5.2.4. Apêndice IV – Questionário Sociodemográfico

Questionário Sociodemográfico

Sexo: _____ Idade: _____ Data de nascimento: ___ / ___ / _____
Estado civil: _____ Habilitações literárias: _____
Anos de escolaridade: _____ Profissão: _____
Nacionalidade: _____ Cidade de residência: _____
Língua de origem: _____ Outras línguas: _____
Problemas visuais: _____ Se sim, especificar: _____
Problemas auditivos: _____ Se sim, especificar: _____

História Psiquiátrica/Psicológica e Neurológica

Doenças psiquiátricas:

Doenças neurológicas (meningites ou outras infeções cerebrais, crises epiléticas, cefaleias, visão turva, perturbações do sono, etc.)

Experiência com computadores

Como classifica o seu nível de experiência com utilização de computadores?

Básica: _____ Intermédia: _____ Experiente: _____

Como classifica a frequência com que joga videojogos?

Nunca jogou: ___ Ocasionalmente: ___ Frequentemente: ___ Todos os dias: ___

5.2.5. Apêndice V - Modelo PETTLEP, e interação dos seus elementos

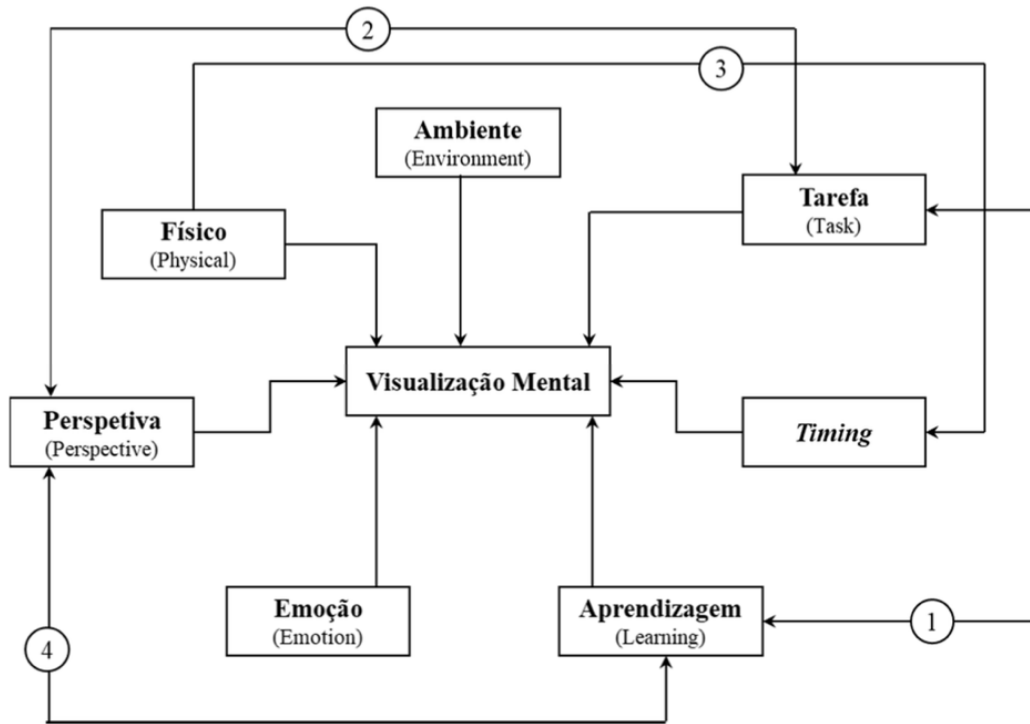


Figura 1 – Modelo PETTLEP, e interação dos seus elementos

5.2.6. Apêndice VI – Espaço Virtual 3D das tarefas

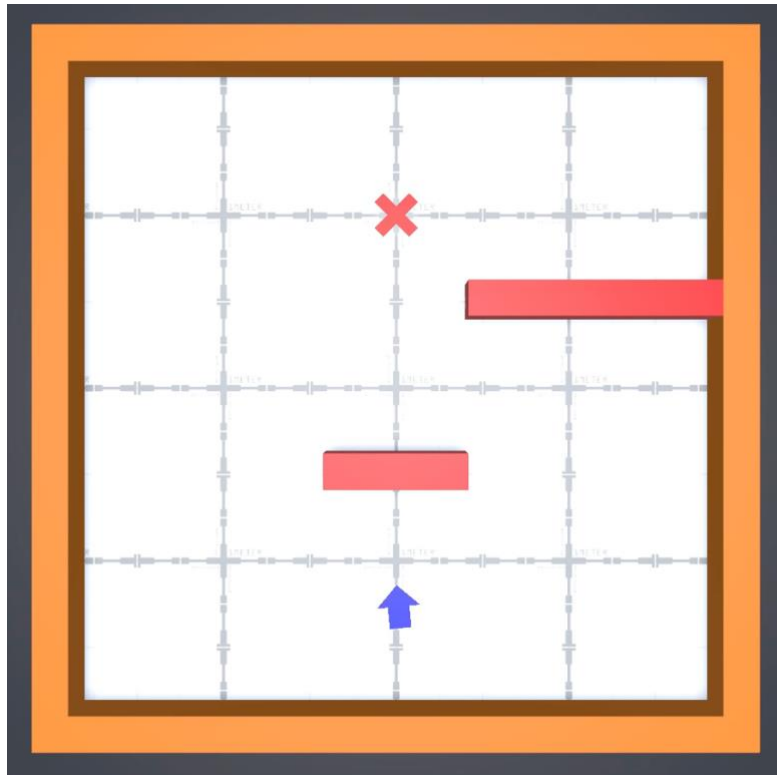


Figura 2 – Imagem da tarefa Virtual de grau de dificuldade fácil em 3D

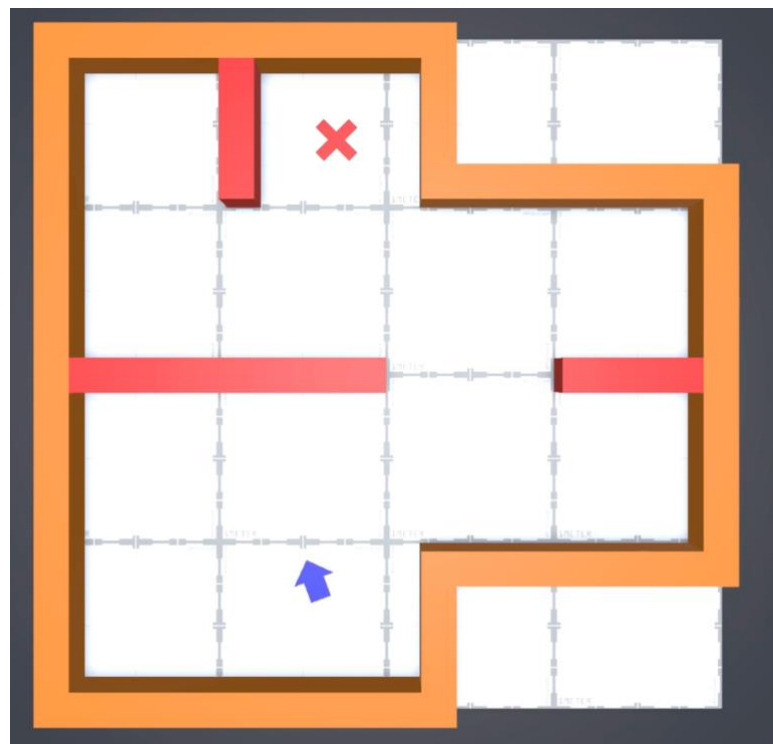


Figura 3 – Imagem da tarefa Virtual de grau de dificuldade difícil em 3D

5.2.7. Apêndice VII – Ecrã da aplicação de controlo da Realidade Virtual

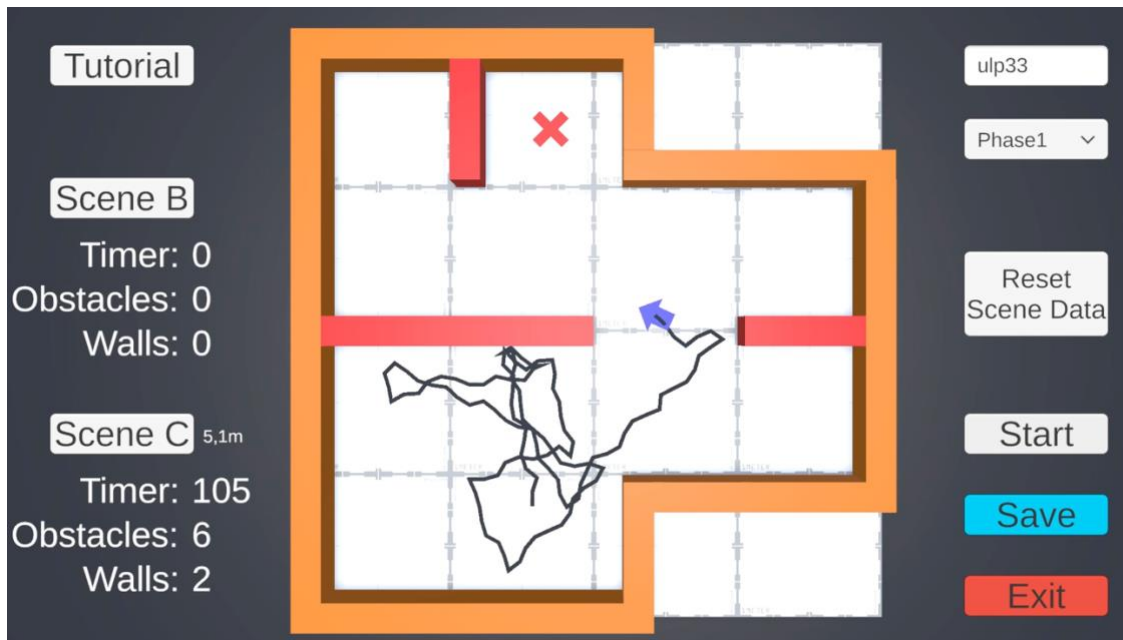


Figura 4 – Ecrã com percurso, Distância, Tempo e Toques

5.2.8. Apêndice VIII – Espaço impresso em 3D

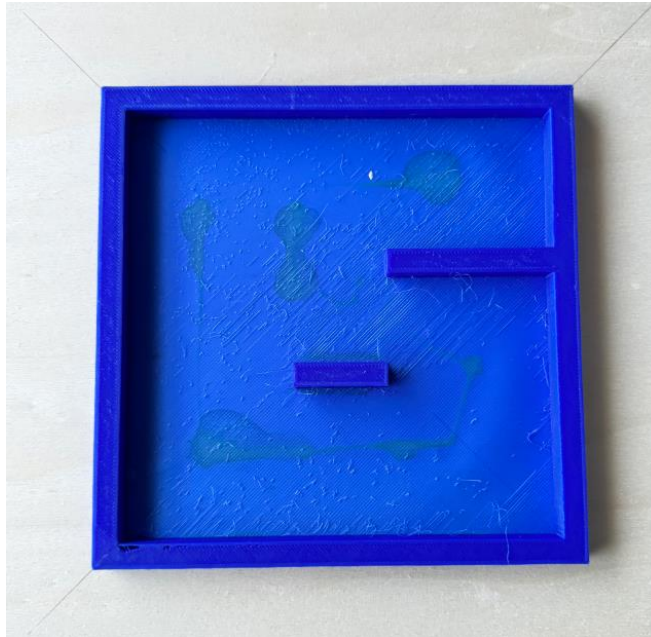


Figura 5 – Imagem do espaço fácil impresso em 3D



Figura 6 – Imagem do espaço difícil impresso em 3D

5.2.9. Apêndice IX – Laboratório MovLab

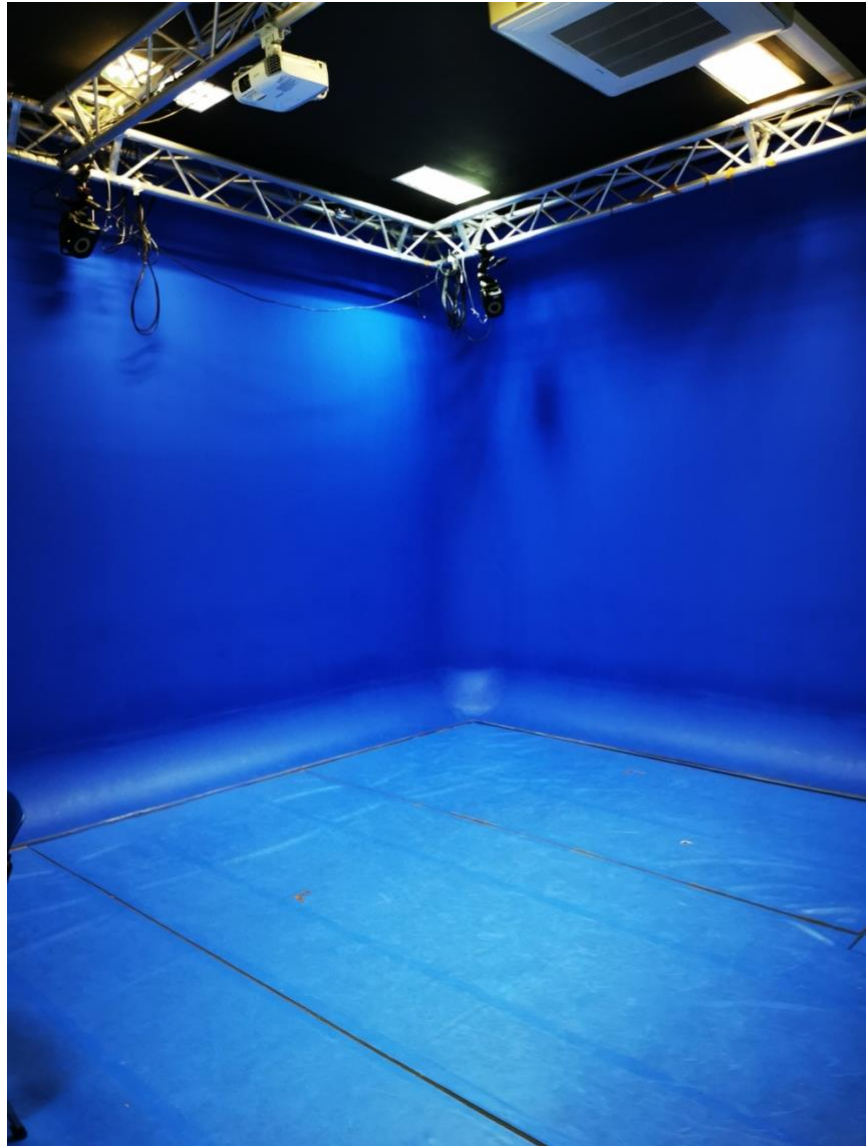


Figura 7 – Laboratório MovLab da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

