



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JEFFERSON SOUZA MEDEIROS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FITRADEOFF E ATIVIDADES DE CÁLCULO
E MÚSICA UTILIZANDO ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)**

Recife

2022

JEFFERSON SOUZA MEDEIROS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FITRADEOFF E ATIVIDADES DE CÁLCULO
E MÚSICA UTILIZANDO ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Cabral Seixas Costa, PhD.

Recife

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecário Josias Machado, CRB-4 / 1690

M488e Medeiros, Jefferson Souza

Estudo comparativo entre fitradeoff e atividades de cálculo e música utilizando eletroencefalograma (EEG) / Jefferson Souza Medeiros. – 2022.
127 f.: il., figs., tabs., abrev. e sigl.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação Profissional em Engenharia de Produção, Recife, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Decisão multicritério. 3. Sistema de apoio a decisão. 4. Métodos multicritério. 5. Método Fittradeoff. 6. Neurociência em decisão. I. Costa, Ana Paula Cabral Seixas (orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-213

JEFFERSON SOUZA MEDEIROS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FITRADEOFF E ATIVIDADES DE CÁLCULO
E MÚSICA UTILIZANDO ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gerência da Produção

Aprovada em: 24/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Cabral Seixas Costa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Lucia Reis Peixoto Roselli (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr^o. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas (Examinador Externo)
Universidade Federal Fluminense

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder a vida, a saúde, a força e o entusiasmo para enfrentar as inúmeras missões que me é dada, me sustentando nos momentos difíceis e principalmente por permitir, que o sonho de um jovem do interior nordestino se tornasse possível.

Agradeço aos meus pais que sempre estiveram do meu lado, me apoiando em todos os momentos da minha vida, todos os ruins e principalmente todos os maravilhosos e felizes. Ao meu pai Josenir de Lima Medeiros (in memoriam) que sempre fez de tudo para ser um ótimo pai, que sempre me protegeu e acreditou em mim, e que se esforçou até o seu último dia para que nunca faltasse nada na vida da nossa família. À minha mãe Maria Arismar, que acredita em mim e me apoia nas minhas decisões.

A minha irmã Jéssica Souza Medeiros que é muito importante para mim, e que mesmo sendo mais nova me apoia e me ajuda sempre em todos os momentos, e que me deu o mais lindo presente do mundo, o meu sobrinho Davi Luís, um menino maravilhoso que me dá forças para lutar só em existir.

A minha avó Iracema Albano de Souza que é minha segunda mãe, e que seu amor me faz querer vencer para que ela possa sentir orgulho da pessoa que ela está ajudando a vencer as dificuldades. Uma mulher generosa de grande coração e na qual serei eternamente grato.

A minha orientadora a Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Cabral Seixas Costa, que acreditou na minha capacidade me dando uma oportunidade única, me recebendo com muita atenção e carinho. Por ser um grande exemplo de pessoa, pesquisadora, profissional e professora, me causou grande influência de forma positiva, me inspirando a querer aprender e melhorar como profissional acadêmico, pesquisador e ser humano. Muito obrigado por todo o conhecimento e inspiração repassados!

Ao PPGEp por todo o suporte para que este título fosse alcançado. Os professores de alto nível me repassaram muitos conhecimentos que levarei para minha vida com muito respeito. Agradeço a todos os profissionais envolvidos no programa que elevam o nível deste por meio de seu grande empenho profissional. Também sou grato aos meus colegas de laboratório, por todos os momentos e conhecimentos compartilhados. Sou grato a todos.

Por fim, porém, não menos importante, agradeço à Capes e ao CNPq pelo suporte para a condução de toda a pesquisa referente a esta dissertação.

RESUMO

As decisões fazem parte da rotina das pessoas, empresas e organizações, existindo vários aspectos conscientes e inconscientes que podem exercer influência em tais decisões. Dessa forma, a neurociência e suas ferramentas, surgem como um poderoso recurso capaz de fornecer *insights*, ajudando assim no entendimento de processos decisórios, contribuindo também no aprimoramento de métodos multicritério de apoio a decisão. Devido a isto, o objetivo desta dissertação é realizar um estudo comparativo entre as etapas do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) associado ao método FITradeoff com atividades de cálculo (envolvimento cognitivo) e música (respostas mais automáticas), visando adquirir novos conhecimentos acerca das relações e semelhanças entre os contextos analisados. Para tanto, um Eletroencefalograma (EEG), foi usado para registrar as ondas cerebrais de 36 alunos de graduação e pós-graduação em engenharia de produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Todos os experimentos foram realizados no laboratório NSID (*NeuroScience for Information and Decision Laboratory*). Para as análises, foi utilizada a banda de frequência Theta, a Assimetria Frontal Alfa e o Índice de Engajamento Pope, sendo feitas avaliações estatísticas de Test T, função shift e assimetria, a fim de comparar os blocos de dados deste estudo de forma analítica e obter informações. Então, com a realização das análises, foram encontradas informações relevantes acerca do processo de elicitação de preferências com o FITradeoff, possibilitando assim, a aquisição de *insights* para auxiliar o analista a conduzir o processo de decisão com o decisor, bem como, sugerindo recomendações de melhorias para o sistema. Com isso, na primeira etapa considerada (ordenação das constantes de escala), foi observada uma grande semelhança desta com as atividades de música. Já nas análises da etapa de exploração do espaço de consequências, inserida no SAD para fins de experimento, foram encontradas poucas informações, porém, destaca-se a necessidade de aumentar o engajamento do Decisor durante execução desta etapa, visto que, nas análises do índice de engajamento Pope, esta etapa obteve valores menores que as demais. Agora, no que se refere a terceira etapa, a elicitação flexível do FITradeoff, foi identificado que esta etapa se aproxima mais em termos de atividades cerebrais, das atividades de cálculo. Tal resultado sugere um estado de maior envolvimento cognitivo durante essa etapa, desejável, a fim de gerar respostas por parte do Decisor, condizentes com suas reais preferências. Ressalta-se, entretanto, que, em situações nas quais muitas perguntas eventualmente sejam feitas pelo SAD, maior suporte deve ser dado ao Decisor, tendo em vista a manutenção desse estado. Por fim, é importante destacar que o desenvolvimento desta

pesquisa consegue contribuir de forma relevante com os estudos na área de decisão multicritério com apoio da neurociência, concebendo valiosos *insights* para o aperfeiçoamento do FITradeoff.

Palavras-chave: Decisão multicritério; sistema de apoio a decisão; métodos multicritério; método FITradeoff; neurociência em decisão.

ABSTRACT

Decisions are part of the routine of people, companies and organizations, and there are several conscious and unconscious aspects that can influence such decisions. In this way, neuroscience and its tools emerge as a powerful resource capable of providing insights, thus helping to understand decision-making processes, also contributing to the improvement of multi-criteria decision support methods. Due to this, the objective of this dissertation is to carry out a comparative study between the stages of the Decision Support System (DSS) associated with the FITradeoff method with calculation activities (cognitive involvement) and music (more automatic responses), in order to acquire new knowledge about of the relationships and similarities between the analyzed contexts. Therefore, an Electroencephalogram (EEG) was used to record the brain waves of 36 undergraduate and graduate students in production engineering at the Federal University of Pernambuco – UFPE. All experiments were performed in the NSID (NeuroScience for Information and Decision Laboratory) laboratory. For the analyses, the Theta frequency band, the Frontal Asymmetry Alpha and the Pope Engagement Index were used, and statistical evaluations of Test T, shift function and asymmetry were performed, in order to compare the data blocks of this study in an analytical and get information. Then, with the analysis, relevant information was found about the preference elicitation process with FITradeoff, thus enabling the acquisition of insights to help the analyst to conduct the decision process with the decision maker, as well as suggesting recommendations for system improvements. Thus, in the first step considered (ordering of scale constants), a great similarity was observed with music activities. In the analysis of the stage of exploration of the space of consequences, inserted in the SAD for the purpose of experiment, little information was found, however, the need to increase the engagement of the Decision Maker during the execution of this stage is highlighted, since, in the analysis of the index of Pope engagement, this stage obtained lower values than the others. Now, with regard to the third step, the flexible elicitation of FITradeoff, it was identified that this step is closer in terms of brain activities, to calculation activities. This result suggests a state of greater cognitive involvement during this stage, which is desirable, in order to generate responses from the decision maker, consistent with their real preferences. It is noteworthy, however, that, in situations in which many questions are eventually asked by the SAD, greater support should be given to the Decision Maker, with a view to maintaining this state. Finally, it is important to highlight that the development of this

research can contribute in a relevant way to studies in the area of multi-criteria decision with the support of neuroscience, conceiving valuable insights for the improvement of FITradeoff.

Keywords: Multicriteria decision; decision support system; multicriteria methods; FITradeoff method; decision neuroscience.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura Metodológica do Trabalho	23
Figura 2 - Etapas da Pesquisa	25
Figura 3 - Fluxograma da Estrutura do Trabalho	29
Figura 4 - Etapas dos experimentos.....	46
Figura 5 - Integração do experimento.....	47
Figura 6 - Tobii X 120.....	48
Figura 7 - Emotiv Epoc de 14 canais.....	49
Figura 8 - Localização dos eletrodos do EEG	49
Figura 9 - Configuração do Eye Tracker	50
Figura 10 - Processo de calibração	51
Figura 11 - Calibração dos olhos no Eye Tracker	52
Figura 12 - Cálculos aritméticos e respostas exibidas no experimento	53
Figura 13 - Títulos das músicas e nomes dos artistas apresentados antes dos vídeos.....	54
Figura 14 - Tela do Software FITradeoff	57
Figura 15 - Fases de execução do FITradeoff	57
Figura 16 - Etapa de ordenação do FITradeoff.....	58
Figura 17 - Etapa de exploração do espaço de consequências do FITradeoff.....	59
Figura 18 - Etapa de elicitação flexível do FITradeoff	60
Figura 19 - Recomendação de decisão do FITradeoff.....	61
Figura 20 - Questionário final do FITradeoff.....	61
Figura 21 - Processo de tratamento de dados brutos	62
Figura 22 - Blocos de dados	63
Figura 23 - Limpeza dos dados.....	63
Figura 24 - Cortes nos blocos de dados	73
Figura 25 - Blocos comparativos para análise theta	74
Figura 26 - Observações dos resultado do Test T na banda theta	75
Figura 27 - Análise com a função shift no canal AF4 para comparação de cálculo e música com a etapa de elicitação flexível.....	77
Figura 28 - Resultado da Função Shift e Assimetria para análise entre cálculo fácil e cálculo difícil.....	82

Figura 29 - Resultado da Função Shift e Assimetria para análises entre cálculo fácil x música e cálculo difícil x música.....	83
Figura 30 - Blocos comparativos para as análises do índice de Engajamento Pope – com cortes nos dados	95
Figura 31 - Aplicação das recomendações de melhorias.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha padrão de importação para o Software	56
Tabela 2 - Pesquisa acerca das análises	64
Tabela 3 - Estrutura dos resultados.....	72
Tabela 4 - Resultados Test T para Theta	75
Tabela 5 - Resultados Função Shift e Assimetria para Theta.....	78
Tabela 6 - Blocos comparativos para análise theta - com cortes nos dados.....	79
Tabela 7 - Resultados Test T para Theta no experimento 1 - com cortes nos dados	80
Tabela 8 - Resultados Test T para Theta - com cortes nos dados	80
Tabela 9 - Resultados da Função Shift e Assimetria para Theta – com cortes nos dados.....	84
Tabela 10 - Resultados do Test T para Assimetria Frontal Alpha.....	86
Tabela 11 - Resultados da Função Shift e Assimetria para Assimetria Frontal Alpha	87
Tabela 12 - Resultados do Test T para a Assimetria Frontal Alpha – com cortes nos dados ..	90
Tabela 13 - Resultados da Função Shift e Assimetria para Assimetria Frontal Alpha – com cortes nos dados	91
Tabela 14 - Resultados do Test T para Índice de Engajamento Pope	93
Tabela 15 - Resultados da Função Shift e Assimetria para o Índice de Engajamento Pope	94
Tabela 16 - Resultado Test T - comparação cálculo e música	96
Tabela 17 - Resultado Test T - comparação etapas do FITradeoff	97
Tabela 18 - Resultado Função Shift e Assimetria - comparação cálculo e música	97
Tabela 19 - Resultado Função Shift e Assimetria - comparação etapas do FITradeoff	98
Tabela 20 - Resumo dos resultados encontrados.....	99
Tabela 21 - Definição de insights	101
Tabela 22 - Matriz de consequências do problema de aplicação	105
Tabela 23 - Ordem das constantes de escala dos critérios do problema.....	106
Tabela 24 - Consequências e respostas fornecidas na etapa 2 (exploração)	107
Tabela 25 - Consequências e respostas fornecidas na etapa 3 (elicitación).....	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Assimetria Frontal Alfa.....	85
Gráfico 2 - Assimetria Frontal Alfa - com cortes nos dados	88
Gráfico 3 - Índice de Engajamento Pope.....	92
Gráfico 4 - Índice de Engajamento Pope – com cortes nos dados	95

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	18
1.2	JUSTIFICATIVA	19
1.3	OBJETIVOS	21
1.3.1	Geral	21
1.3.2	Específicos	21
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
1.4.1	Caracterização da Pesquisa	22
1.4.2	Etapas da pesquisa	24
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2	BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA	30
2.1	BASE CONCEITUAL.....	30
2.1.1	Tomada de Decisão e elicitación com FITradeoff	30
2.1.2	Análise comportamental, tomada de decisão e neurociência.....	34
2.1.3	Ferramentas de Neurociência	36
2.2	REVISÃO DE LITERATURA.....	39
2.2.1	Tomada de Decisão com FITradeoff.....	39
2.2.2	Tomada de Decisão com o apoio de neurociência	40
2.2.3	Experimentos em Decisão multicritério com neurociência.....	43
2.3	SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE.....	44
3	EXPERIMENTO	45
3.1	PARTICIPANTES.....	45
3.2	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	46
3.2.1	Experimento I – Atividades de cálculo	53
3.2.2	Experimento I – Atividades de música	54
3.2.3	Experimento II – Atividades do FITradeoff.....	55
3.2.4	Tratamento dos dados brutos	62
3.3	ANÁLISE DOS DADOS.....	64
3.3.1	Test T, Função Shift e Assimetria	65
3.3.2	Banda de frequência Theta	66
3.3.3	Assimetria Frontal Alfa.....	67
3.3.4	Índice de Engajamento Pope	68

3.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO	70
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	72
4.1	ESTRUTURAÇÃO DOS RESULTADOS	72
4.2	BANDA DE FREQUÊNCIA THETA	73
4.2.1	Test T	74
4.2.2	Função shift e Assimetria	77
4.3	BANDA DE FREQUÊNCIA THETA – COM CORTES NOS DADOS	78
4.3.1	Test T	79
4.3.2	Função Shift e Assimetria	81
4.4	ASSIMETRIA FRONTAL ALFA.....	85
4.4.1	Test T	86
4.4.2	Função Shift e Assimetria	87
4.5	ASSIMETRIA FRONTAL ALFA – COM CORTES NOS DADOS	88
4.5.1	Test T	89
4.5.2	Função Shift e Assimetria	90
4.6	ÍNDICE DE ENGAJAMENTO POPE	92
4.6.1	Test T	93
4.6.2	Função Shift e Assimetria	94
4.7	ÍNDICE DE ENGAJAMENTO POPE – COM CORTES NOS DADOS.....	94
4.7.1	Test T	96
4.7.2	Função Shift e Assimetria	97
4.8	RESUMO DOS RESULTADOS	99
4.9	INSIGHTS E RECOMENDAÇÕES	100
4.10	SÍNTESE DO CAPÍTULO	103
5	APLICAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES.....	104
5.1	SÍNTESE DO CAPÍTULO	111
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	112
6.1	CONCLUSÕES	112
6.2	LIMITAÇÕES	114
6.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	114
	REFERÊNCIAS	115

1 INTRODUÇÃO

A sociedade evolui em consequência do desenvolvimento da sua inteligência e somada ao seu desenvolvimento científico. Para tanto, de acordo com Sampaio (2015), decisões necessitam ser tomadas, para que qualquer tipo de ato ou desenvolvimento ocorra. Então, as decisões são a força motriz não só da indústria mais de toda a sociedade, as decisões permeiam todos os setores, fazem parte do dia a dia de profissionais técnicos, gestores e/ou pessoas no geral, seja em qual aspecto for, decisões fazem parte da vida social humana (DE ALMEIDA, 2013).

As decisões movem o mundo criando o futuro baseado em nossas escolhas do momento presente. Pensando em se obter ganhos, as pessoas tendem a querer tomar as melhores decisões possíveis, mas essa é uma tarefa bem complicada, muitas pessoas podem não conseguir tomar decisões eficientes em determinadas situações, o que pode acabar gerando conflitos e/ou perdas. Baseado nisto, é importante ressaltar que qualquer que seja o problema de decisão a ser solucionado, existe a necessidade de se ter dados confiáveis a respeito do problema, para assim poder realizar uma análise capaz de adquirir informações e *insights* que de fato consigam agregar valor ao processo de decisão (SAMPAIO, 2015).

É importante ressaltar que ao se tomar decisões, o ser humano é influenciado tanto por fatores racionais como irracionais que estão relacionados com o inconsciente (EAGLEMAN, 2015). A influência nas decisões pode decorrer de diversas fontes e que exercem poderes diferentes sobre cada indivíduo em particular, como, por exemplo, sentimentos e emoções, experiências passadas e informações sensoriais disponíveis no ambiente. Essas entradas de informações podem acabar permitindo que as pessoas tomem decisões rápidas e/ou inconscientes (GLIMCHER, 2004).

Diante das diversas decisões que podem surgir, a abordagem multicritério se apresenta como um forte apoio para auxiliar processos decisórios, para Keeney, Raiffa e Meyer (1993), Decisão Multicritério é descrita como sendo uma metodologia para avaliar alternativas considerando critérios individuais, que muitas vezes podem ser conflitantes, porém, sendo possível combiná-los em uma avaliação global. Com isto, os Métodos multicritério surgem como apoio nas tomadas de decisões, uma vez que estes já são amplamente usados em vários tipos de tomadas de decisão, como em empresas manufatureiras e de serviços (DE ALMEIDA, 2013). Estes métodos utilizam-se de mais de um critério para avaliar uma ou mais alternativas

de decisão, ficando assim conhecidos como métodos de decisão multicritério ou métodos *Multi-Criteria Decision Making/Aiding* (MCDM/A) (DE ALMEIDA, 2013).

Segundo De Almeida *et al.*, (2013), os problemas de decisão multicritério são caracterizados, como tendo ao menos duas alternativas de ação e dois ou mais atributos a serem avaliados, que são chamados de critérios. Os problemas de decisão podem ser simples, como questões do dia a dia, como por exemplo, a escolha de qual restaurante almoçar com a família, ou seja, poucos critérios e baixa complexidade, mas também podem ser problemas complexos, como a escolha de qual cidade morar, onde se teriam muitos critérios a se considerar, provavelmente. Sendo assim, o contexto da problemática determina a complexidade do problema, enquanto os métodos multicritério visam resolver estes, considerando as preferências do Decisor de forma a conduzir um processo racional com apoio de modelos matemáticos.

Como mencionado, os processos decisórios podem ser extremamente complexos, e apesar de existir inúmeros métodos multicritério que auxiliam nestes processos, não existe nenhum método que considere todos os aspectos subjetivos presentes no processo decisório, então a partir disto, a engenharia passou a recorrer a recursos da neurociência para entender como diferentes aspectos podem influenciar nestes processos, uma vez que a tomada de decisão pode ser melhorada a partir da consideração de recursos de neurociência (WALLENIOUS e WALLENIOUS, 2020). Além disto, ainda é possível investigar metodologias mais assertivas e que lidem com a complexidade no processo decisório.

Análises que envolvem as potências das ondas cerebrais captadas pelo o EEG, bem como análises de movimentação e conforto da pupila usando o *Eye Tracking*, tem a capacidade de ofertar um gigantesco volume de dados, que se tratados corretamente a partir da limpeza de ruídos e artefatos, têm o potencial de demonstrar: quais aspectos influenciam mais nas tomada de decisões, se o Decisor estava concentrado ou não, o engajamento dos Decisores, se fontes externas atrapalharam o processo, qual foi o esforço cognitivo empregado, realizar testes de usabilidade de software e/ou interfaces, dentre outras (PLASSMANN *et al.*, 2015).

A neurociência, a partir de conhecimentos multidisciplinares adquiridos por meio de áreas como a da biologia, psicologia e economia, possibilita o entendimento acerca dos processos cerebrais, para a partir disto, tentar alcançar mais informações acerca do comportamento dos seres humanos, incluindo como as pessoas realizam o processo de decidir suas escolhas (BEHE *et al.*, 2013).

De acordo com Roselli *et al.*, (2020), os métodos MCDM têm grande potencial e capacidade de aprimoramento com o apoio da neurociência em seus processos de estudos e

análises. Este potencial advém principalmente da perspectiva de que a neurociência pode incluir no processo de análise o impacto causado pelos aspectos psicofisiológicos presentes no processo de decisão. Desta forma, é possível entender acerca dos fatores que estão relacionados ao modo como os Decisores avaliam múltiplos objetivos de decisão e, bem como expressam suas preferências e tomam suas decisões.

O método *Flexible and Interactive Tradeoff*, conhecido como FITradeoff usa o conceito de elicitación flexível, que requer informação parciais acerca das preferências do decisor (DE ALMEIDA *et al.*, 2016). É importante destacar, que este método se baseia no procedimento de *tradeoff* para elicitar as constantes de escala e encontrar um espaço de valores para cada critério, dentro do contexto do *Multi-Attribute Value Theory* (MAVT), requerendo, contudo, informações parciais de preferência do Decisor, tornando mais simples o processo (KEENEY, RAIFFA, 1976; DE ALMEIDA, 2015).

Nesse contexto, esta pesquisa foi construída com o objetivo de realizar uma avaliação acerca do Procedimento de Elicitación com o FITradeoff, comparando este a experimentos envolvendo cálculo e música, com a finalidade de investigar as relações de semelhanças entre as etapas consideradas e os contextos de menor e maior exigência cognitiva. Para tanto, foi necessária a utilização de dados de um experimento de neurociência já desenvolvido, que foi construído e conduzido fazendo uso de duas ferramentas neurofisiológicas, um Eletroencefalograma (EEG) e um *Eye Tracking*. No que diz respeito a execução, temos que o experimento foi aplicado em alunos de graduação e pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

A respeito da contribuição, este trabalho visa avaliar a atividade cerebral durante o processo de elicitação com o FITradeoff para que, como já foi dito, *insights* de melhorias sejam conquistados, relacionando esta atividade a dois momentos específicos: um momento que sugere um menor envolvimento cognitivo, que incluía escutar diferentes músicas, e um outro momento que sugere um maior envolvimento cognitivo, que envolvia a execução de operações matemáticas de níveis de dificuldade diferentes, variando entre operações mais simples até as mais complexas.