5.2.10. Apêndice X – Imagem dos Oculus Rift S com EEG



Figura 8 – Imagem de um participante em ação com os Oculus Rift S e EEG

5.2.11. Apêndice XI - Imagem dos Oculus Rift S com EEG



Figura 9 – Imagem de um participante em ação com os Oculus Rift S e EEG

5.2.12. Apêndice XII - Tabela Análise de características demográficas

Análise de características demográficas

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrãc	Variância	Porcentagem
Idade	24	18	45	22,29	5,583	31,172	
Sexo Femenino	13						54,20%
Sexo Masculino	11						45,80%

Tabela 1 – Análise demográfica

5.2.13. Apêndice XIII - Análise descritiva do desempenho

Análise descritiva do desempenho

	N	Média	Erro Desvio
Momento pré-imagética			
Tempo			
1º Total - Tempo - segundos	24	193,79	107,487
1º Alvo -Tempo - segundos	24	84,79	51,393
1º Dep, Alvo - Tempo - segundos	24	109	86,155
Toques em Paredes			
1º Total Paredes	24	3,25	3,542
1º Ant, Paredes	24	0,92	2,244
1º Dep, Paredes	24	2,33	2,531
Toques em Obstáculos			
1º Total Obestaculos	24	4,92	3,562
1º Ant, Obestaculos	24	2,75	2,027
1º Dep, Obestaculos	24	2,17	2,632
Distancia			
1º Dist Total	24	11,2275	5,79313
1º Dist Ant,	24	4,485	2,87886
1º Dist Dep,	24	6,3396	4,2955
Momento pós-imagética			
Tempo			
2º Total - Tempo - segundos	24	200,92	131,178
2º Alvo -Tempo - segundos	24	80,83	57,305
2º Dep, Alvo - Tempo - segundos	24	120,08	101,123
Toques em Paredes			
2º Total Paredes	24	3,88	2,724
2º Ant, Paredes	24	0,96	1,042
2º Dep, Paredes	24	2,92	2,125
Toques em Obstáculos			
2º Total Obestaculos	24	3,83	2,078
2º Ant, Obestaculos	24	2,13	1,393
2º Dep, Obestaculos	24	1,71	1,732
Distancia			
2º Distancia	24	10,1371	5,45234
2º Dist Ant,	24	5,0446	3,85449
2º Dist Dep,	24	5,0925	3,83439
Questionário de Imagética			
Imagem Visual Interna	24	22,5	3,879
Imagem Visual Externa	24	23,46	4,263
Imagem Cinestética	24	22,92	3,538
WMS			
Quociente de memoria	24	95,71	9,77