Portanto, com o exposto, esta pesquisa objetiva realizar um estudo comparativo, entre atividades de cálculo e música, com atividades do Sistema de Apoio a Decisão (SAD), associado ao método FITradeoff, onde se pretende que *insights* relevantes sejam adquiridos com as análises, convertendo as novas informações alcançadas em recomendações, que consigam agregar em benefícios para a usabilidade e/ou interface do SAD do método

multicritério, como ainda, para a interação entre o Decisor e o analista de decisão. Com isto, esta pesquisa deverá apresentar novas informações acerca da compreensão dos fatores que afetam as decisões bem como os processos decisórios em si, contribuindo com avanços em estudos de melhoria de métodos multicritério com apoio de neurociência e suas ferramentas.

1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Por se tratar de uma avaliação multiobjetivo, não é nada fácil resolver problemas em que, na maioria dos casos, apresentam critérios conflitantes entre si. Sendo assim, com a finalidade de apoiar os Decisores, diversos métodos multicritério de apoio à decisão têm sido criados e apresentados na literatura, estes visam solucionar problemas de decisão multicritério, garantindo ainda a condução racional do processo junto ao Decisor (DE ALMEIDA, 2013).

No entanto, nem sempre estes métodos multicritério que vêm sendo criados conseguem apoiar de forma efetiva a resolução dos problemas de decisões que surgem. Em alguns casos ou situações, esses métodos podem acabar não capturando o processo cognitivo real que está sendo empregado pelos Decisores e, assim, indicar soluções que não representem de fato as reais preferências dos Decisores. Desta forma, com a finalidade de melhorar o processo de tomada de decisão, existe a possibilidade de se integrar estes métodos a abordagem da Neurociência, onde está acaba se tornando uma ferramenta importante e poderosa para a compreensão do comportamento dos Decisores durante um processo de tomada de decisão (DIMOKA *et al.*, 2012).

Uma das principais vantagens da utilização das ferramentas da neurociência com os métodos multicritério de apoio a decisão, é que estas ferramentas capturam variáveis em tempo real. Ao se utilizar as variáveis dos equipamentos de neurociência, que muitas vezes podem representar aspectos que não são controladas pelos decisores, é possível se chegar na identificação de padrões de comportamento no processo decisório que possivelmente não seriam notados sem o auxílio das ferramentas (DIMOKA *et al.*, 2012).

Para o problema que se deseja resolver com este trabalho, a neurociência pode ser uma abordagem importante e necessária para apoiar e melhorar os métodos de tomada de decisão. Segundo Keeney e Raiffa (1976), o *Tradeoff Elicitation Procedure* pode ser considerado um exemplo de processo que mostra uma estrutura axiomática robusta que processa um algoritmo

para solucionar problemas de MCDM. É importante ressaltar, contudo, que infelizmente, em muitos casos o processo de elicitaco por *Tradeoff* pode produzir resultados inconsistentes.

Porém, neste trabalho ser utilizado o método FITradeoff, que oferta um processo flexível de elicitaco de preferência dos Decisores em relao s possíveis necessidades que venham a surgir durante o processo decisório e/ou característicos a cada situao problema (DE ALMEIDA *et al.*, 2016; DE ALMEIDA *et al.*, 2021).

Dessa forma, este trabalho faz o seguinte questionamento: Qual o padrão de atividade cerebral que mais se assemelha ao processo de elicitaco de preferências dos Decisores com uso do FITradeoff, considerando os contextos experimentais de menor envolvimento (música) e de maior envolvimento cognitivo (clculo)?

1.2 JUSTIFICATIVA

Na literatura atual, existem poucas anlises que de fato estudem a interao aprofundada existente entre fatores comportamentais e as tomadas de decises utilizando ferramentas de neurociência. Com isto, se torna relevante, analisar os aspectos anteriormente apresentados em comparao com o método de elicitaco flexível FITradeoff, neste, cujo o trabalho do Decisor é drasticamente facilitado durante o processo de elicitaco e também, provavelmente requer/exige menor esforço do mesmo (DE ALMEIDA, 2015).

Segundo Glimcher (2004), decises além de estarem presentes em todos os momentos e lugares da vida de uma pessoa, ainda podem ser bastante complexas, envolvendo objetivos conflitantes, o que pode acabar fazendo com que haja maiores dificuldades para se tomar decises eficientes. Somado a isto, a influência de fatores externos, forma um contexto, em que se analisar os fatores que influenciam as decises pode ajudar a criar mecanismos que facilitem os processos decisórios.

As ferramentas de neurociência como o *Eye Tracker* e o EEG, que são utilizadas para captar movimentos das pupilas e gravar a atividade cerebral de um sujeito, respectivamente, são ferramentas que podem realizar um grande levantamento de dados, que quando analisados tem o potencial de ofertar uma maior compreensão, acerca de quais fatores de fato influenciam e quais não, um determinado contexto de decisão.  possível acreditar que diversos novos conhecimentos acerca do cérebro humano podem ser descobertos, bem como também gerar um maior entendimento por meio das anlises sobre a tomada de decisão e como pode-se melhorar

as escolhas das organizações a partir delas e assim aumentar a eficiência (ROSELLI *et al.*, 2020).

De acordo com Eagleman (2015), as decisões são diretamente afetadas por fatores conscientes e inconscientes de cada indivíduo, então é possível realizar comparações das atividades cerebrais de um determinado sujeito que está realizando a elicitação com FITradeoff a partir das análises das atividades cerebrais em dois momentos distintos, sendo um destes quando o Decisor está ouvindo música e é esperado que o mesmo esteja num estado de menor demanda cognitiva, e o outro momento em que se são realizadas operações matemáticas de ordem simples, como: adição, subtração, multiplicação e divisão. No segundo momento, da realização das operações matemáticas, espera-se que um envolvimento cognitivo maior seja demandado.

A partir do exposto, é possível considerar relevante a realização de uma comparação da atividade cerebral, durante processo de elicitação com FITradeoff de problemas simples e complexos com a atividade cerebral ao realizar cálculos simples e escutar música, para que dessa forma seja possível verificar, por meio de análises, quais contextos podem apresentar similaridades e quais contextos apresentaram fatores de influências relevantes para o processo de decisão. Esta análise permitirá que seja possível avaliar como os Decisores se portam nas etapas do SAD do FITradeoff, observando as etapas em que o Decisor apresentou atividades mais semelhantes a contextos de baixa ou alta exigência cognitiva. Esta pesquisa pode ainda contribuir com as organizações, que podem vir a utilizar este estudo ao seu favor, na busca de aumentar a eficiência em suas tomadas de decisões.

Na busca por compreensão acerca de como funcionam e quais fatores podem influenciar os processos decisórios, além do emprego e do uso de ferramentas da neurociência, é que esta pesquisa se justifica, uma vez que a utilização de ferramentas de neurociência amplifica as formas como os estudos dos processos decisórios podem ser realizados, entrando em questões antes não acessadas, aprofundando na exploração e desbravando as características das questões comportamentais que estão diretamente relacionadas com as escolhas realizadas pelo indivíduo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

O objetivo geral do presente trabalho é realizar comparações entre as atividades cerebrais de pessoas que estão executando as etapas do FITradeoff, em relação a contextos de maiores e menores exigências cognitivas, onde os mesmos Decisores desenvolvem atividades de cálculo e música. Para tanto, foi utilizado o eletroencefalograma (EEG), ferramenta da neurociência responsável pela obtenção de dados de potência das ondas cerebrais. Então, espera-se que por meio das análises comparativas, *insights* sejam fornecidos, fazendo com que novos conhecimentos acerca dos processos de decisão sejam obtidos, bem como possibilitando que melhorias sejam sugeridas ao processo de elicitación de preferências com o FITradeoff.

1.3.2 Específicos

- Construir uma revisão da literatura que justifique o tema;
- Tratar e analisar dados de experimento referente a atividades de cálculo e música, utilizando EEG;
- Tratar e analisar dados de experimento de execução das etapas do SAD ao qual o FITradeoff é implementado, utilizando EEG;
- Confrontar estatisticamente blocos de dados em contextos diferentes para fornecimento de *insights*;
- Apresentar as principais análises desenvolvidas;
- Elaborar sugestões de melhoria para as etapas do método multicritério FITradeoff e seu SAD;
- Colaborar com novos avanços relacionados a pesquisas que usam ferramentas da neurociência como auxílio nos estudos de processos de decisão.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, mais precisamente no NSID (*NeuroScience for Information and Decision Laboratory*), este que é um laboratório vinculado ao Instituto Nacional em Sistemas de Informação e Decisão (INCT-INSID). Os dados foram obtidos no experimento realizado em 2019 no referido laboratório

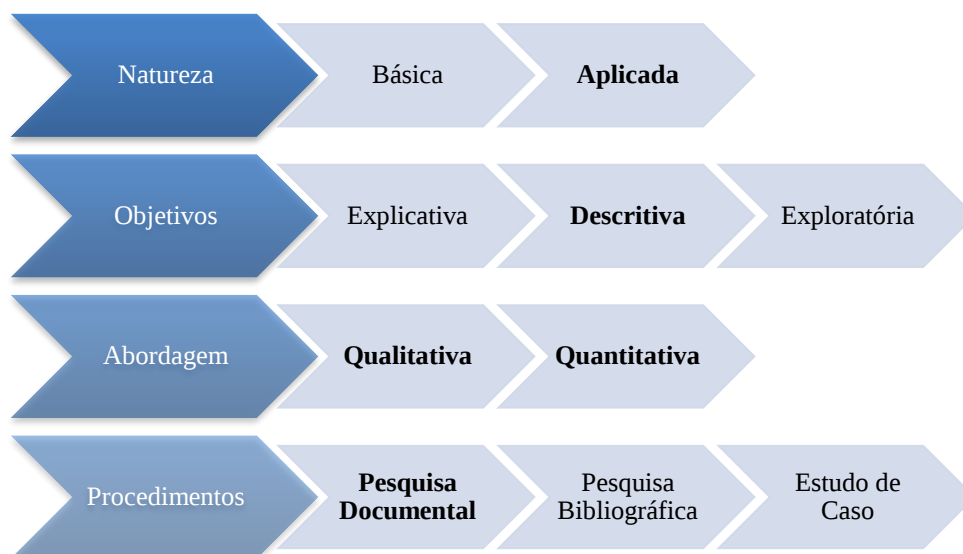
citado, o experimento de coleta utilizou os aparelhos *Eye Tracker Tobii x120* e o eletroencefalograma (EGG) *Emotiv Epoc* de 14 canais para captar os dados das ondas cerebrais e das pupilas dos participantes ao serem expostos a situações de decisões após terem tido estímulos audiovisuais apresentados.

O grande objetivo da realização desta pesquisa é o de analisar o processo decisório, com o auxílio de ferramentas da neurociência, levando em consideração a relação entre um contexto de pouco envolvimento cognitivo ao se ouvir músicas previamente selecionadas, contexto de maior envolvimento cognitivo ao se realizar cálculos e, por fim, no contexto de elicitação em processos decisórios por meio do uso do método FITradeoff, a relação entre estes pode apresentar informações valiosas que podem ajudar a entender e melhorar as decisões.

Com o exposto, é possível entender que para realização desta pesquisa é necessário utilizar diversos conhecimentos teóricos e técnicos. Para uma melhor clareza de como se deu a construção metodológica deste trabalho o mesmo será retratado por meio da: Caracterização da pesquisa e Etapas da pesquisa.

1.4.1 Caracterização da Pesquisa

Para poder realizar a caracterização deste trabalho, primeiro é preciso ter em mente que a técnica utilizada nesta pesquisa é a documentação indireta, uma vez que foi realizada pesquisa bibliográfica em periódicos, livros e em artigos diversos da área de estudo (MIGUEL *et al.*, 2012). Então a partir disto, é possível revisar a literatura no que diz respeito às estruturas metodológicas, definindo tal estrutura metodológica quanto a: natureza da pesquisa, objetivos da pesquisa, abordagem da pesquisa e os procedimentos da pesquisa. Na Figura 1 é possível observar como a estrutura metodológica do trabalho foi definida.

Figura 1 - Estrutura Metodológica do Trabalho

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Conforme a Figura 1, esta pesquisa é caracterizada como sendo de natureza aplicada, que segundo Vergara (2007) trata-se de uma pesquisa que é fundamentalmente motivada pela necessidade de solucionar problemas concretos, que sejam estes imediatos ou não. Portanto, este é o tipo de pesquisa que melhor se encaixa neste trabalho, uma vez que o mesmo busca mais conhecimento acerca de como funciona os processos decisórios e como fatores comportamentais podem exercer influências por sobre estes processos.

Já no que diz respeito aos objetivos, esse trabalho é caracterizado como uma pesquisa descritiva, que de acordo com Gil (2008) a pesquisa descritiva tem como principal objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômenos e as relações entre suas variáveis. No que diz respeito ao trabalho em si, este tipo de pesquisa é a mais adequada, justamente pelo fato desta pesquisa se apoiar na descrição de determinados contextos diferentes e tentar levantar análises e resultados por meio da comparação da relação destes contextos diferentes, que no caso são:

- Contexto 1: Baixo envolvimento cognitivo – escutar músicas;
- Contexto 2: Alto envolvimento cognitivo – realizar operações de cálculo;
- Contexto 3: Método FITradeoff – Elicitar preferências.

Devido à complexidade do problema, que necessita de conhecimentos nas áreas teóricas da neurociência e engenharia de produção, no que diz respeito à complexidade da tomada de decisão e a utilização de métodos que usam cálculos matemáticos, o mesmo terá abordagem

qualitativa e quantitativa. No tocante a abordagem qualitativa, Lakatos e Marconi (2010) afirmam que a mesma “preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano. Fornece análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes, tendências de comportamento e etc.”

A abordagem qualitativa é de grande importância para este trabalho, pois para poder desenvolver análises comparativas que de fato gerem informações que possam modificar processos decisórios e os tornar mais eficientes, é necessário converter os dados das análises nestas informações, ou seja, a pesquisa qualitativa está diretamente relacionada com o ato de analisar processos, pessoas, contextos, dados e outros (LAKATOS e MARCONI, 2010).

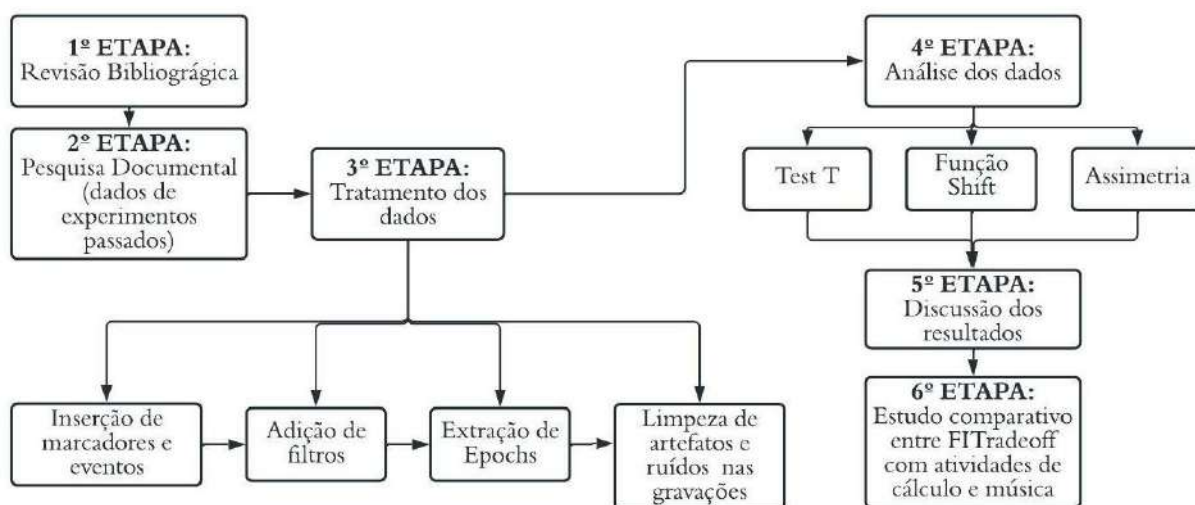
Já a abordagem quantitativa, diferente da qualitativa, pode ser definida como uma interação dinâmica entre o objeto de estudo e o pesquisador. Esta abordagem utiliza da estatística e da matemática, de forma geral, para garantir que uma amostra representativa assegure a possibilidade de uma generalização dos resultados (GUNTHER, 2006). Sendo assim, a abordagem quantitativa aparece neste trabalho por meio da utilização de métodos estatísticos que são utilizados desde a definição da amostra do experimento, até se chegar no tratamento dos dados colhidos, precisando da estatística e da matemática para processar tais dados (GUNTHER, 2006).

No que diz respeito aos procedimentos deste estudo, temos a pesquisa documental, esta que ocorre quando um pesquisador faz uso de documentos existentes com o objetivo de extrair deles informações, por meio de investigação, utilizando de técnicas apropriadas para seu manuseio e análises (SÁ-SILVA *et al.*, 2009). Este estudo faz uso do procedimento metodológico de pesquisa documental, justamente por realizar análises em cima de dados de um experimento que já havia sido elaborado e aplicado anteriormente por um grupo de pesquisadores do laboratório do NSID e, que foram fornecidos a esta pesquisa como fonte secundária.

1.4.2 Etapas da pesquisa

O presente trabalho pertence à área da Pesquisa Operacional e a subárea de Processos Decisórios, referente a Engenharia de Produção. Dessa forma, as etapas seguidas nesta metodologia bem como a dinâmica de sequenciamento das etapas deste trabalho são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Etapas da Pesquisa



Fonte: Esta pesquisa (2022).

A figura apresentada acima, consegue por meio de sua dinâmica de sequenciamento ilustrar todo o caminho percorrido por esta pesquisa até alcançar o objetivo final. O início se dá pela revisão bibliográfica, esta que é de grande importância para angariar conhecimento e gerar *insights* para as discussões acerca dos temas levantados durante o desenvolvimento desta dissertação. A revisão bibliográfica desta obra é composta por referencial teórico e revisão de literatura, onde o primeiro focou em apresentar os conceitos e definições a respeito dos temas, enquanto o segundo tratou de apresentar as obras e outras pesquisas realizadas anteriormente acerca dos temas aqui estudados.

Após término da primeira etapa e com todo o conhecimento adquirido, se fez necessário acessar os dados do experimento, estes que foram fornecidos pelo laboratório NSID. O experimento já havia sido aplicado anteriormente, no ano de 2019, onde seus dados foram coletados por um grupo de pesquisadores do referido laboratório. Devido a isto, esta pesquisa é caracterizada como sendo de caráter documental, por utilizar dados armazenados de experimento aplicado anteriormente.

A terceira etapa, diz respeito ao tratamento dos dados recebidos, um sequenciamento de etapas previamente estabelecidas foi utilizado como método de limpeza dos dados. Está sequência inicia com a inserção de marcadores e eventos, estes que são necessários para marcar determinados momentos nas gravações e posteriormente servir como pontos de questionamentos e de reflexões ao se realizar as análises. Adiante, chegou-se no momento de realizar a adição dos filtros nos blocos de dados que estavam sendo tratados. Os filtros

adicionados foram de 0.1 Hz (*lower edge*) á 40 Hz (*higher edge*) e 59 Hz a 61 Hz. A adição dos filtros se faz importante por estes servirem para suavizar os dados em relação a um determinado range de frequência.

A etapa de tratamento de dados representa um esforço cognitivo para que os dados de fato consigam fornecer informações relevantes acerca do estudo. Para tanto, é necessário após adição dos filtros, realizar de fato uma limpeza na gravação dos dados, esta limpeza pode ocorrer de duas formas básicas, ambas executadas por meio do EEGLAB, programa este usado por meio do MATLAB e que é utilizado pelos pesquisadores do laboratório NSID para realizar o tratamento dos dados registrados pelo EEG. Os dois processos de limpeza são:

- **Limpeza manual:** o analista avalia cada etapa da gravação, decidindo quais cortar, remover ou manter, esta etapa pode ser executada por meio do recurso *component activation (scroll)* do EEGLAB. É importante destacar que esta limpeza afeta diretamente no tamanho e tempo de duração da gravação, portanto o corte deve ser feito quando realmente necessário.
- **Limpeza semiautomática:** Outra maneira de realizar a limpeza é utilizando um recurso chamado *Run Ica*, também presente no EEGLAB, a princípio quando executado, este recurso sugere quais canais aplicar uma suavização na gravação, porém acatar totalmente esta indicação não garante qualidade ao fim, pois a gravação pode perder comprimento de onda, sendo assim, o analista tem autonomia de verificar a indicação e ele mesmo analisar cada canal de forma separada e de acordo com *insights* gerados definir quais os canais necessários de serem mantidos ou não.

As formas de limpar os dados que foram apresentadas acima, podem ser usadas em conjunto quando necessário. O analista tem liberdade de utilizar ambas escolhendo também a ordem de execução destas, porém, é importante ressaltar que arquivos com muitos artefatos a serem cortados podem ter suas gravações prejudicadas, tendo não somente uma perda em seu tempo como também uma diminuição da qualidade bem como sua relevância para a pesquisa.

Portanto, passada a limpeza, onde ambas as formas de se limpar os dados vieram a ser utilizadas, em alguns momentos em conjunto, devido ao fato de algumas gravações conterem muitos artefatos, chegou-se ao número final de 36 usuários para compor a amostra final deste estudo.

A partir dos dados devidamente tratados e com a amostra final definida, é possível iniciar a composição das análises. Onde foram aplicados alguns testes estatísticos para efeito de análise

comparativa entre bloco de dados. Sendo assim, foram aplicados o Test t, bem como, as funções shift e assimetria, para compor uma análise mais sensível e expandindo as informações em conjunto com o Test t. Por fim, a função Pope que visa avaliar o engajamento cognitivo, também veio compor as análises.

A partir das análises foi possível realizar discussões dos resultados, os métodos de análise empregados além de se complementarem, conseguem fornecer diversas informações acerca das decisões e das respostas neurológicas nos diversos aspectos levantados pelos experimentos, como: baixo envolvimento cognitivo, maior envolvimento cognitivo e elicitación com FITradeoff.

A última etapa denota ao objetivo sendo apresentado por meio da conclusão, onde de fato são expostas as conquistas com a pesquisa e realização do estudo comparativo entre atividades de cálculo (maior envolvimento cognitivo), música (menor envolvimento cognitivo) e FITradeoff (elicitación flexível).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é estruturada em seis capítulos, assim como pode ser visto adiante.

Capítulo 1 – Este tem o objetivo de realizar a introdução do contexto geral acerca do estudo que está sendo realizado, apresentando os principais pontos que serão tratados, bem como qual foi o cenário em que foi desenvolvido o experimento, quais foram os motivos que trouxe a neurociência ao contexto de estudos em processos decisórios, os objetivos do estudo que visam resolver a problemática levantada e mostrada relevante, por meio da justificativa e, pra finalizar este capítulo é apresentada a metodologia do trabalho com sua estrutura metodológica e etapas da pesquisa.

Capítulo 2 – Nesta parte do estudo deve ser realizado o levantamento da literatura que servirá como a base teórica para o desenvolvimento conceitual deste trabalho, a literatura engloba os temas de tomada de decisão, elicitación com o FITradeoff, análise de comportamento, neurociência e suas ferramentas de análises.

Capítulo 3 – Responsável por realizar a explicação detalhada do experimento que foi realizado para a obtenção de dados para esta pesquisa. A sua metodologia é apresentada para descrever todas as etapas que foram realizadas, apresentando os equipamentos Tobii x120 e o *EmotivEpoc* de 14 canais que foram utilizados no processo de aplicação dos experimentos,

depois demonstra os processos de atividades de músicas, cálculos e FITradeoff, devidamente selecionados e finalizando com a interface que foi apresentada para os participantes realizarem as suas escolhas durante a realização do experimento.

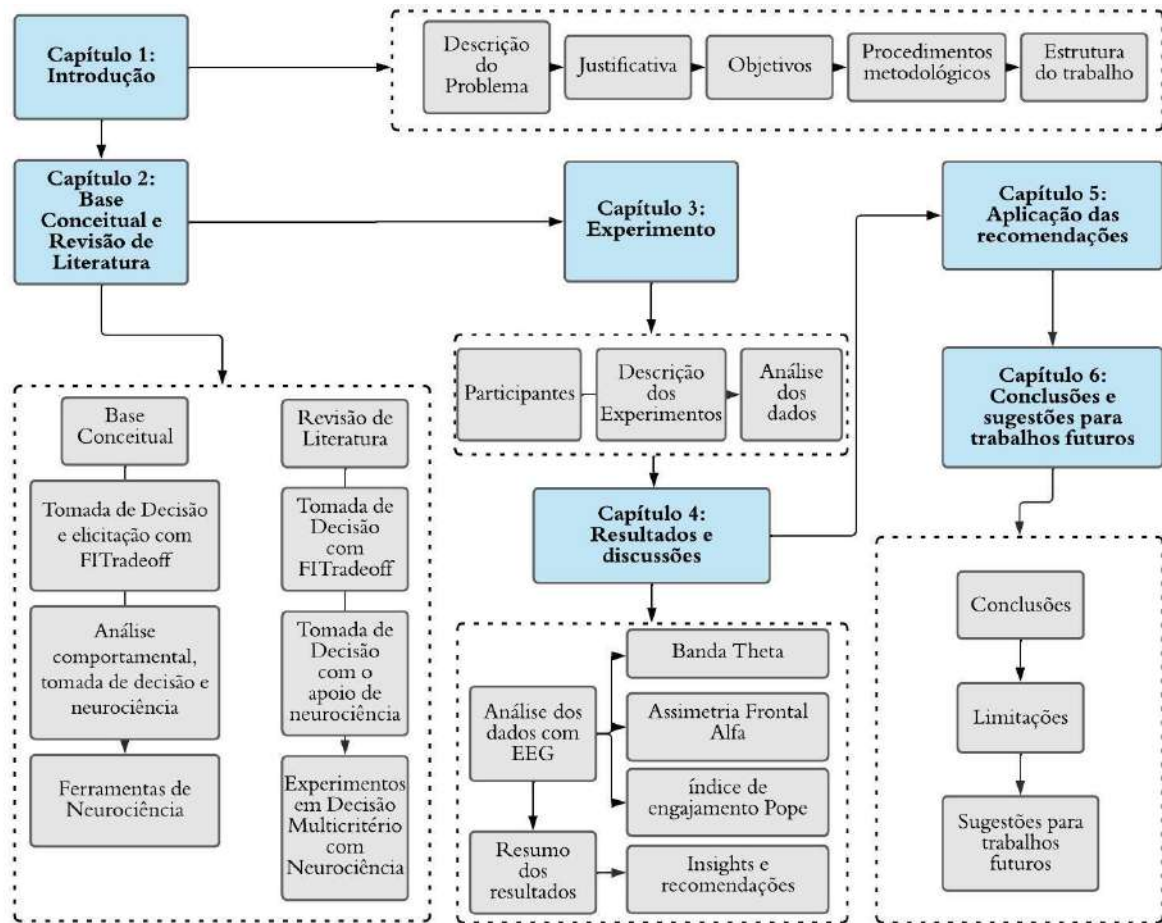
Capítulo 4 – Abordará os resultados das análises dos dados adquiridos nos experimentos aplicados, considerando os dados referentes ao EEG. A partir das análises, é possível gerar discussões a respeito dos resultados encontrados, na busca de contribuir com os estudos de tomada de decisão, bem como gera recomendações de melhorias ao SAD associado ao FITradeoff.

Capítulo 5 – Se responsabiliza por aplicar as recomendações de melhorias levantadas no capítulo anterior, em uma situação de problema prático. Para este estudo, a aplicação consisti em indicar, de acordo com a gravação de um participante da amostra, quais são as intervenções que devem ser feitas para tentar melhorar o processo de decisão descrito.

Capítulo 6 – O último capítulo desta obra deverá apresentar a conclusão dos resultados que foram conquistados, gerando discussão sobre quais foram às contribuições relevantes deste trabalho, mostrando as limitações do estudo, além de realizar sugestões de melhoria para trabalhos futuros que possam vir a ser realizados com este tema e/ou beneficiados por esta pesquisa.

Para que haja um maior entendimento acerca da estrutura de execução deste estudo, a Figura 3 se encarrega de apresentar o fluxograma que corresponde à estrutura deste referido trabalho.

Figura 3 - Fluxograma da Estrutura do Trabalho



Fonte: Esta pesquisa (2022).

2 BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA

A sustentação teórica e conceitual elucidada nesta investigação será apresentada a seguir subdividida em sessões, que representam o referencial teórico e a revisão de literatura, respectivamente, contendo os tópicos: (1) Tomada de Decisão e elicitación com FITradeoff; (2) Análise comportamental, tomada de decisão e neurociência; (3) Ferramentas de Neurociência; (4) Tomada de Decisão com FITradeoff; (5) Tomada de Decisão com o apoio de neurociência; (6) Experimentos em Decisão multicritério com neurociência; e (7) Síntese do capítulo.

2.1 BASE CONCEITUAL

O referencial teórico desta obra é responsável por apresentar os tópicos que tratam da base conceitual que foi utilizada para o desenvolvimento e estruturação desta dissertação, onde estes foram retirados de periódicos e livros. Os tópicos do referencial teórico são: tomada de decisão e elicitación com FITradeoff, análise comportamental, tomada de decisão e neurociência e, por fim, as ferramentas de neurociência.

2.1.1 Tomada de Decisão e elicitación com FITradeoff

Segundo De Almeida *et al.*, (2015), todos os dias as pessoas se deparam com decisões, algumas mais fáceis de lidar, já outras, com problemas mais complexos, tornam as decisões mais desafiadoras. Assim como ocorre com as pessoas em geral, diariamente, as organizações também se deparam com problemas de decisões, sendo esperado que estas sejam resolvidas por meio da melhor alternativa com base nas preferências expressas pelo Decisor, a fim de tentar maximizar a eficiência com a decisão para garantir vantagens competitivas. Sendo essas decisões uma atividade que pode acabar gerando apreensão nos decisores, fazendo com que lidar com estas decisões seja a principal função destes. Mesmo com essa atenção empregada nem todas as organizações tomam suas decisões fazendo uso dos métodos formais de apoio à decisão.

O mundo empresarial é extremamente competitivo e tomar decisões eficientes faz parte da busca pelo crescimento organizacional, isto se dá, pois, a competitividade das organizações e a sua existência futura no mercado sofre influência direta do desempenho dos atores no processo decisório. Portanto, a aplicação de um modelo de decisão formal auxilia as organizações a visualizar e definir quais são de fato suas alternativas relevantes, bem como suas

consequências e quais devem ser as ações que eles podem vir a realizar. É visto, de acordo com De Almeida *et al.*, (2013), que um modelo de decisão é composto por uma representação simplificada, porém formal do problema que esteja sendo analisado, utilizando suporte de um método de decisão multicritério, o *Multi-Criteria Decision Making/Aiding* (MCDM/A).

É importante ressaltar que os problemas de decisão multicritério fazem parte do cotidiano das pessoas de uma forma geral, podendo variar desde questões profissionais até as pessoais, como exemplo temos: a escolha de um curso superior, a escolha de qual universidade estudar, a escolha de um carro, a escolha de um novo apartamento, a seleção de fornecedores para uma empresa, escolha de um destino de viagem, qual funcionário contratar, escolha envolvendo localização de estabelecimento entre outros. Porém, é necessário entender que a complexidade do problema varia em relação à quantidade de alternativas, objetivos conflitantes, representados nos critérios, tipo de problemática, consequências, caminhos de ações, estruturação do problema e, por fim, a escolha do método que será aplicado tem uma grande relevância para que o problema seja realmente resolvido com maior eficiência (VUCIJAK *et al.*, 2016).

A principal questão dos métodos multicritério é a eliciação de preferências do Decisor, uma vez que esta é usada para procurar a melhor solução para o problema de decisão. Segundo Vucijak *et al.*, (2016), a aplicação de decisão multicritério adiciona o juízo de valor dos decisores a resolução do problema, com o objetivo de alcançar a melhor alternativa que represente as suas preferências, para tanto, são utilizados diversos métodos para classificar alternativas ou um conjunto destas, na busca por identificar, por fim, qual é a mais indicada para resolver a questão em análise.

O *Flexible and Interactive Tradeoff* (método FITradeoff) foi originalmente criado e desenvolvido por De Almeida *et al.*, (2016), este que surgiu com o objetivo de eliciar as constantes de escala para problemas no contexto do MAVT, considerando no entanto informações parciais sobre as preferências dos decisores. É importante destacar, que este método foi desenvolvido em cima da estrutura axiomática do procedimento de *tradeoff* clássico, segundo Keeney e Raiffa (1976), porém, melhorando sua aplicabilidade, uma vez que o FITradeoff utiliza informação parcial para o desenvolvimento da eliciação, o que pode facilitar esta atividade, fazendo com que seja esperada uma redução na taxa de inconsistência do modelo. O procedimento de *tradeoff* tradicional tem seu funcionamento baseado na comparação de consequências, em que o Decisor deve determinar pontos de indiferença entre consequências previamente apresentadas, realizando *tradeoffs* entre critérios do modelo.

Em relação à flexibilidade relatada que existe no método do FITradeoff, temos que esta significa, que o procedimento de elicitação pode ser modificado e adaptado a diferentes condições e circunstâncias à medida que o contexto se altere. Este é um procedimento de elicitação que não segue todas as etapas que o procedimento padrão normalmente segue. Em vez disso, as etapas do procedimento são determinadas segundo as diferentes condições que podem surgir durante um processo de elicitação, onde é esperado que o Decisor entregue menos informações do que no procedimento padrão.

Existem classes diferentes para os métodos multicritério, sendo assim, temos que o método FITradeoff pertence à classe dos métodos de critério único de síntese, no contexto da Teoria de Valor Multi-atributo (MAVT), onde ao se seguir os preceitos do MAVT, admite-se que os decisores possuem uma racionalidade compensatória, ou seja, isto significa que os decisores são aptos e podem realizar *tradeoffs* entre os valores de consequências nos critérios, o que acaba por permitir que um desempenho inferior em um dado critério seja compensado por um melhor desempenho em outro critério, para uma mesma alternativa (DE ALMEIDA *et al.*, 2015). Nos métodos de critério único de síntese, após a estruturação do problema MCDM/A e realizada a definição das alternativas e critérios do problema, o primeiro passo para iniciar de fato a elicitação das preferências é realizar a avaliação intra-critério. É nesta etapa que as funções valores para cada um dos critérios são elicitadas, e estas podem ser lineares ou não lineares. Após elicitadas, elas ficaram entre 0-1. Já a avaliação inter-critério é realizada para se obter o intervalo de valores das constantes de escala para cada alternativa a_j , de acordo com a Eq. (1) (BELTON e STEWART, 2002; KEENEY e RAIFFA, 1976).

$$v(a_j) = \sum_{i=1}^n k_i v_i(y_{ij}) \quad (1)$$

Como exposto, temos na Eq. (1), que n representa o número de critérios que estarão compondo um problema de decisão, enquanto que k_i é a constante de escala do critério C_i (as constantes de escala devem ser normalizadas e somar 1), já y_{ij} demonstra o valor da consequência da alternativa a_j por sobre o critério C_i , e $v_i(y_{ij})$ simboliza a avaliação da consequência y_{ij} em consonância com a função de valor intra-critério do critério C_i , por exemplo, em uma escala de 0-1. Em relação aos pontos extremos na escala, temos que estes são definidos de tal maneira que o valor do melhor resultado no critério C_i é definido como sendo 1 ($v_i(best_i)=1$), enquanto que o valor que representa o pior resultado no critério é definido como sendo 0 ($v_i(worst_i)=0$), considerando a escala intervalar. O termo $v(a_j)$ é designado para definir

o valor global da alternativa a_j , este que é calculado por meio de uma agregação aditiva dos valores dos critérios na alternativa a_j , esta que é ponderada pela constante de escala dos critérios k_i (DE ALMEIDA, 2021).

O procedimento *Tradeoff*, e consequentemente o método FITradeoff, admitem funções lineares e não-lineares. Por outro lado, o procedimento Swing admite apenas funções de valores lineares (EDWARDS e BARRON, 1994). É preciso ter em mente que existem várias formas pelas quais funções de valor podem vir a ser eliciadas em um processo decisório, levando em consideração as preferências do Decisor, como ocorre no método da bissecção, também tem o método das diferenças, construindo uma escala de valor qualitativa ou até mesmo por meio de avaliação direta (BELTON e STEWART, 2002).

Vários métodos MCDM/A aditivos simplificam a avaliação intra-critério, por meio da definição de uma função de valor linear para todos os critérios presentes no modelo de decisão. Para casos em que a função foi assumida como sendo linear, a normalização pode ser realizada de forma direta, elicitando as constantes de escala, como no procedimento de elicitación de *swing* usado na maioria dos métodos multicritério, como no caso do método SMARTS, este que foi proposto por Edwards e Barron (1994). A simplificação realizada apresenta o que esses autores chamam de erro de modelagem, mas, no entanto, o chamado erro de elicitación (este que pode vir a causar inconsistências durante o processo em execução) é reduzido quando a simplificação é empregada.

No *Swing*, é realizada uma elicitación direta dos valores de constantes de escala, após o ranqueamento destas constantes com base no range de consequências em cada critério. Após assumir que a preferência do Decisor para os valores em cada critério segue uma função linear, a normalização pode vir ser feita, seguindo os procedimentos de normalização indicados no livro De Almeida (2013). O procedimento tipo 1 é o adequado para a escala intervalar, que é a escala considerada nos procedimentos de elicitación *Swing* e *Tradeoff*.

Já no que diz respeito às inconsistências que podem aparecer devido a erros na elicitación, o método FITradeoff conta com a vantagem de não necessitar de informações completas de preferência advindas do Decisor, o que acaba tendendo a reduzir o índice de inconsistências. Devido ao fato deste método trabalhar com informações parciais este método acaba por evitar afirmações de indiferença. Problemas de tomada de decisão em grupo também podem ser considerados e tratados por esse método (DE ALMEIDA *et al.*, 2020b).

2.1.2 Análise comportamental, tomada de decisão e neurociência

Os estudos que envolvem análise comportamental mostram-se ser de grande importância para as pesquisas que tratam de decisão multicritério, esta relevância se apresenta devido ao contexto do comportamento exercer influência direta no processo decisório. Ao se realizar uma análise comportamental se torna possível que o processo de elicitación seja realizado de forma mais consistente, pois será considerado não apenas as questões matemáticas do modelo, mas também todos os conhecimentos adquiridos acerca do comportamento dos seres humanos. Com o apoio da neurociência se torna possível também, conseguir atingir resultados melhores com o desenvolvimento dos modelos de decisão. A preocupação com a qualidade do desenvolvimento e resposta do modelo se dá devido ao fato de que se a elicitación for aplicada de forma equivocada, os resultados obtidos podem não estar em concordância com os anseios e desejos do decisor do problema, podendo deixar o mesmo insatisfeito, pois vários fatores contribuem para os processos de tomada de decisão, mas, muitos deles não estão vinculados apenas à parte de modelagem matemática do processo, mas também engloba as áreas do estudo cognitivo (BARRETT, 2017).

Segundo Eagleman (2015), existem diversos fatores conscientes e inconscientes, sejam estes diretos ou não, mas que de fato podem afetar as decisões tomadas diariamente, então dessa forma, os estudos acerca dos processos decisórios precisam do apoio da neurociência para poder entender melhor como os fatores internos e externos podem impactar a tomada de decisão. Muitos fatores podem influenciar bastante as futuras escolhas que serão realizadas, alguns exemplos destes fatores são: idade, experiências passadas, situação socioeconômica, crenças, vieses cognitivos e decisões passadas. Assim como os outros fatores as decisões passadas também são levadas em considerações em novos processos decisórios, isso se dá, pois, uma vez que o impacto é algo positivo, o Decisor normalmente realiza a mesma escolha buscando um resultado semelhante aos de sucesso anterior (DIETRICH, 2010).

É importante entender que o ser humano é influenciado diretamente pelo o seu arredor de modo que seu inconsciente encontra informações que normalmente não são percebidas ou notadas pelo consciente, esse processo é conhecido como sendo o *priming*. Um exemplo de quando ocorre um *priming* é quando ao se tirar a foto de uma pessoa sorrindo o fotógrafo acaba mesmo que sem querer sorrindo também. Assim, esse processo impacta nas escolhas que são realizadas mesmo sem ser percebido de forma consciente. O exemplo mencionado demonstra como que o estudo sobre os aspectos comportamentais possibilita a obtenção de informações

acerca dos processos externos que impactam diretamente os decisores, mesmo que eles não sejam percebidos pelo o consciente destes (KAHNEMAN, 2011).

As escolhas que fazem parte do cotidiano das pessoas também podem vir a ser mais entendidas a partir de estudos envolvendo a análise comportamental, mesmo que sejam decisões prejudiciais a longo prazo, como no caso de consumo de drogas. A obra de *Madden e Bickel* (2010) realiza discussão acerca da questão da recompensa a longo prazo versus a recompensa de curto prazo, como no exemplo das substâncias ilícitas, participar de jogos de apostas, podem ser decisões baseadas no momento, gerando apenas um prazer imediato. Já a obra do autor Kahneman (2011), aborda o ponto que trata das escolhas e conclusões alcançadas pelas pessoas, bem como a forma como estas são afetadas pelos seus sistemas cerebrais: o sistema um e o sistema dois. A respeito do sistema um, é importante ter em mente que este é um sistema rápido, automático e identifica conexões causais entre os eventos, enquanto que o sistema dois é responsável por atender as demandas com maior esforço cognitivo associado, aonde o desempenho desse sistema irá se apoiar em fatos e sugestões do meio e da memória associativa.

Evidenciada a notória relação positiva existente entre os estudos comportamentais e o como que estes conseguem contribuir com os processos decisórios, é possível perceber que a incorporação destes dois expoentes surge desde o início da aplicação da teoria da utilidade. Nesta época se derivava os pesos para conseguir as preferências dos decisores e assim apresentar no fim do modelo de decisão resultados que fossem considerados relevantes para a pesquisa descritiva, fazendo uso prescritivo da análise da decisão para que a partir do conhecimento adquirido acerca das influências comportamentais vieses pudessem ser identificados, para poder diminuir e evitar que erros aconteçam na tomada de decisão (WEBER, BORCHERDING, 1993).

Já o que diz respeito à incorporação da neurociência nos estudos de processos decisórios, tem-se que está começou a se dar de maneira mais impactante a partir da década de 1990. Isto se deu, por que se passou a ser realizada a aplicação multidisciplinar da psicologia em parceria com a economia e a neurociência, fazendo uso de técnicas e ferramentas da neurociência para compreender mais profundamente os impactos da mente humana nos processos de tomada de decisão e assim, além de entender o funcionamento, começaram-se a ser desenvolvidos estudos para que essas pesquisas conseguissem colaborar com o aprimoramento de métodos e modelos decisórios (GLIMCHER, 2004).

A Neurociência vem sendo utilizada na investigação de decisões econômicas, onde diversos trabalhos podem ser encontrados na literatura, a Neuroeconomia, se refere ao termo

inglês *Neuroeconomics* (RANGEL *et al.*, 2008; GLIMCHER & RUSTICHINI, 2004, FEHR & CAMERER, 2007; MOHR *et al.*, 2010). Esta abordagem tem possibilitado que a teoria clássica da economia seja reavaliada, para que aspectos importantes e antes não considerados, façam parte dos modelos desenvolvidos. Com isto, a Neuroeconomia vem sendo desenvolvida em análises para investigar o comportamento de decisores quando estes estão frente a decisões econômicas visando entender as preferências expressadas e complementar as abordagens clássicas já usadas.

A Neurociência também vem sendo usada para investigar decisões de consumidores no momento de escolher e comprar produtos, esta abordagem é conhecida como “*Consumer Neuroscience*” e se faz presente na literatura. Outra abordagem com a neurociência, é o Neuromarketing, este que foi criado para auxiliar no desenvolvimento de produtos desejáveis para o mercado consumidor (KHUSHABA *et al.*, 2013; MORIN, 2011). Para estas abordagens, o uso das ferramentas de neurociência, que conseguem coletar dados de mensuração de variáveis fisiológicas, é de grande importância, visto que estas viabilizam a identificação das preferências dos consumidores, mesmo que estes não as expressem de forma consciente (GOUCHER-LAMBERT *et al.*, 2017).

Além das áreas já mencionadas, a neurociência é ainda utilizada para investigar o comportamento dos usuários quando estes interagem com Sistemas de Informação (SI), esta abordagem se chama “*NeuroIS*”, esta que também apresenta trabalhos na literatura acerca de suas pesquisas. A abordagem de NeuroIS, possibilita o desenvolvimento de sistemas que melhor se adequem as necessidades de seus usuários, pois a neurociência pode compreender aspectos antes não percebidos acerca da interação do usuário com o SI (RIEDL *et al.*, 2014).