Tabela 2 – Análise descritiva do desempenho

5.2.14. Apêndice XIV - Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial

Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial

	Z	Sig.
Tempo		
Tempo total	0,067	0,798
Tempo total * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,182	0,674
Tempo percorrido até ao alvo	0,059	0,811
Tempo percorrido até ao alvo * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,001	0,977
Tempo percorrido do alvo até ao fim do exercício	0,198	0,661
Tempo percorrido do alvo até ao fim do exercício * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,229	0,637
Distância		
Distância total	0,398	0,535
Distância total * Imagetica (Praia ou Tarefa)	1,139	0,297
Distância percorrida até ao alvo	0,481	0,495
Distância percorrida até ao alvo * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,136	0,716
Distância percorrida do alvo até ao fim do exercício	0,92	0,348
Distância percorrida do alvo até ao fim do exercício * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,587	0,452
Toques nas Paredes		
Toque total	0,532	0,474
Toque total * Imagetica (Praia ou Tarefa)	1,255	0,275
Toque nas paredes no percurso até ao alvo	0,019	0,892
Toque nas paredes no percurso até ao alvo * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,509	0,483
Toque nas paredes do alvo até ao fim do exercício	0,788	0,384
Toque nas paredes do alvo até ao fim do exercício * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,988	0,331
Toques nos Obstáculos		
Toque total	1,551	0,226
Toque total * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,648	0,43
Toque nos obstáculos até ao alvo	1,451	0,241
Toque nos obstáculos até ao alvo * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,231	0,636
Toque nos obstáculos do alvo até ao fim do exercício	0,34	0,566
Toque nos obstáculos do alvo até ao fim do exercício * Imagetica (Praia ou Tarefa)	0,34	0,566

Tabela 3 – Análise de inferência sobre a performance na tarefa de navegação espacial

5.2.15. Apêndice XV - Correlações 1º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS

Correlações 1º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS

		Imagem Visual Interna	Imagem Visual Externa	Imagem Cinestética	Quociente de memória
Tempo					
1º Total - Tempo - segundos	Correlação de Pearson	-0,12	0,055	-0,016	-0,331
	Sig. (2 extremidades)	0,578	0,799	0,942	0,114
	N	24	24	24	24
1º Alvo -Tempo - segundos	Correlação de Pearson	0,189	-0,036	0,199	-0,233
	Sig. (2 extremidades)	0,376	0,866	0,351	0,273
	N	24	24	24	24
1º Dep, Alvo - Tempo - segundos	Correlação de Pearson	-0,262	0,09	-0,138	-0,274
	Sig. (2 extremidades)	0,216	0,675	0,519	0,196
	N	24	24	24	24
Toques em Paredes					
1º Total Paredes	Correlação de Pearson	-0,085	0,047	0,05	-0,337
	Sig. (2 extremidades)	0,691	0,828	0,815	0,107
	N	24	24	24	24
1º Ant, Paredes	Correlação de Pearson	0,105	-0,137	0,202	-0,197
	Sig. (2 extremidades)	0,626	0,524	0,345	0,355
	N	24	24	24	24
1º Dep, Paredes	Correlação de Pearson	-0,213	0,187	-0,108	-0,297
	Sig. (2 extremidades)	0,319	0,382	0,614	0,159
	N	24	24	24	24
Toques em Obstáculos					
1º Total Obstaculos	Correlação de Pearson	-0,252	0,166	-0,087	-0,198
	Sig. (2 extremidades)	0,235	0,439	0,687	0,353
	N	24	24	24	24
1º Ant, Obstaculos	Correlação de Pearson	-0,044	0,17	0,088	-0,1
	Sig. (2 extremidades)	0,837	0,428	0,683	0,64
	N	24	24	24	24
1º Dep, Obstaculos	Correlação de Pearson	-0,307	0,094	-0,185	-0,191
	Sig. (2 extremidades)	0,145	0,663	0,386	0,372
	N	24	24	24	24
Distancia					
1º Dist Total	Correlação de Pearson	-0,075	0,287	0,04	-0,129
	Sig. (2 extremidades)	0,726	0,174	0,853	0,549
	N	24	24	24	24
1º Dist Ant,	Correlação de Pearson	0,047	0,176	0,057	-0,03
	Sig. (2 extremidades)	0,829	0,411	0,793	0,891
	N	24	24	24	24
1º Dist Dep,	Correlação de Pearson	-0,247	0,188	-0,125	-0,166
	Sig. (2 extremidades)	0,245	0,379	0,561	0,437
	N	24	24	24	24