Com isto, é possível perceber que a Neurociência consegue colaborar com diversas áreas de conhecimento, onde acaba apresentando grande relevância para a aquisição de insights sobre o comportamento dos decisores, contribuindo ainda para o avanço dos estudos desenvolvidos por estas diversas áreas do conhecimento, sendo essa relevância evidenciada ainda mais, depois do desenvolvimento de abordagens específicas para agregar a Neurociência com estas áreas.

2.1.3 Ferramentas de Neurociência

A neurociência além de estudar as relações cognitivas envolvendo o cérebro humano ainda se utiliza de ferramentas para que seja possível captar dados referentes a aspectos físicos e psicológicos relacionados a respostas do nosso corpo, como sinais cerebrais e medidas

fisiológicas de excitação. De acordo com Bell *et al.*, (2018), por entre as ferramentas de neurociência desenvolvidas até então, as ferramentas mais comumente utilizadas são:

- Imagem por Ressonância Magnética Funcional (fMRI);
- Rastreamento Ocular (Eye Tracking);
- Eletroencefalografia (EEG);
- Equipamentos de Resposta Galvânica da Pele (GSR), mais conhecido como Skin Conductance Response (SCR).

A ferramenta de imagem por ressonância magnética funcional (fMRI), nada mais é que uma tecnologia não invasiva que faz uso de ondas de rádio e de campos magnéticos para realizar a medição da atividade neural do cérebro humano. Esta ferramenta tem o objetivo de registrar os sinais e variações das atividades de acordo com o nível de BOLD – *Blood Oxygen Level-Dependent*, que corresponde ao nível de oxigênio no sangue durante o experimento. A fMRI apesar de possuir alta resolução, apresenta uma baixa resolução temporal (MÜLLER-PUTZ *et al.*, 2015). Até recentemente, esta era a ferramenta e a técnica neurofisiológica mais utilizada na área de estudos em neurociência do consumidor, utilizada na medição da resposta a estímulos de marketing e experimentos de tomada de decisão em modelagem de processos decisórios (SMIDTS *et al.*, 2014).

Dando continuidade as ferramentas, é imprescindível apresentar o método de rastreamento ocular, o *Eye Tracking*, este que é um método voltado para a realização de análise do comportamento e da cognição por meio do registro da movimentação ocular, bem como nas alterações no diâmetro da pupila. (BELL *et al.*, 2018). O olho, mais precisamente a pupila, consegue de fato fornecer um grande número de informações acerca dos processos cognitivos e emocionais aos quais os indivíduos são acometidos, é possível definir também para onde o indivíduo direciona sua atenção visual em um dado instante. Além disso, o diâmetro da pupila está diretamente relacionado ao nível de esforço cognitivo alocado pelo indivíduo para exercer uma resposta, também se relacionando ainda com o nível de dificuldade de uma tarefa. Desta forma, a caracterização e medição referente ao comportamento do olhar podem vir a ser usada como forma de avaliar o nível de excitação e o processamento de informação advindo do indivíduo em dado momento de análise (ETTINGER e KLEIN, 2016).

É importante ressaltar ainda a respeito do *Eye Tracking*, que este consegue fornecer diversas métricas, como por exemplo, os mapas de calor, que dizem respeito à frequência com

que um o indivíduo olhou para uma determinada área, sequência e duração do movimento ocular, dentre outros. O *Eye Tracking* vem sendo usado em inúmeras áreas, como em estudos de usabilidade, neuromarketing e respostas em tempo real dos consumidores e outros (HARRIS *et al.*, 2015).

A ferramenta conhecida como eletroencefalografia (EEG), representa uma técnica de metodologia não invasiva que faz uso de eletrodos aplicados ao couro cabeludo de um determinado usuário para se realizar a medição das alterações na atividade elétrica do cérebro deste. O EEG captura as variações nas ondas cerebrais cujas amplitudes correspondem a determinados estados mentais, exemplos são: estados de sono, estados de vigília, estados de relaxamento, entre outros (MÜLLER-PUTZ *et al.*, 2015). Levantada como desvantagem deste método, a resolução temporal, registra a atividade neural em milissegundos. Contudo, esta ferramenta possui uma baixa resolução espacial, onde está depende diretamente do número de eletrodos usados, e pode ter suas gravações afetadas e/ou prejudicadas devido à captação de movimentos oculares e musculares, ou até mesmo a interferência de objetos eletrônicos (ARIELY & BERNIS, 2010).

O Equipamento de Resposta Galvânica da Pele (GSR) é caracterizado por realizar o monitoramento da resposta galvânica da pele do usuário por meio da utilização de eletrodos em determinadas zonas do corpo, como no caso das mãos e pulsos. Esta ferramenta apresenta como finalidade, a realização da medição da condutância da pele e a excitação do sistema nervoso em resposta a diferentes estímulos por meio do aumento da atividade das glândulas sudoríparas. É importante entender que o sistema nervoso central está diretamente relacionado às reações e a quantidade de suor nessas áreas do corpo, então, sendo assim, este método é capaz totalmente de realizar a identificação das respostas neurais que precederem determinadas emoções, como alegria, medo e raiva. (BANKS, 2012).

O uso destas ferramentas da neurociência possibilita que se tenha um melhor entendimento acerca de como os indivíduos tomam decisões em situações de contextos e problemas reais. Os problemas de decisão podem ser complexos, fazendo com que os métodos tradicionais de pesquisa de mercado, como entrevistas e questionários, tendam a ser muito subjetivos e na maioria das vezes sejam incapazes de captar ou registrar as verdadeiras preferências e emoções advindas dos indivíduos, possibilitando o surgimento de inconsistências e falhas na interpretação das respostas verbais adquiridas. Portanto, os métodos neurofisiológicos podem de fato completar e fortalecer os métodos e técnicas já existentes e

que apoiam os processos de decisão, uma vez que estes são úteis para entender as influências do estado afetivo no comportamento dos indivíduos em contexto de decisão (BARRETT, 2017).

2.2 REVISÃO DE LITERATURA

Para a construção desta pesquisa, se faz importante ainda, revisar na literatura quais são os estudos sobre tomada de decisão e neurociência que estão sendo realizados. Inicialmente realizando exploração de pesquisas de diferentes áreas de decisão que utilizaram o modelo multicritério de elicitación flexível o FITradeoff, bem como adentrando nas ferramentas de neurociência usadas em pesquisas e, adiante a revisão foca nos estudos que se direcionam em realizar análise em decisão multicritério.

2.2.1 Tomada de Decisão com FITradeoff

Assim como já mencionado, os métodos multicritério podem ser utilizados para solucionar uma infinidade de problemas de decisão de que venham surgir, tais métodos são ainda mais recomendados em casos de decisões nas organizações, por envolver um maior número de pessoas, recursos, dinheiro e material. Em busca de maior eficiência no processo decisório, o método FITradeoff (DE ALMEIDA *et al.*, 2016) tem sido aplicado em muitas situações de decisão prática (ALMEIDA, 2015).

Como exemplo de trabalhos e pesquisas desenvolvidas com a utilização deste método multicritério, temos a obra de Pergher *et al.*, (2020), esta que tem o objetivo de refletir acerca da estrutura de preferência do Decisor nas decisões de agendamento, esta obra leva em consideração a relação entre o método compensatório flexível e iterativo (FITradeoff) com as atividades de job-shop, para identificação da melhor data de vencimento, liberação de pedido e regras de despacho de loja. Outro exemplo é a obra de Poleto *et al.*, (2020), esta que aborda o problema de decisão de terceirização de tecnologia da informação (TI) (ITO), fazendo uso do método FITradeoff para apoio a decisão.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos usando o método multicritério FITradeoff desde sua criação em 2016, assim como a obra de Camara e Silva *et al.*, (2019), este que tinha o objetivo de definir a melhor localização para a construção de uma nova Delegacia Estadual de Polícia Militar. Ainda no mesmo ano, Silva *et al.*, (2019) decidiu resolver por meio do FITradeoff um problema relacionado ao sistema de manufatura de classe mundial.

Já no ano de 2018, temos um artigo que propõe um modelo de decisão baseado no método FITradeoff com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão multicritério no contexto do planejamento energético do país (KANG; JÚNIOR; ALMEIDA, 2018).

Alguns trabalhos surgiram logo após a divulgação da criação do método, um destes foi a aplicação do método FITradeoff para escolha do modelo de maturidade de *Business Process Management* (BPM) mais adequado (LIMA *et al.*, 2017). Outro trabalho importante com a utilização deste método é a obra que visa resolver um problema de seleção do fornecedor mais adequado em uma indústria de alimentos (FREJ *et al.*, 2017).

2.2.2 Tomada de Decisão com o apoio de neurociência

A neurociência é caracterizada como sendo de natureza multidisciplinar, sendo assim, ela é usada como ferramenta de pesquisa em diferentes áreas do conhecimento, como: engenharia, economia, medicina e biologia. No que diz respeito aos estudos em tomada de decisão, a neurociência é utilizada como uma ferramenta de apoio, uma vez que a engenharia passou a recorrer a recursos da neurociência para entender como diferentes aspectos podem influenciar nos processos decisórios. Análises de movimentação e conforto da pupila usando o *Eye Tracking* (ETTINGER e KLEIN, 2016) e as análises das potências das ondas cerebrais captadas pelo o EEG (DEBENER *et al.*, 2016), conseguem fornecer um gigantesco volume de dados que se tratados corretamente têm o potencial de demonstrar: quais aspectos influenciam nas tomadas de decisões, o comportamento do Decisor, se fontes externas atrapalharam o processo, qual foi o esforço cognitivo empregado, realizar testes de usabilidade de software e/ou interfaces, dentre outras.

Como já mencionado, diversos fatores podem nos atingir e assim influenciar na nossa forma de decidir, os fatores externos são responsáveis por causarem impacto direto no estímulo emocional, afetando diretamente as decisões que serão tomadas pelas pessoas. A exemplo do que foi mencionado, temos, segundo Liebman *et al.*, (2015) a música, esta que consegue exercer influência no humor dos decisores, afetando consequentemente as decisões dos mesmos. Liebman ainda realizou um experimento no qual os participantes devem escolher se determinadas palavras tinha em sua percepção uma conotação negativa ou positiva enquanto escutavam músicas específicas que podiam induzir a um humor positivo ou a um humor negativo, a depender das letras e do ritmo. Com a realização dos estudos de Liebman *et al.*, (2015), foi constatado que a música consegue induzir o humor das pessoas eficazmente,

afetando qual escolha elas irão realizar, pois a música afeta as emoções destas pessoas, influenciando em suas decisões.

Outros autores também desenvolveram obras que estudam a relação da música com as emoções e conseqüentemente a influência desta relação com a tomada de decisão, exemplo disto é Gorn (1982), o estudo deste apresenta uma análise comportamental de como a música tem o poder de gerar influência por sobre a escolha de produtos por parte dos consumidores. No experimento realizado em uma sala de aula por Gorn (1982), o mesmo colocou propagandas de canetas acompanhadas de músicas tocando e assim solicitou que os estudantes avaliassem o quanto apreciavam as músicas que haviam sido selecionadas e no final era indicado que o participante escolhesse qual caneta eles queriam ter. Dessa forma, foi notado que 30% dos participantes escolheram a caneta que estava relacionada com a música que eles não gostavam, enquanto que 79% dos estudantes selecionaram a caneta que associaram com a música que gostaram. Por fim, o resultado deste estudo comprova que de fato existe uma relação entre a música e a decisão que será tomada, uma vez que foi mostrado que a escolha dos elementos que acompanham uma propaganda, como a música, tem um impacto na escolha do decisor, assim como ocorreu no experimento.

Satpathy (2012) debate sobre como o estudo da neurociência e decisão é um desafio de ordem multidisciplinar que atua em diversas formas ao tentar buscar entender como o ser humano toma suas decisões a partir das informações que os mesmos acessam e que estejam disponíveis no ambiente, juntamente com as suas vivências anteriores que impactam diretamente sua forma de agir e decidir no presente. *Insights* podem ser utilizados por meio dos conhecimentos em neurociência, permitindo que seja entendido como os aspectos do cérebro humano funcionam no momento da tomada da decisão, bem como entender, como estes podem ser modificados para que as escolhas sejam realizadas de forma que o decisor seja beneficiado.

De acordo com Sanfey (2007) a neurociência consegue de fato prestar auxílio nos estudos e pesquisas acerca de processos decisórios, a neurociência dá o poder de investigar mais profundamente as questões de interações humanas em contextos sociais, considerando a relação comportamental entre indivíduos e jogos de barganha, de troca de reciprocidade, entre outras situações. Portanto, a neurociência possibilita analisar como o ser humano realmente age de acordo com um determinado contexto ou situação problema, o que ocorre é que muitas vezes acontece de uma forma diferente do que é mostrado nas teorias clássicas dos estudos econômicos, contrapondo a maneira que a teoria dos jogos afirma que seria a reação natural das pessoas ao decidirem. Diversos estudos são desenvolvidos nas áreas de: recompensa social,

competição, cooperação, coordenação e raciocínio estratégico. Estes estudos mostram que diferentes áreas do cérebro são ativadas a depender dos elementos que estão presentes na situação em que o indivíduo esteja inserido, alterando a forma como o decisor vai se comportar de acordo com elas. Sanfey (2007) discute ainda como o *striatum* humano está relacionado nas decisões sociais e que a ação do decisor vai mais longe do que recompensas financeiras, levando em consideração questões como sentimentos positivos que a sua conduta pode levar.

Muitos estudos já foram desenvolvidos utilizando a neurociência como apoio nos processos decisórios, exemplo disto é o trabalho de Bechara e Damasio (2005), estes tomaram como base as emoções que os decisores sentiam durante a resolução de um problema de escolha para proposição de um modelo decisório econômico que utiliza a emoção como um fator chave. Já no ano seguinte, Nagvi *et al.*, (2006), decidi explorar por meio de sua obra a temática de como as emoções de fato afetam a tomada de decisão, porém entendendo que os reflexos disso podem ser observados não apenas analisando os olhos e o cérebro, mas também outras partes do corpo, que também respondem a estímulos. No trabalho de Sanfey (2007), a partir da influência dos aspectos comportamentais nos estudos decisórios, a obra deste autor visou analisar como os fatores afetivos e a interação das recompensas afetam as negociações humanas a partir de jogos competitivos.

O estudo de Kang *et al.*, (2011) realizou experimentos sobre como o cérebro diferencia cálculos de valoração reais e hipotéticos utilizando o equipamento de fMRI, em relação aos resultados do estudo, têm-se que os mesmos mostraram que em ambas situações as áreas do córtex orbito frontal e do estriado ventral se relacionam diretamente com as medidas dos valores dos bens, porém é importante ressaltar que é mais forte na escolha real (KANG *et al.*, 2011). Alguns anos depois, Strombach *et al.*, (2015), também utilizou o fMRI em um experimento, agora na área de jogos com decisões sociais, onde o experimento consistia em os participantes escolherem entre alternativas consideradas egoístas e outras generosas. Com as análises foram descobertas que as escolhas generosas afetam a Junção Tempo Parietal (TPJ) cerebral, o que ajuda a superar o egoísmo.

Com a obra de Kim *et al.*, (2012), é possível observar a utilização do *Eye Tracking* nos experimentos de decisão, onde foi observado que os movimentos oculares eram executados quando o sujeito tinha que realizar escolhas em loterias probabilísticas, ou seja, esse estudo levava em consideração a movimentação da pupila do usuário para levantar dados que representassem aspectos cognitivos na sua tomada de decisão. Assim como a obra anterior, Bault *et al.*, (2016) também desenvolveu um experimento com o *Eye Tracking*, onde foi

observado que os movimentos de fixação estão diretamente relacionados com as preferências e indiferenças do decisor do modelo, e que também, ainda estão vinculadas com os feedbacks de perda.

Já a pesquisa de Massar *et al.*, (2016), mesmo utilizando *Eye Tracking*, decidiu caminhar por outro caminho, avaliando se havia alguma relação por entre o nível de esforço cognitivo fornecido pelo o Decisor com o valor esperado do ganho que a decisão levaria o mesmo a ter. Para o desenvolvimento dos experimentos foi necessária a captação dos dados de dilatação da pupila, levantando medidas para o teste de hipótese. Por fim, como resultado, foi encontrado que quanto maior a recompensa, maior o desempenho e o nível de esforço cognitivo empregado pelo o Decisor.

2.2.3 Experimentos em Decisão multicritério com neurociência

Como visto a neurociência a cada dia que passa é mais e mais utilizada como forma de apoiar os processos decisórios, principalmente por meio da utilização de suas ferramentas, que conseguem captar dados que traduzem aspectos psicofisiológicos dos Decisores. Sendo assim, estudos desenvolvidos na área de decisão multicritério que fazem uso de ferramentas de neurociência como o EEG, o *Eye Tracking* e o fMRI são desenvolvidos em diversos laboratórios de pesquisa, tratando diferentes tipos de problemas.

O trabalho desenvolvido por Khushaba *et al.*, (2013) utilizou em conjunto as ferramentas EEG e o *Eye Tracking*, estas foram usadas para avaliar o comportamento fisiológico dos participantes do processo decisório em momentos em que era solicitado ao mesmo realizar uma escolha sobre qual biscoito eles preferiam, tendo como critérios as características de sabor, forma e cobertura distintas entre os tipos de biscoitos. Com o experimento, foi possível levantar resultados que apontam que áreas distintas do cérebro e determinadas ondas cerebrais estão relacionadas com as preferências dos Decisores, sendo estas as regiões frontais (beta, alfa e delta), occipital (teta, beta e alfa) e temporal (gama, beta e alfa).

A pesquisa construída por Roselli *et al.*, (2018) buscou utilizar o *Eye Tracker* para analisar a avaliação da visualização gráfica que os decisores tem ao poderem utilizar ferramentas de apoio a decisão, como no caso do software do método multicritério FITradeoff, que objetiva realizar uma flexibilização do método *Tradeoff* e na forma como os Decisores selecionam suas alternativas finais, por meio dos resultados gerados no estudo dos gráfico e também buscar entender se a visualização gráfica auxilia o decisor a ter *insights* a respeito do processo decisório ou se não contribui.

Agora no que diz respeito à ferramenta fMRI, têm-se que Hunt *et al.*, (2014), visou investigar como o processo de decisão é executado pelo cérebro, analisando que um mecanismo de competição entre os atributos é ativado em todas as fases do processo decisório. Já o estudo com o fMRI realizado por Goucher-Lambert *et al.*, (2017) tratou da tomada de decisão em relação a compra de produtos sustentáveis, analisando o ganho social versus o ganho individual da aquisição destes itens.

2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE

A neurociência se mostra como uma grande ferramenta no auxílio nas mais complexas decisões, onde são utilizadas diversas ferramentas de neurociência em diferentes áreas de estudo, auxiliando no entendimento não apenas de análises clínicas, mas também do entendimento acerca do comportamento humano, enquanto Decisor, existindo o potencial de apoiar os estudos em decisão multicritério e no melhoramento dos métodos já existentes desta área. Isto se dá, pois, uma vez que o Decisor tem seu comportamento compreendido, pode-se melhorar os procedimentos de elicitação como o FITradeoff.

Portanto, é evidente que existe um grande potencial, ao se juntar às áreas de engenharia de produção, tomada de decisão multicritério e os recursos da neurociência, a fim de não só auxiliar na tomada de decisão, mas também entender como todo o processo pode ser influenciado, para se melhorar a experiência como um todo, tanto adquirindo as vantagens competitivas quando melhorando o processo para os decisores.

As buscas realizadas na literatura, possibilitou observar que os estudos envolvendo neurociência como apoio a processos de decisão vem crescendo nos últimos anos, além de contribuir de forma positiva no entendimento de aspectos comportamentais conscientes ou não que antes não eram considerados, mas, que com o uso das ferramentas da neurociência vem se tornando uma realidade a cada dia, analisar tais aspectos.

3 EXPERIMENTO

A seguir é apresentado e descrito como foi aplicado os dois experimentos responsáveis por levantar os dados para esta pesquisa, também serão apresentados detalhes acerca dos equipamentos que foram usados e bem como os softwares necessários para a execução de tais experimentos, por fim, o processo de coleta de dados será explicado até se chegar na etapa das análises.

3.1 PARTICIPANTES

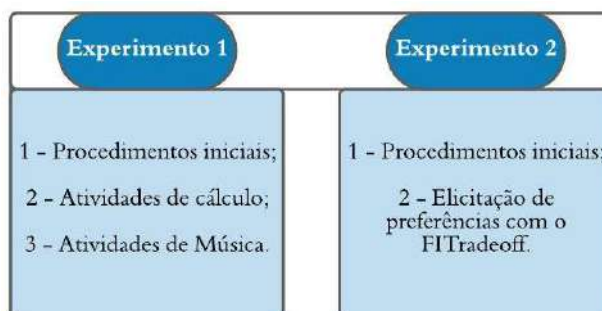
Esta pesquisa utiliza dados de dois experimentos, estes experimentos foram aplicados na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, mais especificadamente no laboratório NSID (*NeuroScience for Information and Decision Laboratory*) (cdsid.org.br/nsid). A amostra dos experimentos inicialmente foi composta por 78 alunos dos cursos de graduação, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção da UFPE, bem como também por alunos do curso de graduação em Administração da mesma instituição, porém, a análise da amostra final para este estudo é formada por 36 participantes, isto se deu devido ao descarte de alguns usuários por apresentarem uma grande quantidade de artefatos em suas gravações, o que diminuiria a qualidade das análises. Em relação ao perfil de idade da amostra, foi colhida a informação que os estudantes apresentavam idades entre 18 a 40 anos, sendo em grande maioria entre 22 a 30 anos idade.

É importante ressaltar, que os participantes do experimento não tiveram contato entre si, isto porque todas as aplicações foram agendadas e cada participante tinha seu próprio horário. Mesmo em casos de haver na recepção alguém já aguardando sua vez para o experimento, não houve contato direto entre os participantes, pois antes, logo na chegada de cada aluno instruções eram repassadas aos mesmos pela a equipe de aplicação, e nessas instruções era apresentada a importância de se manter confidencial o que tinha ocorrido durante os experimentos, principalmente para outros participantes. Outro fato importante é que cada um dos participantes entrava separadamente na sala para receber as instruções e para realizar o experimento. Antes de iniciar o experimento de fato, era verificado o estado atual acerca da saúde de cada usuário, para tanto, era solicitado que os mesmos preenchessem um formulário informando como estavam se sentindo no momento, também era questionado se haviam feito uso de alguma medicação, em caso positivo, dizer qual foi.

3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Para realizar a descrição do experimento, é preciso entender primeiro que foram realizados dois experimentos, estes que por meio da Figura 4, têm sua dinâmica de sequenciamento apresentada.