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

* A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Tabela 4 – Correlações 1º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS

5.2.16. Apêndice XVI - Correlações 2º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS

Correlações 2º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS

		Imagem Visual Interna	Imagem Visual Externa	Imagem Cinestética	Quociente de memória
Tempo					
2º Total - Tempo - segundos	Correlação de Pearson	-0,055	-,601**	0,002	-,593**
	Sig. (2 extremidades)	0,797	0,002	0,991	0,002
	N	24	24	24	24
2º Alvo - Tempo - segundos	Correlação de Pearson	-0,094	-0,286	-0,076	-0,402
	Sig. (2 extremidades)	0,663	0,175	0,725	0,052
	N	24	24	24	24
2º Dep, Alvo - Tempo - segundos	Correlação de Pearson	-0,019	-,617**	0,046	-,541**
	Sig. (2 extremidades)	0,932	0,001	0,831	0,006
	N	24	24	24	24
Toques em Paredes					
2º Total Paredes	Correlação de Pearson	-0,056	-,553**	-0,078	-,593**
	Sig. (2 extremidades)	0,797	0,005	0,718	0,002
	N	24	24	24	24
2º Ant, Paredes	Correlação de Pearson	-0,038	-0,397	0,046	-0,402
	Sig. (2 extremidades)	0,861	0,055	0,83	0,052
	N	24	24	24	24
2º Dep, Paredes	Correlação de Pearson	-0,053	-,514*	-0,122	-,541**
	Sig. (2 extremidades)	0,807	0,01	0,569	0,006
	N	24	24	24	24
Toques em Obstáculos					
2º Total Obstaculos	Correlação de Pearson	-0,049	-0,251	0,051	-0,34
	Sig. (2 extremidades)	0,822	0,237	0,812	0,104
	N	24	24	24	24
2º Ant, Obstaculos	Correlação de Pearson	-0,262	-0,098	-0,121	-0,317
	Sig. (2 extremidades)	0,217	0,649	0,572	0,131
	N	24	24	24	24
2º Dep, Obstaculos	Correlação de Pearson	0,152	-0,223	0,159	-0,28
	Sig. (2 extremidades)	0,478	0,296	0,458	0,185
	N	24	24	24	24
Distancia					
2º Distancia	Correlação de Pearson	0,171	-0,186	0,062	-0,189
	Sig. (2 extremidades)	0,425	0,385	0,773	0,377
	N	24	24	24	24
2º Dist Ant,	Correlação de Pearson	0,081	-0,074	0,028	-0,157
	Sig. (2 extremidades)	0,707	0,731	0,898	0,464
	N	24	24	24	24
2º Dist Dep,	Correlação de Pearson	0,161	-0,19	0,06	-0,1
	Sig. (2 extremidades)	0,451	0,374	0,78	0,641
	N	24	24	24	24

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

* A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Tabela 5 – Correlações 2º exercício, Questionário de Imagética e Quociente de memória WMS