Figura 4 - Etapas dos experimentos



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Os procedimentos iniciais são os mesmos para ambos os experimentos, pois se trata de um procedimento padrão aplicado pelos pesquisadores do laboratório NSID. Estes experimentos foram realizados de forma integrativa, uma vez que ao mesmo tempo em que foi utilizado o *Eye Tracker* para captar os dados da pupila, também foi usado o EEG para registrar as ondas cerebrais dos participantes.

É importante destacar, que os procedimentos iniciais começam bem antes do dia do experimento, onde primeiro os participantes são contatados e após se verificar a disponibilidade dos mesmos, é marcado o dia da realização do experimento. Dando continuidade, um dia antes, era enviado as instruções do experimento, por meio de e-mail para os participantes, além disto, também era solicitado para que os mesmos confirmassem a sua participação.

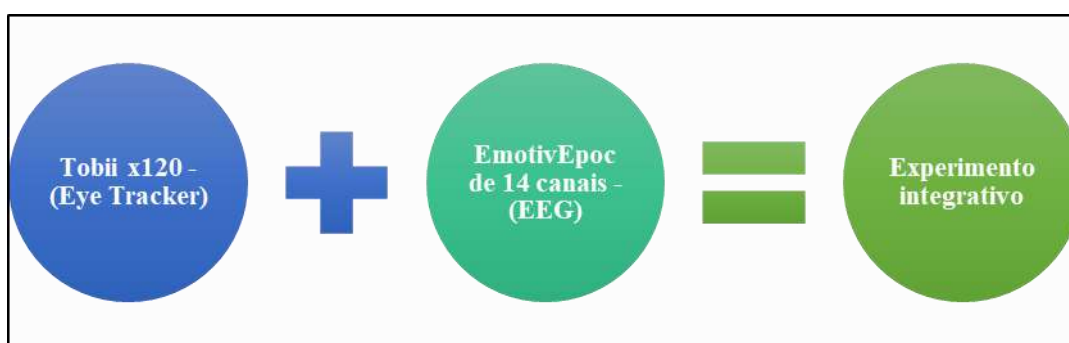
Chegado o dia do experimento, os participantes começam a chegar em seus horários devidamente agendados, ao chegar no laboratório, os participantes recebem dos aplicadores as instruções, neste momento, os responsáveis por aplicar o experimento, se disponibilizam a retirar quaisquer dúvidas. Após leitura das instruções acerca de como o experimento ocorreria, é entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o TCLE, para que os participantes, se de acordo, assinem para comprovar que estão consentindo em participar dos experimentos.

Para que os experimentos ocorressem foi necessário obter a aprovação junto ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco, com a aprovação tanto os experimentos

quanto a pesquisa podem vir a serem realizadas, porém, um dos procedimentos padrão e que deve ser obedecido, é que seja assinado o TCLE com o objetivo de proteger os dados do participante e garantir a sua integridade.

Após leitura das instruções e assinatura do termo, foram tiradas todas e quaisquer dúvidas que tenham surgido acerca dos procedimentos que seriam realizados em seguida. Quando o participante estava sem dúvidas e pronto, então ele era encaminhado para a sala de experimentos. A realização técnica dos experimentos depende diretamente da utilização de dois equipamentos, estes que estão representados na Figura 5.

Figura 5 - Integração do experimento



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Ambos os equipamentos apresentados acima têm o intuito de gravar dados neurológicos, sendo o Tobii x120 responsável por registrar os dados da pupila, enquanto que o Emotiv Epoc de 14 canais se encarrega de captar as ondas cerebrais. Para viabilizar a sincronização dos equipamentos de captação dos dados, foi utilizado um Trigger. Os dados coletados por estes recursos tecnológicos foram utilizados como suporte para auxiliar nas análises e na geração de *insights* a respeito do envolvimento cognitivo realizado em diferentes situações, visando analisar como diferentes contextos de exigências cognitivas interferem na tomada de decisão dos participantes, isto é possível, graças a características das ferramentas de neurociência, que conseguem fornecer apoio analítico e fomento para pesquisas em apoio a processos decisórios (PLASSMANN et al., 2015).

O equipamento Tobii x120, utilizado nesta pesquisa, captura os dados da pupila com uma frequência de até 120Hz, possibilitando que dados como estes sejam utilizados em pesquisas que buscam obter informações acerca do comportamento humano que estão além do controle do Decisor. A partir das análises destes dados, é possível conseguir *insights* que agreguem nos estudos de tomada de decisão. A Figura 6 apresenta como é visualmente o equipamento.

Figura 6 - Tobii X 120



Fonte: Park, Kim e Pobil (2011).

No caso desta pesquisa, o Tobii x120 auxiliou na obtenção de dois tipos de movimentos oculares, estes que são: sacada e fixação. A sacada representa um aspecto em que a pupila pode ser analisada e que consiste na realização de movimentos rápidos, por parte da pupila, permitindo redirecionar a linha de visão, auxiliando ainda na obtenção de informações acerca do ambiente em que se encontra o decisor de forma mais rápida, a sacada se caracteriza por ter duração de apenas algumas dezenas de milissegundos, atingindo sua maior velocidade em momentos que o decisor muda o foco de sua visão (HESSELS, 2018; NETTO & COLAFÊMINA, 2010).

Assim como a sacada que representa um aspecto em que a pupila pode ser analisada, temos a fixação, que é o segundo movimento ocular registrado pelo experimento. A fixação acontece quando o olhar do participante é fixado em um determinado local por um período de tempo um pouco maior, normalmente este movimento ocorre para permitir que os detalhes da imagem que está sendo observada sejam processados por parte dos usuários. Dessa forma, a fixação é reconhecida como sendo um processo dinâmico que é administrado pelas mesmas estruturas cerebrais relacionadas a movimentos oculares direcionados a objetivos do decisor (KRAUZLIS, GOFFART, HAFED, 2017).

Como apresentado, o *Emotiv Epoc* de 14 canais também foi utilizado nos experimentos, esta ferramenta da neurociência possui catorze eletrodos que têm a função de capturar as ondas cerebrais dos participantes dos experimentos, este equipamento consegue coletar até 128 amostras de ondas cerebrais por segundo em cada um de seus canais. A Figura 7 apresenta o equipamento *Emotiv Epoc* de 14 canais mais conhecido como EEG.

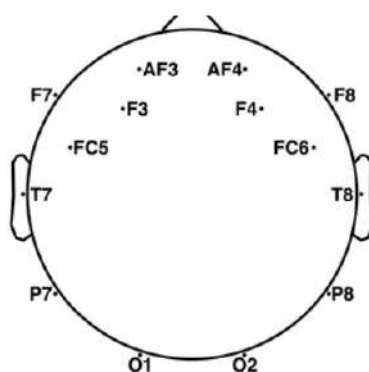
Figura 7 - Emotiv Epoc de 14 canais



Fonte: Emotiv (2022).

O equipamento apresentado acima, tem a capacidade de registrar dados dos lobos frontais, pré-frontais, temporal, parietal e occipital do cérebro. Para tanto, é importante que o EEG esteja captando de forma correta as ondas cerebrais dos participantes, sendo necessário que cada um dos eletrodos que compõe o equipamento esteja na posição correta, o que é representado por meio da exibição de uma luz verde na tela do software no computador, esta indicação luminosa significa que o eletrodo está captando os sinais corretamente. Devido a isto, a Figura 8 demonstra como devem ser posicionados os canais do equipamento na cabeça dos participantes, assim como foi feito para a realização dos experimentos desta pesquisa.

Figura 8 - Localização dos eletrodos do EEG



Fonte: Morán e Soriano (2018).

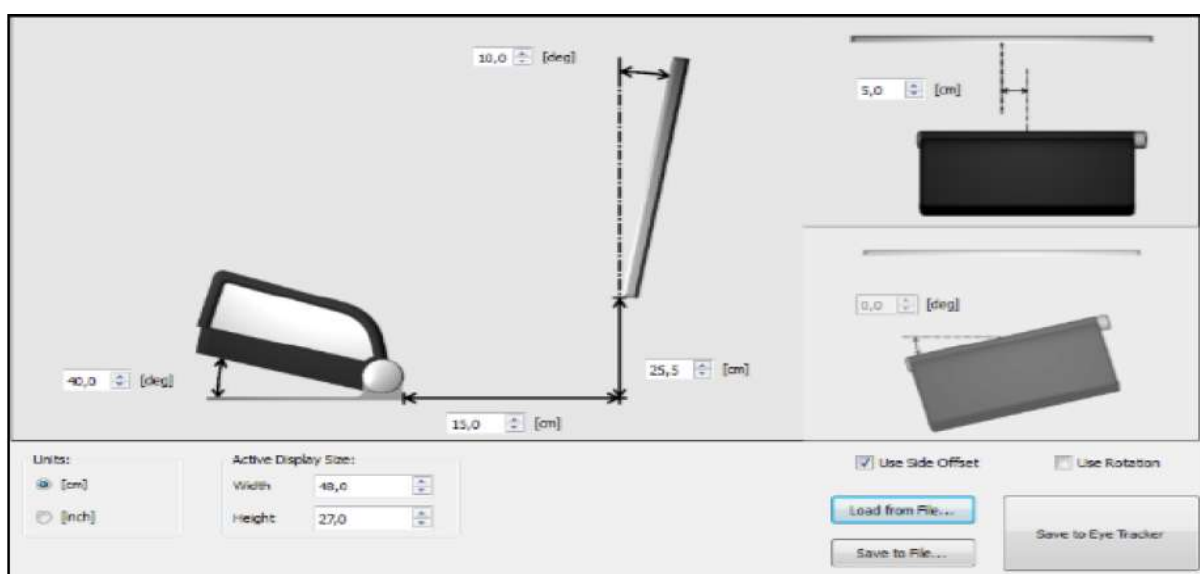
Como pode ser visto na Figura 8, os canais utilizados que compõe o equipamento do EEG, são e obedecem às seguintes posições de acordo com o sistema 10-20: AF3, AF4, F7, F8, F3, F4, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 e O2. Então, após entendido como devem ser dispostos

os eletrodos do *Emotiv EPOCH +* na cabeça dos participantes, é possível utilizar o mesmo para coletar dados diretamente do cérebro. Dados estes que são registrados e enviados por meio de *Bluetooth* para um USB proprietário conectado a um computador.

Para que os experimentos possam iniciar, é preciso ajustar os equipamentos de forma manual, este processo é importante para que tais equipamentos consigam de fato coletar os dados, dentro de especificações já determinadas, evitando vieses nos resultados devido ao posicionamento dos mesmos. Então, os equipamentos foram alocados e dispostos na forma padrão, logo, o *Eye Tracker Tobii x120* foi colocado à 70 cm em relação ao participante, distância esta que atende as especificações do manual de instrução do aparelho (TOBII... 2019).

Um monitor HP também é utilizado para compor a estrutura tecnológica do experimento, este que tem resolução de 1920x1080 pixels, o qual ficava posicionado em frente ao participante, com o intuito de viabilizar que os usuários tenham acesso às informações visuais que seriam expostas durante a execução dos experimentos e assim, participar de fato. Com os equipamentos posicionados, foi possível orientar os participantes acerca da postura e de como deveriam se posicionar durante o experimento. Então, os usuários se posicionaram em frente ao monitor, onde em seguida o EEG era colocado na cabeça do participante, com cuidado para não os machucar e nem danificar o equipamento, porém seguindo o padrão de posicionamento apresentado na Figura 8, de modo que as ondas cerebrais fossem captadas corretamente pelo aparelho. Após isto, era conferido no software *Tobii Studio* se a configuração do *Eye Tracker* estava aplicada de forma correta, assim como exposto pela Figura 9.

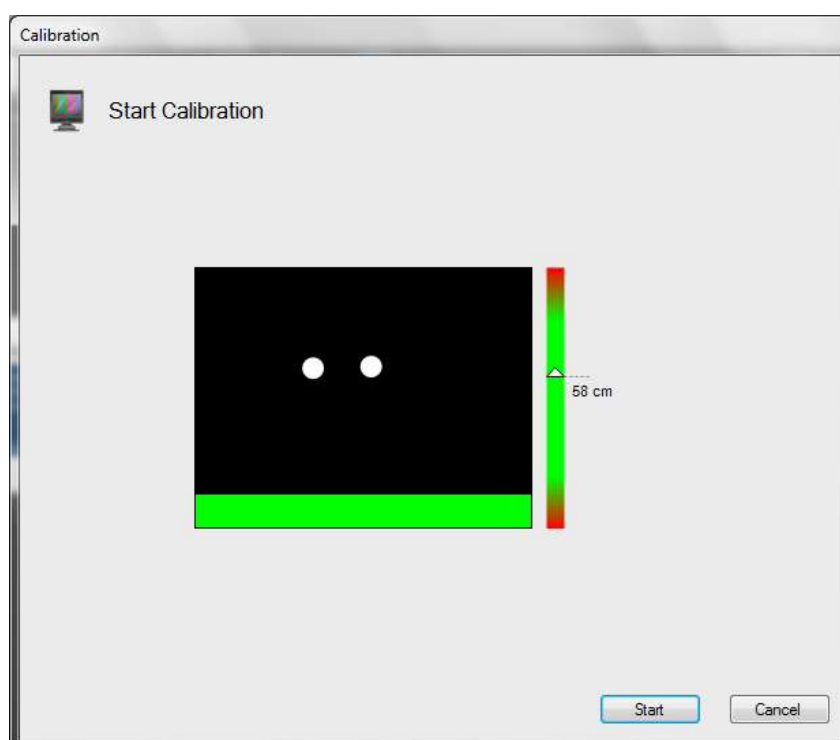
Figura 9 - Configuração do Eye Tracker



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Depois de realizar a conferência das configurações do equipamento, é seguido para a calibração do mesmo em relação aos olhos dos participantes. Esta calibração é importante para que o *Eye Tracking* consiga de fato registrar com precisão os dados da pupila de cada um dos participantes. O processo de calibração é responsável por analisar as características geométricas dos olhos, para que estas características sejam usadas como referência para conseguir capturar e calcular as informações a partir do ponto de vista dos participantes (TOBII... 2019). O processo se dá, primeiramente, solicitando que o usuário olhe para uma tela preta no computador, aparecendo dois pontos brancos que representam os olhos, neste momento, é observado a posição dos pontos brancos e caso necessário, é solicitado que o participante se movimente até que os pontos fiquem na margem verde da tela, assim como demonstrado na Figura 10.

Figura 10 - Processo de calibração

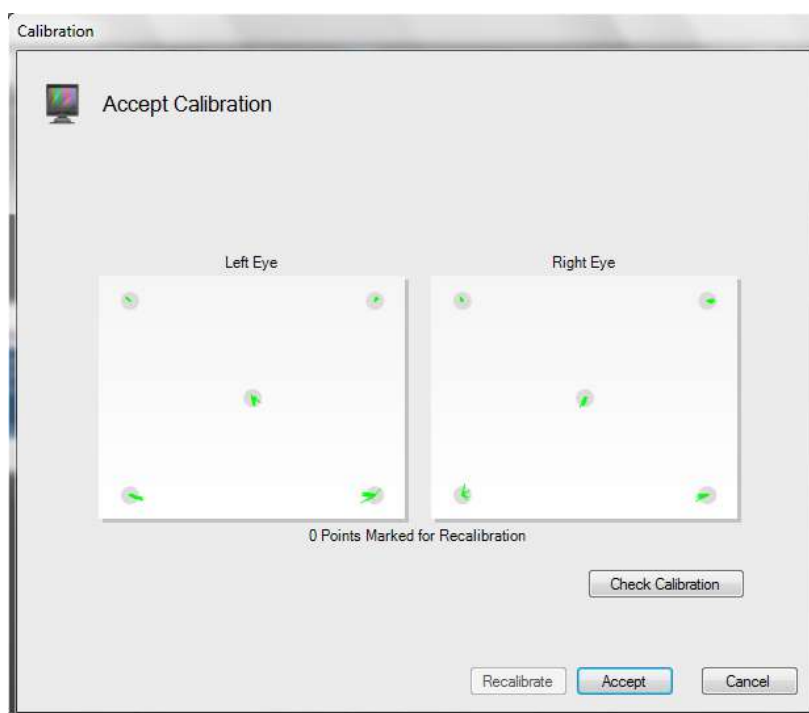


Fonte: CREx (2022).

Seguidamente, é explicado ao participante que o mesmo deverá acompanhar com o olhar um ponto específico que irá surgir na tela quando se iniciar a calibragem, seguir este ponto com a visão têm o intuito de possibilitar que o equipamento colete diversas imagens dos olhos, analisando-as, de forma que o resultado adquirido mostre a qualidade da calibração, que está diretamente ligada a qualidade de captação e registro das informações oculares por parte do

equipamento. A Figura 11 apresenta um exemplo de como deve se parecer o resultado da calibração, porém, caso a resposta do processo seja muito diferente da apresentada abaixo, mostrando traços que saiam muito de dentro das especificações demarcadas, é indicado que o processo seja refeito, onde o participante deve acompanhar o ponto novamente, afim de ajuste na captação da pupila, sendo importante ressaltar, que este processo não deve ser refeito muitas vezes, para não agregar fadiga, cansaço ou stress ao usuário.

Figura 11 - Calibração dos olhos no Eye Tracker



Fonte: CREx (2022).

Com a calibragem devidamente realizada, o experimento pode então ser iniciado. Após o repasse das últimas instruções, o experimento inicia, primeiro surge na tela uma cruz de fixação, esta que permite que o olhar seja estabilizado, diminuindo a quantidade de movimentos involuntários que são executados pelos olhos sem que percebamos (THALER *et al.*, 2013). A cruz de fixação permanece na tela apenas por cinco segundos, onde imediatamente em seguida começa a ser apresentado ao sujeito uma equação aritmética, dando início as atividades de cálculo.

3.2.1 Experimento I – Atividades de cálculo

Com o término dos procedimentos iniciais, que vale salientar, são os mesmos procedimentos para ambos os experimentos utilizados por esta pesquisa e com o termo de consentimento por parte do participante devidamente assinado, é possível dar início a primeira atividade desenvolvida no experimento 1, que são as atividades envolvendo cálculos, considerada por este estudo, como tendo maior envolvimento cognitivo associado.

Então, quatro cálculos foram previamente determinados para compor o experimento, estes que tinham sua dificuldade aumentada de forma gradativa. O procedimento consistia no aparecimento de problemas aritméticos para o Decisor pelo tempo de 15 segundos, onde em seguida a tela com o problema matemático era substituída por opções de resposta. A Figura 12 apresenta os cálculos utilizados no experimento em questão.

Figura 12 - Cálculos aritméticos e respostas exibidas no experimento

$7 \times 6 = ?$	45 =48 <43 >42 <40
$42 + 94 - 2 = ?$	<130 >134 <131 >131 =129
$(7 \times 4) + (24/2) + 19 = ?$	=58 >61 <60 =62 >60
$30 - 15 + (3/2) \times (5-1) = ?$	<18 =20 >22 <22 =19

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Os cálculos apresentados acima, não eram tão complexos, porém as opções de resposta demandavam um maior envolvimento cognitivo por parte dos participantes, uma vez que as opções de respostas apresentadas não eram diretas, não apresentando uma igualdade, mas sim uma desigualdade, representada por respostas em que o Decisor se deparava com a necessidade de analisar com mais cuidado as suas respostas. A tela das respostas, diferente dos cálculos, ficava disponível todo o tempo que o participante necessitasse, para que fosse possível avançar para o próximo cálculo o participante determina o seu tempo, selecionando a resposta e avançando. É importante destacar que o primeiro cálculo representa o cálculo mais fácil, enquanto o último representa o cálculo mais difícil, isto se dá, pois, os mesmos foram dispostos do mais fácil para o mais difícil. Os participantes tinham 15 s para avaliar os cálculos, não sendo possível retornar para avalia-los depois deste tempo.

3.2.2 Experimento I – Atividades de música

Após finalização da etapa dos cálculos, foi iniciada a terceira etapa, que consistia em direcionar o experimento para o contexto da música, onde eram exibidos quatro trechos de vídeo clipes distintos, gerando assim nos participantes um estímulo visual e auditivo, possíveis de serem captados pelos instrumentos de neurociência utilizados. É importante ressaltar que as quatro músicas apresentadas eram de estilos diferentes, justamente para que fosse possível analisar e entender como os diversos ritmos musicais podem exercer influência no cérebro e na tomada de decisão dos indivíduos. Os ritmos e músicas utilizados no experimento podem ser observadas na Figura 13.

Figura 13 - Títulos das músicas e nomes dos artistas apresentados antes dos vídeos



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Como apresentado na figura acima, quatro clipes de músicas foram utilizados nos experimentos, sendo estas de diferentes ritmos. Dessa forma, a música Show das Poderosas de Anitta representa o funk, já a música Tempo Perdido de Legião Urbana se refere ao rock nacional, Velha Infância de Tribalistas a Música Popular Brasileira – MPB e a música Como é Grande Meu Amor Por Você de Roberto Carlos retrata a sonoridade da jovem guarda.

É preciso destacar que todas as músicas pertenciam ao idioma português do Brasil, isto se deu, devido ao fato de que esta é a língua nativa da maioria dos participantes envolvidos neste estudo. A seleção das músicas também foi baseada na faixa etária da maioria dos participantes (18 a 35 anos), com o intuito de englobar os diferentes estilos musicais do Brasil, ouvidos no dia a dia, sendo estas canções consideradas familiares e bastante conhecidas pelos brasileiros.

As músicas apareciam para os participantes por meio de vídeo clipes juntamente com os respectivos áudios, estes que eram exibidos em trechos de cerca de um minuto cada. Para tanto, antes era apresentado o título da música e depois o trecho do vídeo clipe era exibido. Esse processo é repetido quatro vezes, uma vez para cada música do experimento.

As quatro músicas foram ouvidas pelos participantes do experimento e no final deste houve um questionário a respeito de qual era a escolha favorita deles em relação às opções escutadas. Sendo assim, cinco opções de respostas apareciam na tela, cada música era uma opção e a quinta consistia em “não tenho preferência”. Com isto, é possível considerar nas análises todas as músicas, bem como a música favorita.

3.2.3 Experimento II – Atividades do FITradeoff

Finalizada a etapa do experimento envolvendo música é possível iniciar os procedimentos de execução das etapas do método FITradeoff. Tal método, proposto por de Almeida *et al.*, (2016) concentra seus esforços na definição das constantes de escala, bem como na construção de modelos de agregação aditiva, a fim de auxiliar na tomada de decisão. O método FITradeoff integrado a um SAD, fornece uma abordagem interativa e flexível, requerendo menos esforço cognitivo por parte do Decisor, isto ocorre, devido a característica deste método de utilizar informações de preferência estrita para encontrar uma recomendação satisfatória para o Decisor, sendo reconhecido por ser um método que utiliza informação parcial advinda dos Decisores.

Para a realização dos experimentos com o FITradeoff, a amostra foi dividida em dois grupos, o primeiro grupo era composto por estudantes do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPE, além de alunos que estavam cursando a disciplina

relacionada à tomada de decisão multicritério na graduação de Engenharia de Produção. Para os alunos da pós-graduação, cada um deles ficou responsável por criar seu próprio problema particular para ser utilizado no experimento, devido ao conhecimento maior acerca da temática, enquanto que para o segundo grupo, que era composto por alunos da graduação em Engenharia de Produção, foi utilizado um problema geral acerca da escolha de um celular.

Para dar início ao experimento do FITradeoff, era preciso inserir cada problema por vez, importando para o software antes do participante chegar na sala do experimento, a Tabela 1 apresenta o modelo padrão de importação.

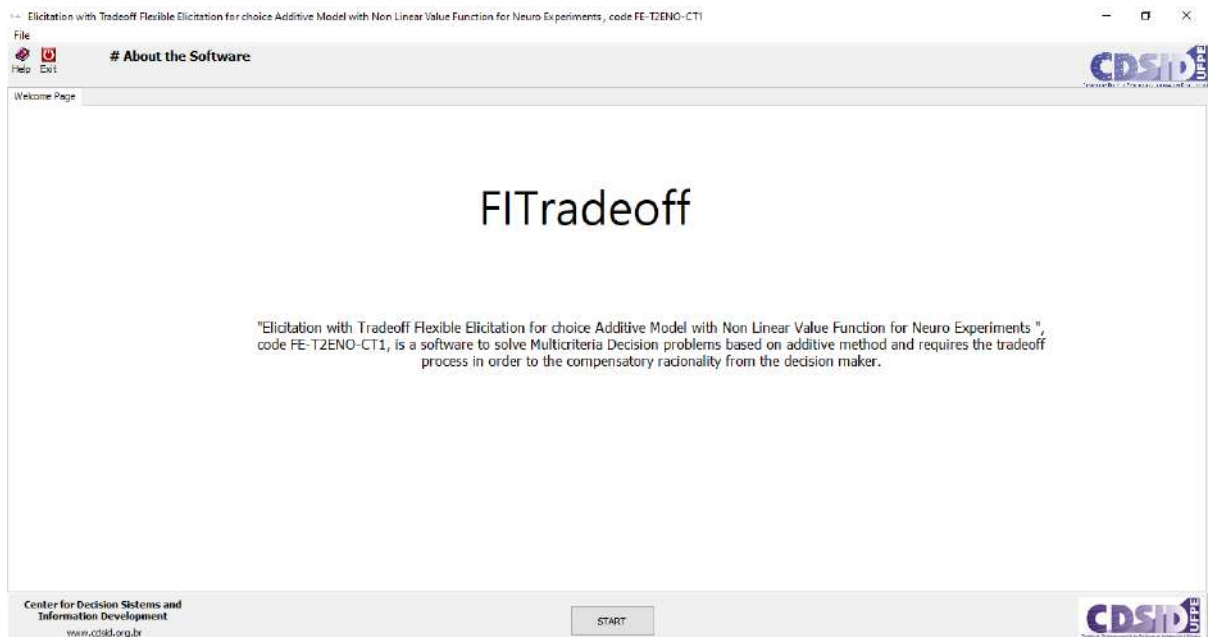
Tabela 1 - Planilha padrão de importação para o Software

Criteria	Price (R\$)	Camera (MP)	Memory/Storage (GB)	Battery (hours)	Screen Size (inches)
Preference Direction	Decrescent	Crescent	Crescent	Crescent	Crescent
Type	Natural	Constructed	Natural	Constructed	Constructed
Scale	\$ (Monetary Value)	Verbal Scale	\$ (Numeric Value)	Verbal Scale	Verbal Scale
Smartphone 1	5139	12	256	12	5,8
Smartphone 2	2849	12	128	14	5,8
Smartphone 3	1689	8	64	14	6,24
Smartphone 4	950	8	16	10	5,5
Smartphone 5	2749	12	32	10	4,7

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Após importar os dados de cada um dos problemas para o software, é possível receber o participante na sala do experimento, depois de passar pelos procedimentos iniciais já descritos, o software então é aberto na frente dos participantes, onde é selecionado e especificado qual sujeito está realizando o experimento naquele momento e, em seguida, o participante inicia o seu processo de execução de todas as fases do FITradeoff. A Figura 14 apresenta o layout de apresentação do software do FITradeoff, que é exposto aos participantes logo no início do experimento.

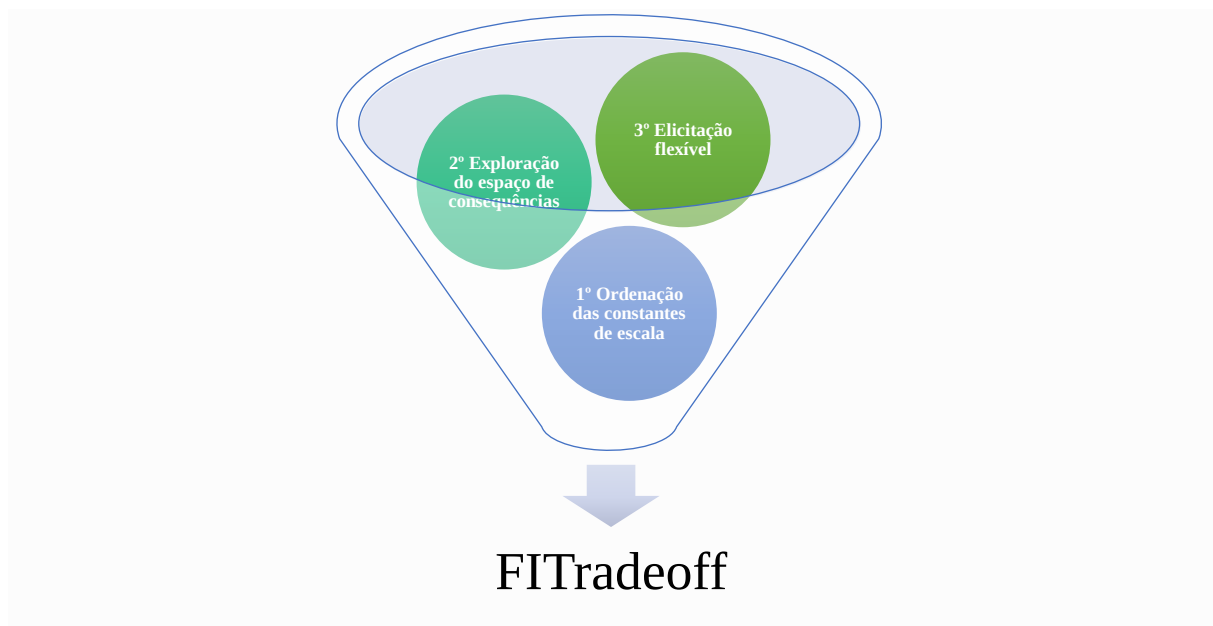
Figura 14 - Tela do Software FITradeoff



Fonte: Esta pesquisa (2022).

As etapas do FITradeoff desenvolvidas pelos participantes, neste experimento, podem ser observadas na Figura 15. É importante destacar que a etapa de exploração do espaço de consequência não faz parte do FITradeoff, mas foi inserida como parte do experimento para estudo de consistência.

Figura 15 - Fases de execução do FITradeoff



Fonte: Esta pesquisa (2022).

O processo FITradeoff tem início de fato quando os dados do problema são inseridos por meio de uma planilha padrão, assim como pode ser visto na Tabela 1, anteriormente. Então, é neste primeiro momento que ocorre a avaliação intracritério. Passado este momento inicial, a primeira etapa do FITradeoff, com participação ativa do usuário, pode começar, esta etapa consiste na realização da ordenação das constantes de escala referente aos critérios, assim como pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 - Etapa de ordenação do FITradeoff

FE-TZERO-CT1

Problem: SmartPhone ▶ FITRADEOFF Elicitation STEP 02

Criteria Ranking

Consider a hypothetical alternative, with the worst performance in all criteria.

Consequence of a hypothetical alternative

Best

Worst

Now suppose that you can improve the performance of this alternative in only ONE of the criteria to the maximum value, which criteria would you choose? After the choice of one of the criteria, disregard that criterion and continue answering the question for the other criteria. The system will indicate when all the criteria have been evaluated along the procedure.

Visualize this criterion with maximum performance:

Criteria:

- ☐ Crit1: Price (R\$)
- ☐ Crit2: Camera (MP)
- ☐ Crit3: Memory/Storage (GB)
- ☐ Crit4: Battery (hours)
- ☐ Crit5: Screen Size (inches)

>> Choose >>

>> Go Forward >>

Criteria Ranking:

Center for Decision Systems and Information Development
www.cdnd.org.br

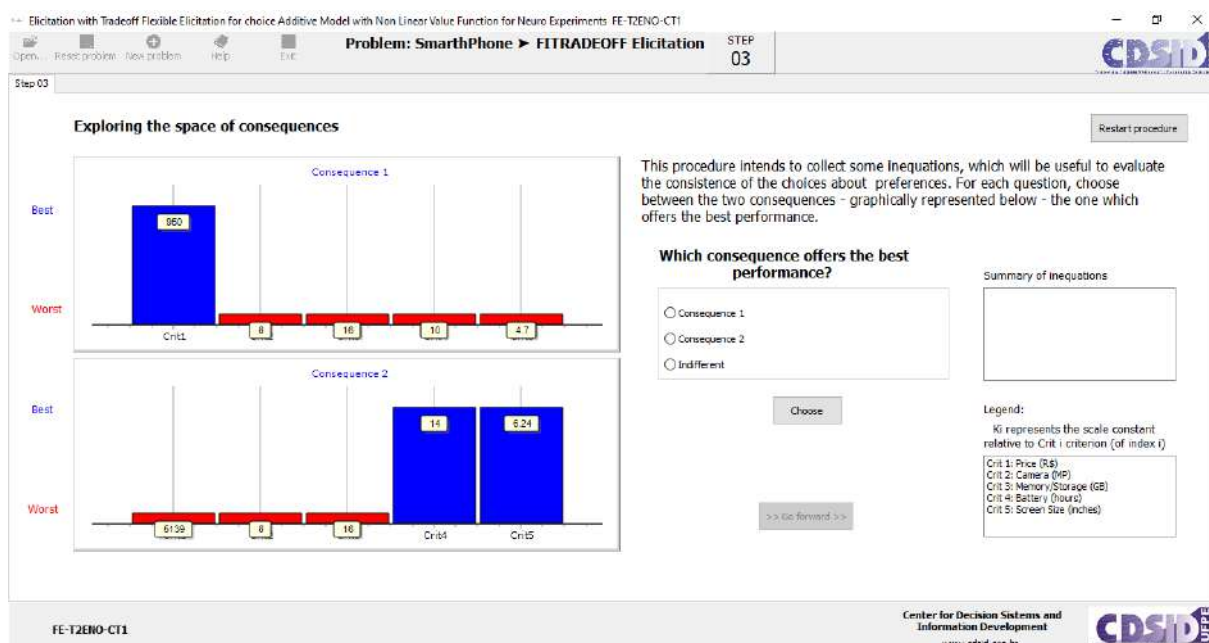
CDSID UFPE

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Na etapa de ordenação dos critérios, ocorre a apresentação de consequências hipotéticas em que os critérios do problema apresentam pior desempenho. O Software do FITradeoff (construído para fins de experimento) solicita que o Decisor determine de forma específica qual critério ele deseja melhorar ao nível máximo de desempenho, levando em consideração o conjunto original de alternativas de decisão do modelo. Este processo ocorre para cada um dos critérios, um de cada vez, em ordem de prioridade, até que por fim, todos os critérios sejam ordenados.

Terminada a etapa de ordenação, o software já avança para a etapa seguinte, que é a de exploração do espaço de consequências, esta que pode ser observada por meio da Figura 17.

Figura 17 - Etapa de exploração do espaço de consequências do FITradeoff



Fonte: Esta pesquisa (2022).

A etapa de exploração do espaço de consequências ocorre por meio da apresentação de consequências hipotéticas, que são comparadas duas de cada vez, ou seja, em pares. A comparação consiste em analisar a consequência em um dado critério em relação a duas consequências em outros dois critérios, sendo questionado qual das duas opções é considerada melhor para o Decisor, tendo três opções de resposta: consequência um, consequência dois ou indiferente. Esta etapa foi incluída no software com o intuito de possibilitar a realização de análise de consistência. Por meio desta etapa, é feita a introdução de redundância de informação, sendo uma forma de testar consistência nos experimentos realizados.

Após realização da segunda etapa, é possível dá início a terceira e última, que se refere a elicitação flexível, esta que só virá ocorrer em casos em que uma solução para o problema não tenha sido encontrada ao final da Etapa 1. Similar ao que ocorre na Etapa 2, esta etapa também apresenta interações, onde duas consequências hipotéticas são apresentadas ao Decisor e este, deve indicar sua preferência estrita, indiferença ou pode optar por não responder à pergunta. Este processo pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 - Etapa de elicitación flexível do FITradeoff

FE-TZERO-CT1

Center for Decision Systems and Information Development
www.cdnd.org.br

CDSID UFPE

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Nesta etapa, diferente de como ocorre na etapa 2, as comparações são realizadas com dois critérios de cada vez. Na primeira comparação apresentada, é mostrada a consequência A, em que um critério com desempenho intermediário é exposto, enquanto que os outros são apresentados com desempenho mínimo. Já na segunda consequência apresentada, a consequência B, é apresentado um critério com desempenho máximo e os outros com desempenho mínimo. É importante ressaltar, que com exceção à primeira pergunta que realiza a comparação do primeiro com o último critério, nos demais casos, ao decorrer o processo os critérios adjacentes são comparados, critério 1 com o 2, depois o 2 com o 3 e, assim, sucessivamente. Com a realização desta etapa, as respostas fornecidas conseguem reduzir o espaço de peso em que o potencial de otimalidade das alternativas é testado por meio de um modelo de programação linear (DE ALMEIDA *et al.*, 2016).

A etapa 3, de elicitación flexível, encerra sua execução após a comparação ser concluída, esta que só termina quando o software entende que o Decisor alcançou um ponto de indiferença entre duas consequências. Após isto, o software do FITradeoff consegue realizar a recomendação de decisão, assim como pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Recomendação de decisão do FITradeoff

FE-TZENO-CT1

Problem: SmartPhone ▶ FITRADEOFF Elicitation

Steps 05 and 06

Numeric Results

	Maximum Value	Price (R\$)	Camera (MP)	Memory/Storage (GB)	Battery (hours)	Screen Size (inches)	K(Price (R\$))	K(Camera (MP))	K(Memory/Storage (GB))
Smartphone 4	0.8000	950	8	32	10	5.5	0.8000	0.2000	0.0000

View Graph Back to Elicitation Export Results

Go Forward >>

Center for Decision Systems and Information Development
www.cdsid.org.br

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com o fim das etapas do experimento, o software realiza uma pesquisa de satisfação com o participante, onde este terá a liberdade para informar em qual etapa encontrou mais dificuldade e pode ainda, sugerir melhorias para o software. A Figura 20 apresenta esta pesquisa de satisfação aqui mencionada.

Figura 20 - Questionário final do FITradeoff

FE-TZENO-CT1

Problem: SmartPhone ▶ FITRADEOFF Elicitation

Steps 05 and 06

Questionnaire

01) How much do you agree with the FITradeoff Final Result?

☐ Totally agree
☐ Partially agree
☐ Indifferent
☐ Partially disagree
☐ Totally disagree

02) Considering all the FITradeoff process, establish a ranking of difficulty in providing information.

☐ Step 02 - Criteria Ranking
☐ Step 03 - Exploring the Space of Consequences
☐ Step 04 - Obtaining the Scale Constants

03) Has the information (given during the procedure) been provided safely?

☐ Yes
☐ No

Center for Decision Systems and Information Development
www.cdsid.org.br

Fonte: Esta pesquisa (2022).

3.2.4 Tratamento dos dados brutos

Os dados foram recebidos para serem tratados do zero, pois estes ainda se encontravam na sua forma bruta, onde apenas havia sido feita a captação, e registro por meio de *backup* dos mesmos. Para que os dados pudessem ser registrados de fato, foi preciso utilizar o software *OpenVibe Writer* e para realizar pré-processamento e análise, foi usado o EEGLAB, que se trata de uma caixa de ferramentas do MATLAB, assim como também foi usado o *Microsoft Excel*. Os dados são recebidos de forma bruta, onde precisam passar por um processo, já padronizado pelo laboratório NSID, de tratamento. A Figura 21 apresenta a sequência do processo seguido após recebimento dos dados coletados pelo o EEG.

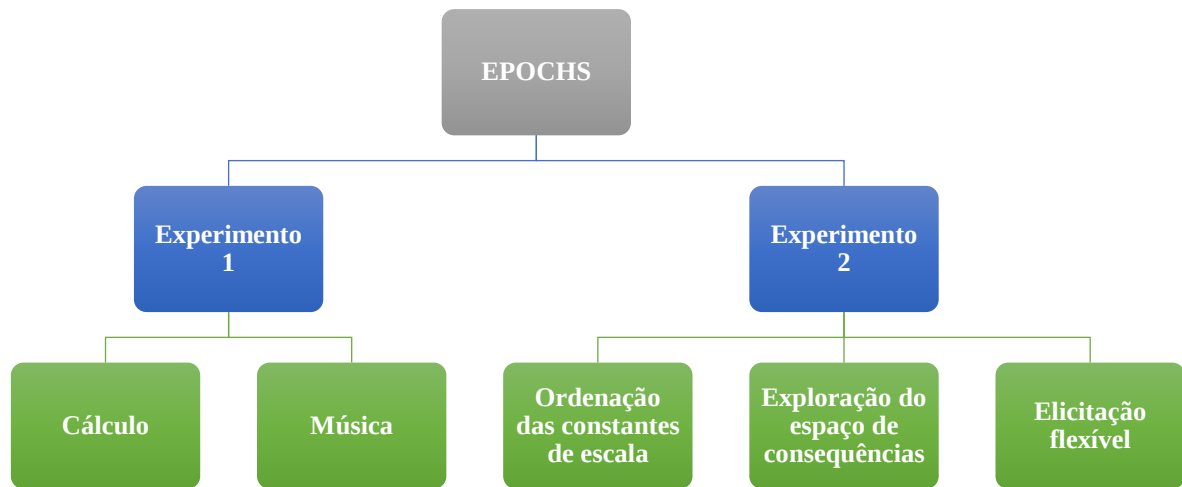
Figura 21 - Processo de tratamento de dados brutos



Fonte: Esta pesquisa (2022).

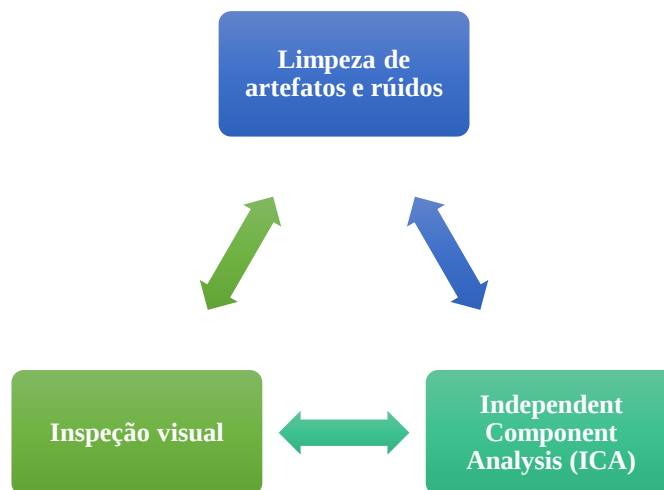
O processo descrito acima, é realizado por meio do EEGLAB e, com a execução deste, é possível realizar uma diminuição na quantidade de artefatos presentes nas gravações, a fim de aumentar a qualidade e confiabilidade analítica destas. Para tanto, é preciso iniciar pela inserção de marcadores e eventos nos arquivos de cada um dos participantes dos experimentos. Inserir os marcadores auxilia na demarcação de determinados blocos de dados, conhecidos como *Epochs*, já a inserção de eventos ajuda a marcar pontos específicos nas gravações em que se deseja analisar. Seguindo com o processo, o rereferenciamento é feito com base na atividade média calculada ao longo dos eletrodos. Após rereferenciar, são adicionados nos dados os filtros de 0.1 Hz (*lower edge*) á 40 Hz (*higher edge*) e 59 Hz a 61 Hz.

A extração dos Epochs é uma etapa importante e que pode variar tanto de acordo com a natureza do problema da pesquisa, quanto com o andamento e as necessidades que venham a surgir nas análises. A Figura 22 apresenta os *Epochs* utilizados por esta pesquisa, estes que representam determinados conjuntos de dados presentes dentro dos experimentos realizados.

Figura 22 - Blocos de dados

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Como trata-se de um estudo comparativo, as análises entre os blocos extraídos podem vir a se dar de diversas formas, dependendo das necessidades e objetivos analíticos. Porém, antes de poder dar início as análises é preciso realizar a etapa de limpeza de artefatos e ruídos das gravações. Este processo de limpeza ocorre após realização de todas as etapas mencionadas anteriormente, existindo duas formas que são utilizadas para limpeza, estas que são representadas pela Figura 23.

Figura 23 - Limpeza dos dados

Fonte: Esta pesquisa (2022).

A limpeza dos dados pode ocorrer destas duas formas apresentadas acima, tanto separadamente como em conjunto para um mesmo arquivo de um usuário, dependendo da

necessidade e da quantidade de artefatos encontrados nas gravações. A inspeção visual consiste na exclusão de partes incorretas de dados de forma manual. Já o método *Independent Component Analysis* (ICA) realiza as correções de artefatos nas gravações de forma automática.

Com a limpeza dos dados devidamente realizada é possível obter os valores de potência por meio do EEGLAB para cada canal. A partir do acesso a estes valores foram, então, calculadas as médias para as seguintes bandas de frequência do EEG: theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz) e beta (13-30 Hz) (PIZZAGALLI, 2007). Posteriormente, essas médias foram transformadas em logaritmo para normalizar as distribuições dos valores de potência assim como indicado por Davidson *et al.*, (1990).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A abordagem quantitativa tratada nesta obra, utiliza-se de análises estatísticas para inferir acerca dos dados, aplicando o Test t (YIM, 2010) e as funções shift e assimetria (ROUSSELET *et al.*, 2017) para avaliar os dados considerando a banda Theta (BASAR *et al.*, 2001), a assimetria frontal alfa (GOTLIB, RANGANATH e ROSENFELD, 1998) e, por fim, a aplicação do índice de engajamento Pope (POPE *et al.*, 1995). A Tabela 2, demonstra os principais autores e pesquisas vinculadas as análises apresentadas aqui.