5.2.17. Apêndice XVII – Localização dos canais do EEG

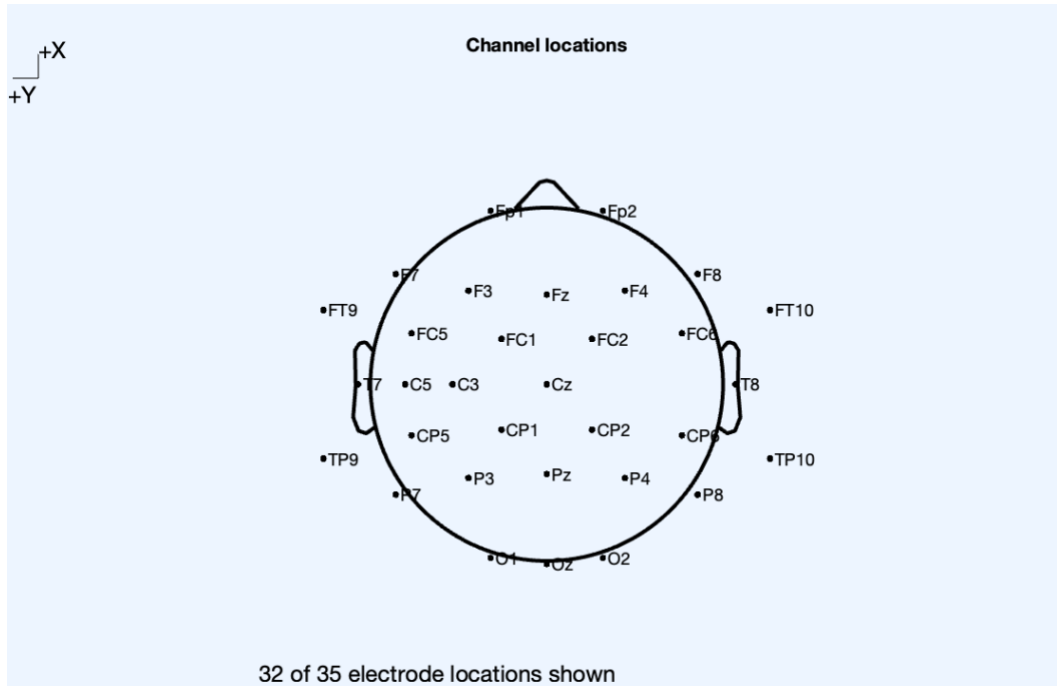


Figura 10 – Localização dos 32 eletrodos do EEG na cabeça

5.2.18. Apêndice XVIII – Imagem da sinal da banda *beta*

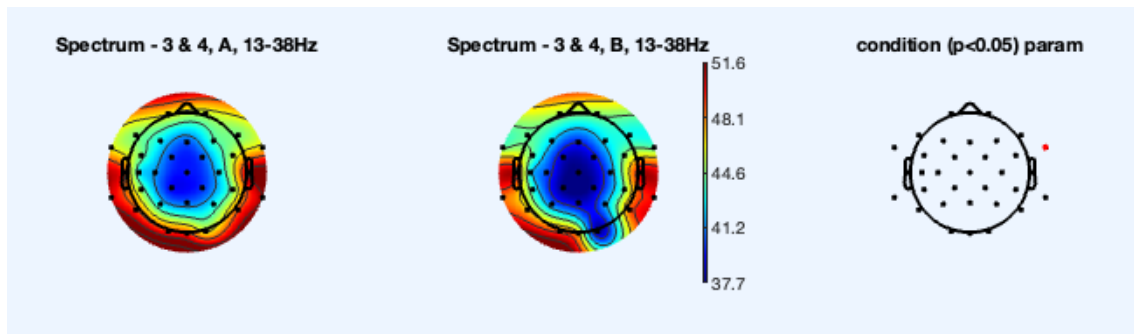


Figura 11 – Imagem espectral da banda beta na frequência 13-38Hz

5.2.19. Apêndice XIX - Imagem da sinal da banda *alpha*

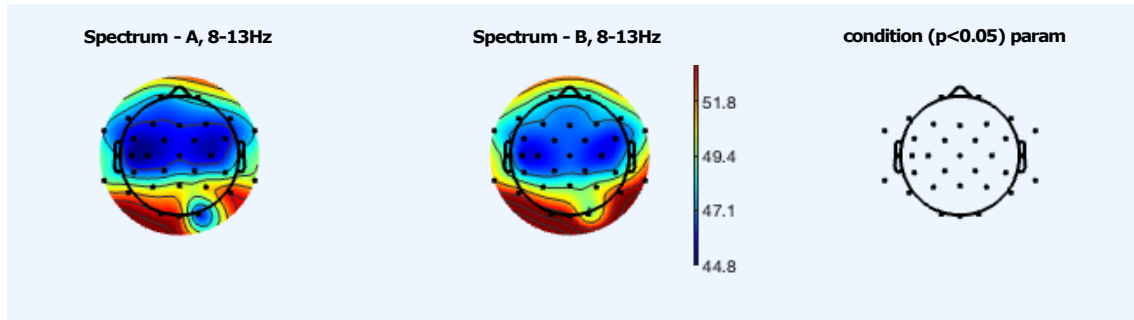


Figura 12 – Imagem espectral da banda *alpha* na frequência 8-13Hz

5.2.20. Apêndice XX - Imagem da sinal da banda *beta* durante o treino de imagética

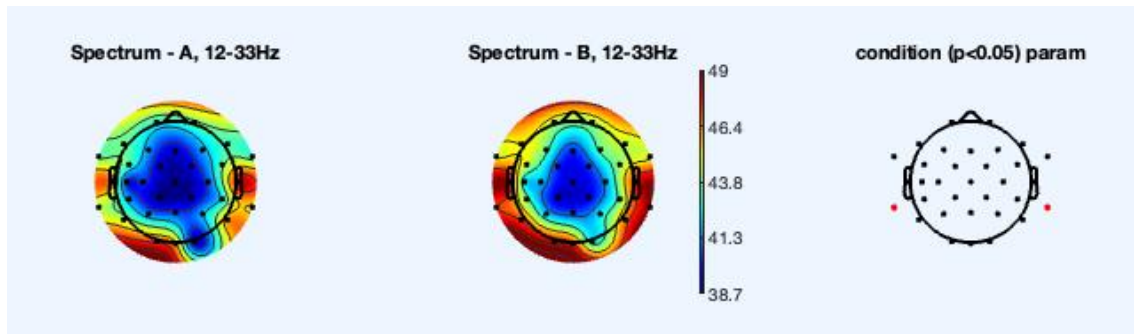


Figura 13 – Imagem espectral da banda beta na frequência 13-38Hz, durante o treino de imagética

5.2.21. Apêndice XXI - Imagem da sinal da banda *gama*

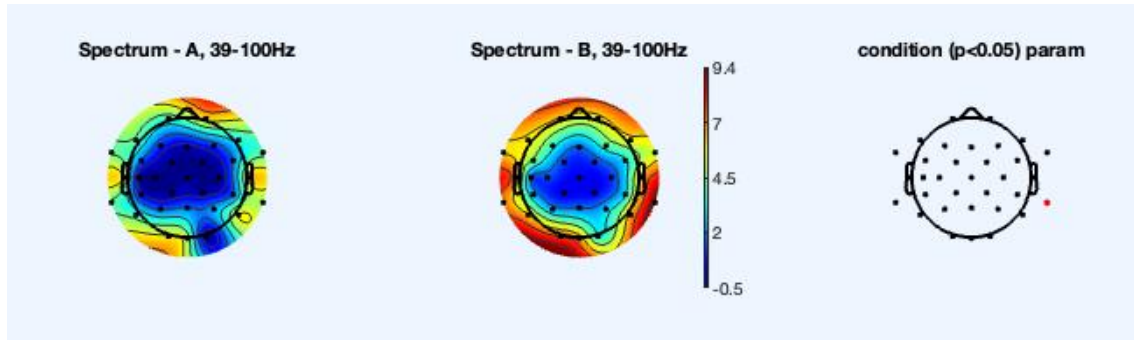


Figura 14 – Imagem espectral da banda *gama* na frequência 39-100Hz

5.2.22. Apêndice XXII - Imagem da sinal da banda *theta*

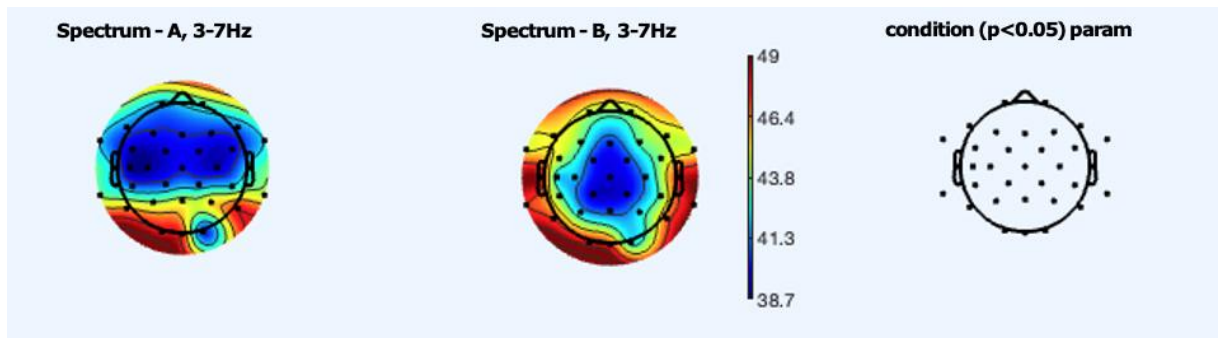


Figura 15 – Imagem espectral da banda *theta* na frequência 3-7Hz