Tabela 2 - Pesquisa acerca das análises

Análise	Autores	Estatística	Autores
Theta	(BASAR <i>et al.</i> , 2001); (MUSSEL <i>et al.</i> , 2016); (PUMA <i>et al.</i> , 2018); (GONZÁLEZ-ROLDÁN <i>et al.</i> , 2016; WANG, 2016);	Teste T	(YIM, 2010)
Assimetria Frontal Alfa	(GOTLIB, RANGANATH e ROSENFELD, 1998; ZIBMAN <i>et al.</i> , 2019) (HARREWIJN <i>et al.</i> , 2019)	Função Shift	(ROUSSELET <i>et al.</i> , 2017); (DOKSUM, 1974); (DOKSUM, 1977); (DOKSUM e SIEVERS, 1976)
Função Pope	(POPE <i>et al.</i> , 1995) (BERKA <i>et al.</i> , 2007; GURU <i>et al.</i> , 2015) (FOX E SNYDER, 2011; HERMENS <i>et al.</i> , 2005; SHARMA e SINGH, 2015; WASCHER <i>et al.</i> , 2014) (GOLA <i>et al.</i> , 2013; KAMIŃSKI <i>et al.</i> , 2012) (KAMZANOVA <i>et al.</i> , 2011)	Assimetria	(ROUSSELET <i>et al.</i> , 2017)

Fonte: Esta pesquisa (2022).

3.3.1 Test T, Função Shift e Assimetria

Este estudo conta com apoio da estatística para realizar suas análises, iniciando com o Test T, este que é um tipo de teste estatístico utilizado na comparação das médias de dois grupos. Sendo considerado um dos testes de hipótese estatística mais usado em estudos de comparações analíticas. Para entender este teste estatístico, é preciso ter em mente que existem dois tipos de inferência estatística, que são: os métodos paramétricos e os não paramétricos. O Test T é considerado um tipo de método paramétrico, estes métodos referem-se a uma técnica estatística em que é definida a distribuição de probabilidade das variáveis, fazendo inferências sobre os parâmetros da distribuição dos dados. Têm-se ainda, que o Teste T pode ser usado quando as amostras satisfazem as condições de normalidade, independência e igualdade de variância (YIM, 2010).

Existem dois tipos de Test T, o que se refere a dados independentes, que pode ser usado em situações em que dois grupos em comparação são independentes um do outro, e o teste t pareado, que pode ser utilizado quando os dois grupos a serem comparados são dependentes um do outro dentro de um determinado contexto (YIM, 2010). Devido a isto, nesta pesquisa deveram ser realizados Test T pareados, pois os dados dos experimentos apresentam características de dependência.

Ao que se refere a função shift, têm-se que esta foi originalmente proposta por Kjell Doksum e que representa uma forma sistemática de caracterizar como duas distribuições, sejam estas independentes ou dependentes, podem diferir entre si e até que ponto, traçando a diferença entre os quantis de duas distribuições específicas em função dos quantis de um outro grupo (DOKSUM, 1974; DOKSUM, 1977; DOKSUM e SIEVERS, 1976). Os quantis utilizados por esta função analítica, são particularmente adequados para entender melhor acerca das distribuições. Dessa maneira, esta metodologia analítica passou a ser conhecida como função shift, sendo esta, tanto um gráfico quanto um método inferencial de dados.

Já a função de assimetria, relaciona-se com as diferenças assimétricas existentes na função shift. Se as duas distribuições de dados não diferem entre si, então a distribuição de todas as diferenças de pares deve ser aproximadamente simétrica e centrada em torno de zero. No que diz respeito ao objetivo da assimetria, têm-se que está visa gerar uma ideia da relação de diferença da distribuição, calculando uma soma de quantis $= q + (1 - q)$, utilizando-se de quantis por meio do estimador Harrell-Davis. Esta abordagem não se limita apenas aos quantis, espaços de ações ou funções mais densas também podem ser testadas por esta abordagem, sendo

esta considerada uma análise sensível para se realizar em blocos de dados que se deseje comparar (ROUSSELET *et al.*, 2017).

3.3.2 Banda de frequência Theta

Entre 4 – 8 Hz encontramos as ondas “Theta”, esta que representa um estado de transição entre o acordar e o dormir (PUMA *et al.*, 2018). Acredita-se que a potência espectral theta aumenta sua frequência de acordo com vários fatores, como por exemplo, a pressão do tempo (SLOBOUNOV *et al.*, 2000), a demanda de recursos cognitivos (VIDULICH e TSANG, 2012) e o número de atividades simultâneas a serem executadas (FAIRCLOUGH e VENABLES, 2006). Esse aumento é notado principalmente nas regiões fronto-centrais, embora essas localizações possam ser modificadas levando em consideração a idade dos indivíduos (MCEVOY *et al.*, 2001).

Contudo, o uso de tarefas cada vez mais difíceis para adquirir padrões consistentes que provassem o aumento da potência espectral theta, se mostraram ineficientes em diversos estudos (KÄTHNER *et al.*, 2014; BALDWIN e PENARANDA, 2012; FUNKE *et al.*, 2013). Como exemplo, a obra de Gevins *et al.*, (1995) revisou três dos experimentos de sua equipe usando tarefas de dificuldade crescente, porém, nenhum deles revelou um aumento significativo da banda de frequência theta em relação à dificuldade da tarefa. Já ao se aumentar o número de tarefas simultâneas a serem realizadas, também não foi encontrado um padrão consistente em diferentes estudos (HOLM *et al.*, 2009). Além disto, segundo a revisão de Kramer (1990), o poder da banda theta deve diminuir com um aumento cognitivo da carga de trabalho, resultado este já relatado nos estudos de Sirevaag *et al.*, (1988) e Natani e Gomer (1981).

É importante apontar ainda, que o poder theta fronto-parietal, apresenta relação com a capacidade de memória de trabalho, de acordo com vários estudos (SAUSENG *et al.*, 2010; KLIMESCH, 1999), acredita-se que com um nível mais alto de potência espectral da banda theta, este estado reflete em menor capacidade de memória de trabalho (KLIMESCH, 1999). Essas diferenças encontradas, podem ter ocorrido devido as diferentes quantidades de recursos cognitivos disponíveis, bem como também, por causa das diferentes estratégias utilizadas para completar a tarefa ou talvez uma interação entre as duas hipóteses (GULBINAITE *et al.*, 2014).

Para este estudo, as análises da banda de frequência theta, devem considerar todos os canais do EGG captados pelo o Emotiv Epoc, que são: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2. Os dados registrados devem ser agrupados por meio de potência absoluta e depois seus valores devem ser colocados na base log10. Com isto, as análises com a

banda de frequência theta podem ocorrer de forma a tentar contribuir com os objetivos desta obra.

3.3.3 Assimetria Frontal Alfa

A assimetria frontal alfa está relacionada com as frequências cerebrais que são captadas pelo o EEG e que representam as atividades elétricas dos neurônios. Esses sinais elétricos geram ondas de frequências cerebrais, chamadas de: delta (1 - 4Hz), theta (4 - 8Hz), alfa (8 - 13Hz), beta (13 - 30Hz) e gamma (30 - 40Hz). Essas frequências variam de acordo com a atividade cerebral do indivíduo, podendo surgirem em regiões específicas do cérebro devido a alguma demanda cognitiva ou motora realizada pelo o indivíduo (GONZÁLEZ-ROLDÁN *et al.*, 2016; WANG, 2016).

É importante entender, que a frequência alfa é produzida individualmente por cada um dos hemisférios do cérebro. A assimetria alfa, consiste na diferença de ativação da frequência alfa no hemisfério esquerdo do cérebro em relação ao direito. Essa assimetria na região frontal do cérebro promove alterações emocionais relacionadas ao hemisfério com maior atividade de frequência alfa. Sendo o hemisfério direito mais ativo quando submetido a contextos de emoções negativas, já o esquerdo, é mais ativo a partir de emoções positivas.

No que diz respeito aos hemisférios frontais do cérebro, têm-se que quando o hemisfério esquerdo apresenta baixa atividade, é possível que exista a presença de um fator de predisposição à depressão. Já em momentos em que se observe aumento nas atividades do hemisfério direito, pode significar que a assimetria frontal alfa identificou condições mentais relacionadas a ansiedade. Quando a assimetria alfa é influenciada tendo sua natureza alterada, a percepção de emoções do indivíduo pode ser modificada (GOTLIB, RANGANATH e ROSENFELD, 1998; ZIBMAN *et al.*, 2019).

A assimetria frontal alfa foi considerada por Harrewijn *et al.*, (2019) em seus estudos, onde este avaliou os efeitos sociais da Negatividade Relacionada ao Erro, observando que quando uma maior atividade cerebral no hemisfério direito é identificada, esta informação relaciona-se com a inibição comportamental desenvolvida por alguns adolescentes. Esse efeito, aumenta a sensibilidade das análises de erros, o que leva a crer que a análise alfa frontal se apresenta como sendo uma técnica analítica importante, capaz de gerar grande influência no desenvolvimento da Inibição Comportamental e, posteriormente, no desenvolvimento de uma condição de ansiedade social.

Com o exposto, evidencia-se, que utilizar a assimetria frontal alfa neste estudo, implicará em acréscimos positivos nas comparações analíticas para a pesquisa, agregando uma nova

dimensão para se considerar e analisar, mas além disto, com esta técnica analítica, é possível entender acerca de aspectos relacionados as ativações dos hemisférios direito e esquerdo do cérebro, para assim, levantar *insights* que ajudem a cumprir os objetivos deste trabalho, recomendando sugestões de melhorias e avançando nos estudos envolvendo neurociência nos processos de decisão.

3.3.4 Índice de Engajamento Pope

O índice de engajamento vem sendo quantificado por meio de estudos com o EEG (BERKA *et al.*, 2007; GURU *et al.*, 2015). De acordo com a obra de Pope *et al.* (1995), considerado o precursor de tal índice, são levantados quatro métricas de EEG candidatas a realizar a medição do engajamento em uma dada tarefa. Nesse mesmo estudo, dentre as métricas que foram levantadas, é concluído que o Índice de Engajamento (EI) representado pela equação 2 era a melhor métrica por apresentar sensibilidade a diferentes demandas de tarefas. Este índice é definido como sendo a razão de três bandas de frequência de densidade espectral de potência na montagem parietal descrita na equação 2, sendo esta a métrica considerada mais eficiente segundo o estudo de Pope.

$$EI = \frac{Beta}{Alpha+Theta} \quad (2)$$

A relação definida por Pope entre teta, alfa e beta se baseia em suposições de que o aumento na potência alfa e teta podem estar associados a estados relaxados ou até de perda de atenção (FOX e SNYDER, 2011; HERMENS *et al.*, 2005; SHARMA e SINGH, 2015; WASCHER *et al.*, 2014), enquanto que uma ativação mais elevada na banda beta é atrelada a um maior estado de alerta (GOLA *et al.*, 2013; KAMIŃSKI *et al.*, 2012).

O EEG já vem sendo usado para medir o engajamento na tarefa a um tempo, não sendo considerado um conceito novo. No estudo de Pope *et al.* (1995) o mesmo construiu um sistema para controlar o nível de tarefa em uma automação com base no aumento ou diminuição do engajamento por parte do operador, nesta pesquisa, o mesmo usou o EEG para registrar por meio dos eletrodos Cz, T5, P3, Pz, P4, O1 e O2, as ondas cerebrais dos participantes. Nas análises foram inseridas janelas de tempo com intervalos de 2 segundos. Foi calculada a potência total do EEG em três bandas (teta, alfa e beta) para cada um dos locais de eletrodo selecionados. O autor usa o termo potências “combinadas” para a realização das análises, essas potências “combinadas” são somas de poderes em Cz, Pz, P3 e P4. Dessa forma, é entendido que o autor selecionou alguns canais ao invés de todos para realizar análises.

Já na obra de Freeman *et al.*, (1999), o mesmo expande este mesmo sistema, realizando a avaliação do desempenho de cada tarefa, juntamente com a utilização de valores absolutos de engajamento versus apenas olhar para dentro e diminuindo o engajamento.

Kamzanova *et al.*, (2011) realizou a comparação da sensibilidade de vários índices de engajamento de EEG. Esta comparação ocorreu durante o tempo sobre efeito da tarefa, realizando sugestões para identificar qual índice foi considerado mais eficaz para detectar a redução do estado de alerta associada a baixa da vigilância no desempenho da tarefa. Os canais utilizados para captação das ondas cerebrais por parte do EEG foram: Fp1A1, FzA1, F3A1, C3A1, P3A1, PzA1, O1A1, CzA2, Fp2A2, F4A2, C4A2, P4A2, O2A2, T3A1, T4A2. Neste estudo não se fala em adicionar janelas de tempos nos dados, o que se faz acreditar que não houve cortes e os blocos de dados foram analisados inteiros.

Tanto o trabalho de McMahan, Parberry e Parsons (2015) quanto o de Wu *et al.*, (2021) utilizaram na aplicação do EEG pelo Emotiv, 14 eletrodos (sensores de solução salina) em AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2. Em outros estudos é possível encontrar outros eletrodos sendo adicionados ou substituídos, o que mostra que a função Pope de engajamento pode ser usada em experimentos que utilizaram diferentes tipos e quantidades de eletrodos de EEG.

Na obra de McMahan, Parberry e Parsons (2015) as estimativas de potência foram encontradas usando uma transformada rápida de Fourier (FFT) e nesta mesma obra foi utilizada janela de Hamming de 1 segundo sem sobreposição para Delta (1 - 4 Hz), Teta (4-7 Hz), Alfa (7 -13 Hz), Beta (13 - 25 Hz) e Gama (25 - 43 Hz), onde estes tiveram a média calculada em todos os 14 sensores para obter uma média global para cada banda de frequência.

Para o trabalho de Wu *et al.*, (2021) foi utilizada a potência média para analisar os dados do EEG e não foram adicionadas janelas de tempos, o bloco inteiro foi utilizado, porém o autor decidiu adaptar da obra de Pope fazendo uso dos canais posteriores (P7 e P8) para calcular o índice de engajamento.

Com as pesquisas realizadas, é possível perceber que a criação de Pope, o estudo acerca do engajamento cognitivo, que também pode ser chamada de função Pope, ao longo dos anos foi utilizada por pesquisadores de diversas formas diferentes, onde os mesmos aplicaram experimentos com canais diferentes dos apresentados por Pope e mesmo assim atingiram resultados relevantes. A agregação por média ou soma também varia, assim como se é utilizada a potência absoluta ou relativa. Uma característica importante notada, é que os cortes para adição de janelas de tempos foram identificados em estudos que desejavam realizar análises

preditivas de acompanhamento da tarefa, em casos diferentes os autores não realizaram testes com adição de tempo. Em alguns estudos os autores testaram outras perspectivas do engajamento de Pope, como por exemplo: $\beta / (\alpha + \Theta)$, β / α ou $1 / \alpha$. Para que comparações analíticas fossem realizadas.

Portanto, com os estudos levantados acerca da função Pope, é possível observar a relevância ao fazer uso de tal função, onde diversos estudos que se basearam na obra de Pope *et al.* (1995) conseguiram obter bons resultados em suas pesquisas. Foi observado também que ao longo dos anos os pesquisadores adaptaram e testaram formas de analisar o Engajamento cognitivo. Dessa forma, para este trabalho em questão e a partir do estudo levantado, a eq. (2) é considerada a que melhor se encaixa para análise de engajamento cognitivo para esta pesquisa, isto se dá, pelo fato desta já ter sido utilizada diversas vezes, em diversas obras, em alguns com janelas de tempo e em outros não, alguns usaram o bloco inteiro de dados, já outros não, o que mostra a versatilidade de tal técnica analítica.

Para esta dissertação, será utilizada a eq. (2), sem adição de janelas de tempo, uma vez que não existe a necessidade de se realizar um análise preditiva ao longo do tempo para os dados desta pesquisa, os canais do EEG utilizados para as análises serão: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2. Os canais serão tratados por meio de potência absoluta, onde os blocos de dados serão somados para serem analisados.

O índice de engajamento Pope é aplicado neste trabalho para os blocos de dados: cálculo fácil, cálculo difícil, música, ordenação (Etapa 1 FITradeoff), exploração (Etapa 2 FITradeoff) e elicitación (Etapa 3 FITradeoff). É importante ressaltar, que a extração dos Epochs, consistiu em destacar o cálculo mais fácil e o mais difícil, e as músicas escolhidas para o corte foram as consideradas preferidas por cada um dos participantes. Por meio da equação 2, apresentada acima, é possível se chegar ao índice de engajamento, este que ainda precisa ser comparado estatisticamente para análises mais eficientes.

3.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Os experimentos abordados por esta pesquisa, trataram da busca de entendimento acerca da relação da atividade cerebral do Decisor em três contextos diferentes, estes que são: ouvir quatro músicas de diferentes estilos musicais (estado de menor envolvimento cognitivo); observar e resolver quatro operações aritméticas que possuem variados níveis de dificuldades

(estado de maior envolvimento cognitivo) e; resolver um problema de decisão usando o software do FITradeoff. Os estados mencionados aqui, representam suposições acerca das respostas dos decisores ao serem expostos a contextos diferentes, os estudos em neurociência embasaram estas suposições. Todos os participantes que compõe a amostra deste estudo, realizaram os dois experimentos, demonstrado suas preferências e o envolvimento cognitivo necessário para cada um. Para tanto, as ferramentas de neurociência EEG e *Eye Tracking*, foram utilizadas. Porém, as análises desenvolvidas nesta pesquisa, focará sua atenção apenas no EEG e seus dados. Com isto, os dados colhidos nos experimentos, após tratados e limpos, podem fornecer *insights* por meio de análises estatísticas. Por fim, os resultados obtidos serão apresentados no capítulo seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo é responsável por apresentar o desenvolvimento dos resultados, este processo pôde ocorrer graças ao acesso aos dados que foram obtidos por meio dos experimentos descritos no capítulo anterior. Os resultados se estruturam por meio da aplicação de testes estatísticos nas análises envolvendo a banda Theta, a assimetria frontal alfa e o índice de engajamento Pope, para ambos estes contextos, serão aplicadas análises de Test T e função shift e assimetria, com a finalidade de que as análises sejam mais sensíveis, podendo auxiliar na avaliação de casos em que ocorreram empates nos resultados. Com estas análises, será possível adquirir fomento para geração de *insights* e discussões acerca dos achados. Os resultados que serão apresentados, se baseiam nos objetivos da dissertação, que de forma geral se referem a criação de um estudo comparativo entre atividades de cálculo, música e FITradeoff, a partir de dados de EEG. Durante a apresentação dos resultados neste capítulo, os mesmos serão discutidos e *insights* relevantes serão levantados.

4.1 ESTRUTURAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa serão estruturados de forma a se aumentar a eficiência das análises estatísticas, comparando os blocos de dados sob perspectivas diferentes, bem como, utilizando mecanismos mais sensíveis de análise de dados, aliando isto à análise qualitativa na busca de *insights* que gerem recomendações de melhorias relevantes acerca do tema. Dessa forma, a Tabela 3 se encarrega de apresentar como se dará as relações analíticas que estruturam os resultados desta dissertação.

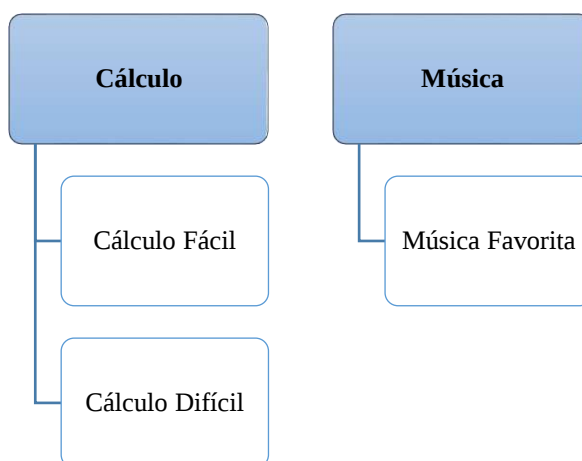
Tabela 3 - Estrutura dos resultados

Análise estatística	“Sem” cortes no dados	“Com” cortes nos dados
Test T	Banda Theta em todos os canais	Banda Theta em todos os canais
Test T	Assimetria Frontal Alfa	Assimetria Frontal Alfa
Test T	Índice de Engajamento Pope	Índice de Engajamento Pope
Função Shift e Assimetria	Banda Theta em todos os canais	Banda Theta em todos os canais
Função Shift e Assimetria	Assimetria Frontal Alfa	Assimetria Frontal Alfa
Função Shift e Assimetria	Índice de Engajamento Pope	Índice de Engajamento Pope

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Para se obter os resultados, foi necessário definir que análises estatísticas de Test T e de função shift e de assimetria, fossem realizadas para comparar os dados, tanto do experimento de cálculo e música, quanto das etapas do FITradeoff. Ademais, as análises ocorreram levando em consideração “dados sem cortes” e “dados com cortes”, no que se refere ao experimento envolvendo cálculo e música. Os dados sem cortes, indicam que análises foram realizadas considerando todos os cálculos e todas as músicas do experimento, ou seja, não houve cortes de partes dos dados. Já os dados com cortes, significa que blocos de dados foram extraídos e separados para realização de análises. No caso desta pesquisa, os cortes realizados podem ser observados na Figura 24.

Figura 24 - Cortes nos blocos de dados



Fonte: Esta pesquisa (2022).

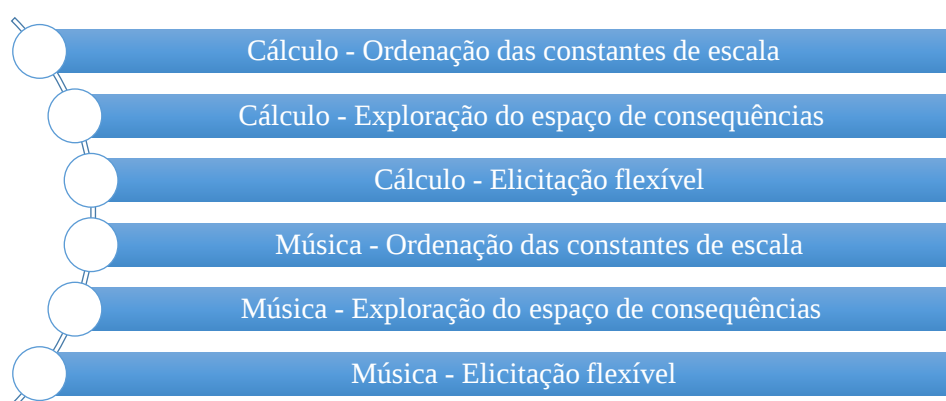
O experimento 1 envolvia atividades de cálculo e música, no bloco de dados referente a cálculo, foi definido que para as análises com cortes nos dados, considerariam apenas o cálculo mais fácil e o mais difícil executado por cada um dos participantes. Já em relação ao bloco de dados referente a música, foi definido que a música selecionada como favorita pelos participantes, deveria ser considerada nas análises com cortes de dados. Com estas definições, é possível apresentar como se deu o processo dos resultados e das análises deste estudo.

4.2 BANDA DE FREQUÊNCIA THETA

O processo de análises para obtenção dos resultados, se deu inicialmente, assim como na obra de Medeiros, Costa e Silva (2021), por meio da avaliação da banda de frequência theta,

extraída do acervo de dados coletados pelo EEG durante os experimentos. A análise da banda theta envolve avaliar as atividades cerebrais de todos os participantes, que desenvolveram atividades de cálculo, música e etapas do FITradeoff, considerando todos os canais usados pelo EEG na obtenção dos dados. Para este momento, não serão considerados cortes nos dados, o que significa que todos os cálculos e músicas serão considerados nas análises. Os canais do EEG utilizados para as análises serão: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2. Com isto, a Figura 25 apresenta como devem se dar as comparações entre os dados.

Figura 25 - Blocos comparativos para análise theta



Fonte: Esta pesquisa (2022).

A finalidade deste processo, é identificar o quanto cada etapa do processo de elicitación de preferências se aproxima, em termos de atividades cerebrais, com as atividades de maior envolvimento cognitivo (cálculo) ou com atividades de menor envolvimento cognitivo em que são esperadas respostas mais automáticas (música). Com a estruturação das comparações realizadas, é possível analisar estatisticamente os dados em seguida.

4.2.1 Test T

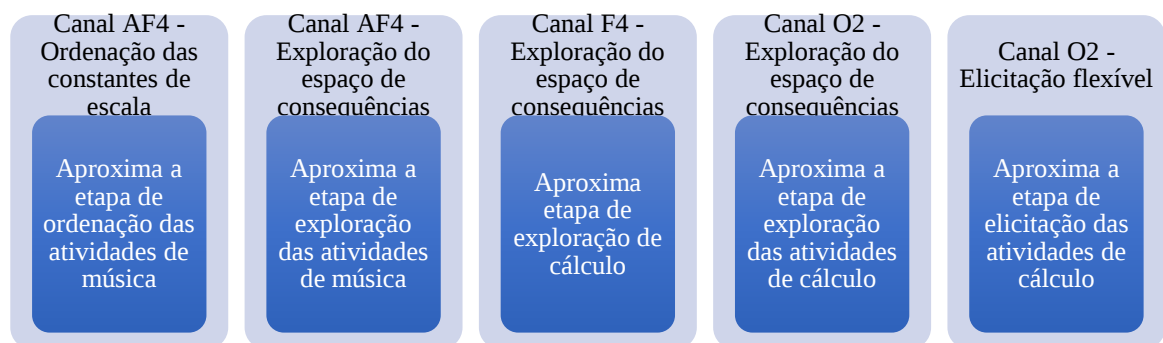
Para se realizar testes estatísticos pareados, o Test T é utilizado por meio do software R, disponível gratuitamente, sendo assim, a Tabela 4 apresenta os resultados obtidos com este teste. Para esta análise, foi definido que os valores com o resultado do Test t que ultrapassassem o alfa de 10% estabelecido deveriam assumir valor 1, caso fossem menores, assumiriam 0.

Tabela 4 - Resultados Test T para Theta

ORDENAÇÃO														
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
CÁLCULO	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MÚSICA	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EXPLORAÇÃO														
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
CÁLCULO	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MÚSICA	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
ELICITAÇÃO														
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
CÁLCULO	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MÚSICA	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Na etapa de ordenação, observou-se para a maioria dos canais, semelhança tanto com as atividades de cálculo quanto com as de música, sendo essa semelhança um pouco mais evidente para a atividade de música, indicando assim uma possível semelhança entre ordenação e atividades musicais. Já em relação às etapas seguintes, o oposto foi observado nas análises. A Figura 26 expõe mais detalhes acerca das análises dos canais em que houve diferenças, bem como quais informações se pode tirar destas observações.

Figura 26 - Observações dos resultado do Test T na banda theta

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Como já mencionando e aliado com os resultados apresentados acima, é possível sugerir que a primeira etapa do FITradeoff, a ordenação das constantes de escala, se assemelha mais com as atividades relacionadas a música, ou seja, a ordenação apresenta atividades cerebrais de

seus participantes mais próximas de atividades que inspiram um estado de respostas mais automáticas.

É preciso entender, que a etapa 1 do FITradeoff, a ordenação, se trata de uma etapa onde o Decisor precisa definir a ordem das constantes de escala do problema de decisão, levando em consideração o grau de importância dos critérios do problema e, em especial, o espaço de consequências dos critérios. Em alguns casos, pode haver confusão para se entender esta etapa, de modo que alguns Decisores definam o ranking de importância dos critérios, utilizando-se de um processo mais simples em termos cognitivos. Com isto, este pode ter sido um erro cometido durante a realização desta etapa, levando os Decisores a terem um comportamento de atividade cerebral mais próximo ao observado nas atividades de música. Um contraponto interessante e que deve ser considerado também, é que a ordenação das constantes de escala não é uma tarefa muito complicada de ser executada, não demandando muito envolvimento cerebral, de modo que, uma semelhança desta etapa com atividades musicais, não representa uma má interpretação por parte do Decisor.

Já ao se analisar à etapa de exploração do espaço de consequências, em relação aos blocos de dados predefinidos, é possível destacar os resultados para os canais AF4, F4 e O2, que demonstraram diferenças, sendo que em AF4 foi observada uma semelhança com atividades de música, enquanto para F4 e O2, foi notada uma semelhança com atividades de cálculo. Dessa forma, é entendido que esta etapa se aproxima mais de atividades de cálculo do que das atividades de música. Isto pode ter se dado, devido ao fato desta etapa ser considerada mais complexa para os participantes, tirando-os do estado de respostas mais automáticas e os colocando em um contexto de maior exigência cognitiva.

Por fim, no que se refere a etapa de eliciação flexível do método FITradeoff, em suas análises comparativas com os experimentos de cálculo e música, foi observado que com o resultado para o canal O2, é possível sugerir que a atividade deste bloco se aproxima mais das atividades de cálculo, ou seja, maiores exigências cognitivas. Torna-se claro com as análises, que tanto o resultado obtido nessa etapa quanto os obtidos nas etapas anteriores, vão em linha com o esperado. Os resultados encontrados até então sugerem que o método FITradeoff, o qual contém uma estrutura flexível, por meio da utilização de informações parciais, e com implicações diretas na redução da taxa de inconsistências, cria uma experiência na qual o Decisor se mantém concentrado e engajado, compreendendo o processo de eliciação e fornecendo respostas ao sistema alinhadas com suas reais preferências.

FITradeoff. Da mesma forma que se deu este processo de análise gráfica das funções empregadas, para os demais casos em que não foram identificadas diferenças significativas com o Teste t, análises foram realizadas e a Tabela 5 apresenta os resultados obtidos, onde a cor verde-clara reflete a situação na qual a atividade de dado canal se assemelhou mais em uma dada etapa a cálculo ou a música. Já as células em verde escuro, representam maior similaridade observada por meio do resultado do Teste T, conforme apresentado e discutido anteriormente.

Tabela 5 - Resultados Função Shift e Assimetria para Theta

ORDENAÇÃO														
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
CÁLCULO														
MÚSICA														
EXPLORAÇÃO														
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
CÁLCULO														
MÚSICA														
ELICITAÇÃO														
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
CÁLCULO														
MÚSICA														

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com as análises dos resultados apresentados acima, foram obtidas novas informações para todas as etapas do processo de elicitação de preferências com o método FITradeoff. De modo geral, os resultados complementam aqueles obtidos com o Teste T e reforçam a similaridade das atividades cerebrais da etapa de ordenação com as atividades do experimento de música, enquanto para as etapas de exploração do espaço de consequências e elicitação é sugerida uma maior similaridade com as atividades cerebrais envolvendo cálculos, no qual maior envolvimento é demandado dos Decisores.

4.3 BANDA DE FREQUÊNCIA THETA – COM CORTES NOS DADOS

Para efeito de comparação de dados com aspectos diferentes e com a finalidade de aumentar a sensibilidade analítica do estudo, cortes nos dados foram realizados, destacando o cálculo fácil, o difícil e a música favorita. Com isto, objetivou-se realizar novas análises na banda de frequência Theta, agora considerando os cortes nos dados e comparando-os com as etapas do SAD associado ao FITradeoff. Para tanto, foram considerados todos os canais usados

pelo EGG, estes que são: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2. Com a estratégia definida, foi necessário estruturar os blocos comparativos de dados para as análises, onde esta estrutura é apresentada pela Tabela 6, que demonstra como deve se dar as comparações entre os dados, bem como o raciocínio lógico empregado.

Tabela 6 - Blocos comparativos para análise theta - com cortes nos dados

AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	P7	P8	T7	T8	O1	O2
Cálculo Fácil			Cálculo Difícil			Música							
Cálculo Fácil x Cálculo Difícil			Cálculo Fácil x Música			Cálculo Difícil x Música							
Ordenação			Exploração			Elicitação							
Ordenação o x Cálculo Fácil	Ordenação o x Cálculo Difícil	Ordenação o x Música	Exploração o x Cálculo Fácil	Exploração o x Cálculo Difícil	Exploração o x Música	Elicitação o x Cálculo Fácil	Elicitação o x Cálculo Difícil	Elicitação o x Música					

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Os blocos de dados serão avaliados procurando entender as possíveis relações existentes entre contextos diferentes, presentes nos experimentos de neurociência utilizados nesta pesquisa, observando a relação entre Cálculo fácil, difícil e música favorita, além de, averiguar as semelhanças entre estas e as etapas do processo de elicitación de preferências com o FITradeoff. Sendo a finalidade deste processo, identificar o quanto cada etapa se aproxima, em termos de atividades cerebrais, com as atividades de cálculo fácil, cálculo difícil e música. Portanto, com a estruturação das comparações realizadas, é possível seguir para as análises estatísticas na busca por novos *insights* que agreguem no desenvolvimento da pesquisa.

4.3.1 Test T

Com o intuito de avaliar a interação entre as atividades cerebrais envolvendo os cortes de dados referentes a cálculo fácil, cálculo difícil e música favorita, testes estatísticos pareados foram realizados por meio do Test T, executados pelo software R, disponível de forma gratuita. Dessa forma, a Tabela 7 exhibe os resultados obtidos com estes testes. Para tanto, foi definido para as análises, que os valores com o resultado do Test T que excedessem o alfa de 10% pré-determinado, deveriam assumir valor 1, em caso de ser menor, assumir valor 0.

Tabela 7 - Resultados Test T para Theta no experimento 1 - com cortes nos dados

$\alpha=10\%$	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
Cálculo Fácil x Cálculo Difícil	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo Fácil x Música	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo Difícil x Música	1	1	1	1	1	1	1
$\alpha=10\%$	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
Cálculo Fácil x Cálculo Difícil	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo Fácil x Música	1	1	1	1	1	1	1
Cálculo Difícil x Música	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com os resultados obtidos com o Test T, assim como pode ser observado acima, não foram encontradas informações relevantes que levassem a sugestões acerca das comparações realizadas entre os dados. Não sendo possível assim, identificar *insights* da relação das atividades de cálculo fácil, cálculo difícil e música. Com isto, as análises continuaram, agora com novos Testes T sendo realizados para comparar a relação entre os dados cortados e as etapas do processo de eliciação de preferências com o FITradeoff. Os resultados obtidos com os novos testes podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados Test T para Theta - com cortes nos dados

ORDENAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MÚSICA	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EXPLORAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MÚSICA	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ELICITAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MÚSICA	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

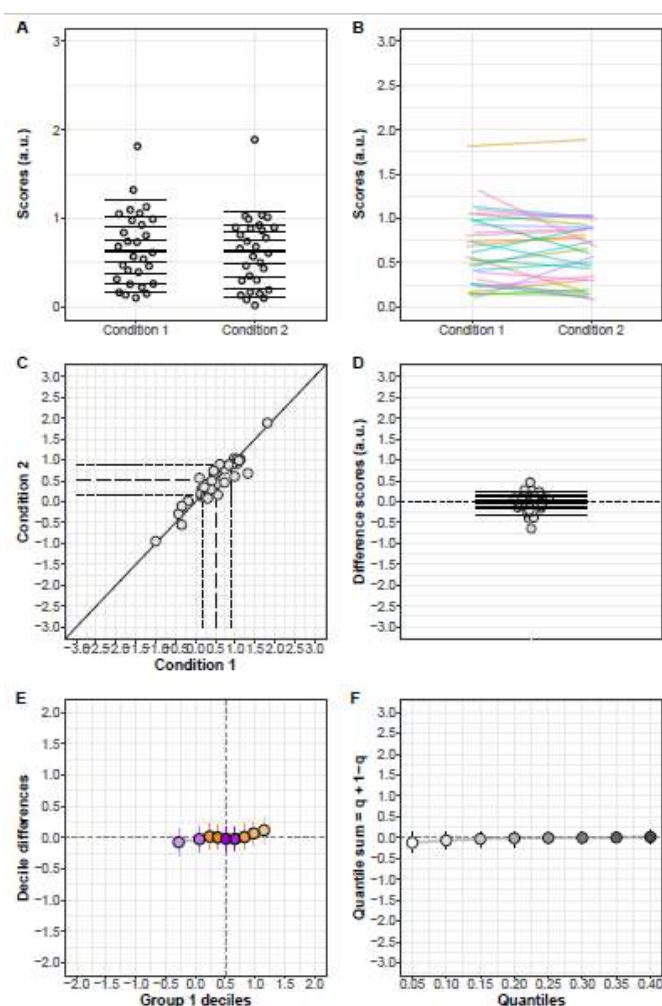
Ao se realizar novas análises, agora considerando os cortes nos dados, em que foram extraídos apenas o cálculo mais fácil, o mais difícil e a música favorita de cada um dos participantes do experimento foram observadas diferenças nos resultados, se comparados aos resultados dos Test T que consideravam todos os cálculos e todas as músicas envolvidos nos experimentos. Acerca da primeira etapa, que corresponde a ordenação, na maioria dos canais, foi encontrada semelhança entre está e as atividades de cálculo, mais precisamente com cálculo difícil, mostrando-se diferente do resultado encontrado anteriormente, onde esta etapa do FITradeoff se assemelhava mais com atividades de música.

No que diz respeito aos resultados expostos com os testes na etapa de exploração, têm-se que não foram encontrados resultados relevantes que corroborassem com o desenvolvimento de *insights* envolvendo as análises do processo de decisão deste estudo. Porém, ao se analisar as comparações relacionadas a etapa 3 do FITradeoff, a elicitación, foram observados nos resultados, que está tem suas atividades mais semelhantes com cálculo fácil e música, se distanciando mais das atividades do cálculo difícil. Mostrando assim, que neste contexto analítico, a etapa de elicitación se aproximou mais de atividades com menores exigências, se comparadas ao cálculo mais difícil, que demanda mais esforço para desempenho da atividade. Os resultados obtidos aqui com o Test T se mostram relevantes, podendo ainda contar com maior arcabouço analítico se realizados novos testes com ferramentas mais sensíveis, o que se aplica as funções shift e assimetria.

4.3.2 Função Shift e Assimetria

Para se obter novas análises mais sensíveis, para a geração de *insights*, a função shift e assimetria foi então aplicada a análise da banda de frequência Theta, agora considerando corte nos dados. Primeiro, foi realizada uma investigação sobre as relações entre os dados de cálculo fácil, difícil e da música favorita, extraídos dos blocos completos de dados dos experimentos realizados. Isto se deu, devido ao interesse de entender o quanto que as atividades do processo de elicitación com o FITradeoff se assemelham entre si, para auxiliar no entendimento das análises. Com isso, a Figura 28 apresenta os resultados para a comparação entre cálculo fácil e cálculo difícil.

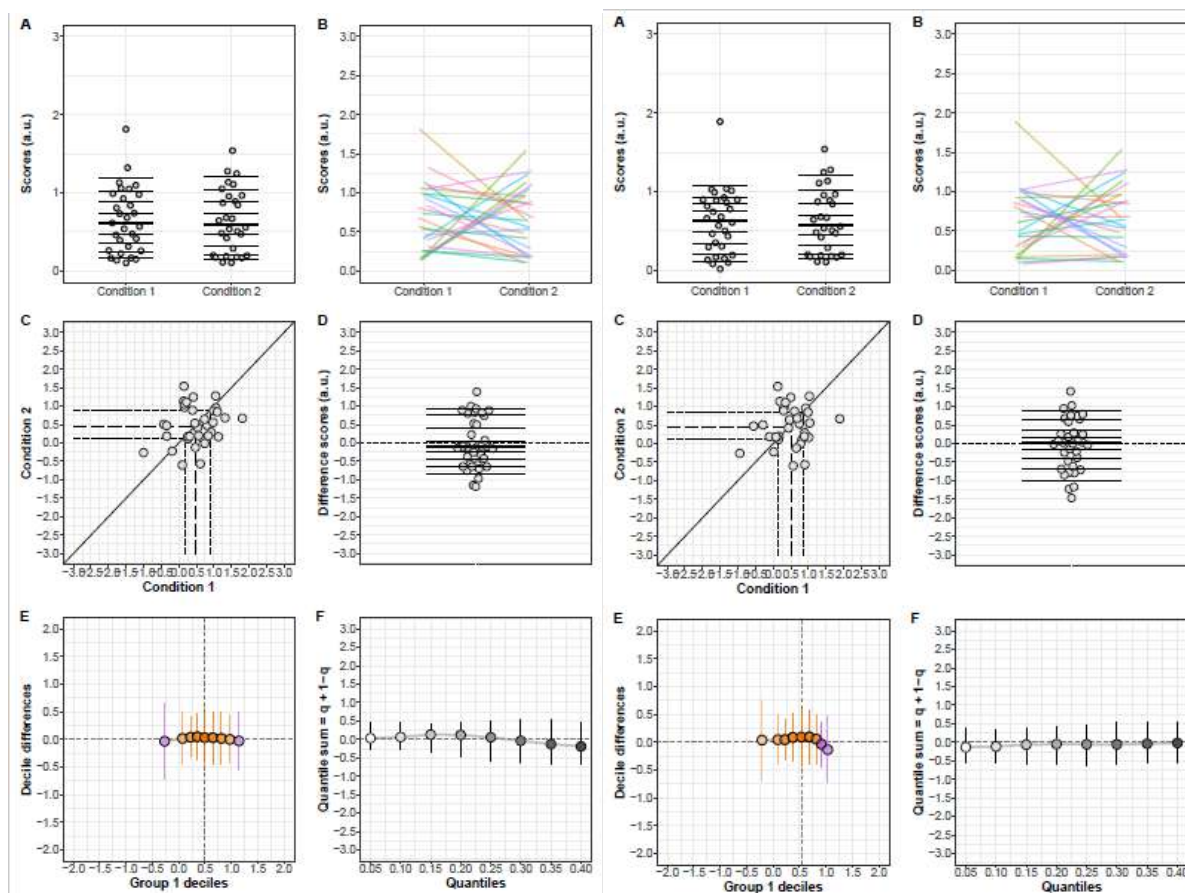
Figura 28 - Resultado da Função Shift e Assimetria para análise entre cálculo fácil e cálculo difícil



Fonte: Esta pesquisa (2022).

A partir do alicerce científico levantado para interpretar e realizar as análises da função shift e de assimetria, é possível afirmar com a figura exposta acima, que as atividades comparadas, que são cálculo fácil e cálculo difícil, apresentam entre si, grande semelhança no que diz respeito às suas atividades cerebrais. Onde comprova-se então, que as atividades de cálculo, independentemente de ser o mais fácil ou o difícil se assemelham, provando que representam o mesmo contexto, que é o de maior exigência cognitiva. Seguindo com as análises, a Figura 29 surge para expor os resultados das novas comparações, agora considerando a relação entre: cálculo fácil e música; cálculo difícil e música. Esta comparação foi realizada com a finalidade de averiguar se música se aproxima mais do cálculo fácil ou do difícil.

Figura 29 - Resultado da Função Shift e Assimetria para análises entre cálculo fácil x música e cálculo difícil x música



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Ao analisar o exposto, é possível indicar maiores semelhanças entre a atividade de música com a atividade de cálculo mais fácil, e maiores diferenças entre música e atividades de cálculo difícil. As informações conquistadas com esta análise, ajudam a entender a relação dos contextos considerados neste estudo, pois, leva-se a crer, que o cálculo mais fácil representa uma demanda cognitiva maior do que música, porém, menor do que cálculo difícil. Juntando estas informações com a análises anteriores, obtém-se que cálculo fácil e cálculo difícil apresentam atividades cerebrais semelhantes, mas se comparados a música, cálculo fácil se assemelha mais a esta, provavelmente por não apresentar muito envolvimento cognitivo associado. Após isto, as análises passaram a comparar as atividades em contextos diferentes com as atividades do SAD do FITradeoff. A Tabela 9 apresenta os resultados encontrados com a função shift e de assimetria para as novas análises.

Tabela 9 - Resultados da Função Shift e Assimetria para Theta – com cortes nos dados

ORDENAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	-		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
CÁLCULO DIFÍCIL	-				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÚSICA	-	-	-	-	-	-			-				-	-
EXPLORAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
CÁLCULO DIFÍCIL	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÚSICA	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	
ELICITAÇÃO	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	O1	O2	P7	P8	T7	T8
	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-		-
CÁLCULO DIFÍCIL	-	-		-	-	-	-	-	-		-	-	-	
MÚSICA	-	-		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com o processamento dos novos resultados e com as análises associadas, se tornou viável a identificação de novas informações importantes para o entendimento das etapas do FITradeoff. Na etapa 1, a função shift e de assimetria, possibilitaram o achado de novos canais que tinham atividades mais semelhantes com música do que com as outras atividades comparadas, estes canais foram: FC5, FC6, O2, P7 e P8. Complementando estes novos achados com o resultado do Test T, entende-se que a etapa de ordenação das constantes de escala, se aproxima mais das atividades de música, assim como encontrado na primeira análise, que não considerou cortes nos dados.

Agora analisando a etapa de exploração do espaço de consequências, foram encontrados novos canais com informações relevantes, os canais AF4 e T7, apontam semelhança desta etapa com cálculo fácil, já o canal F3, indica semelhança desta etapa com cálculo difícil, enquanto F8 e T8 sugerem maior semelhança da etapa de exploração com as atividades de música. Apenas com os resultados do Test T não foi possível levantar nada de concreto acerca desta comparação, porém, ao se agregar com análise shift e de assimetria, se tornou possível destacar algumas características. Com isto, pode-se considerar que a etapa 2, tem suas atividades cerebrais mais próximas de cálculo fácil e música, distanciando-se mais de cálculo difícil.

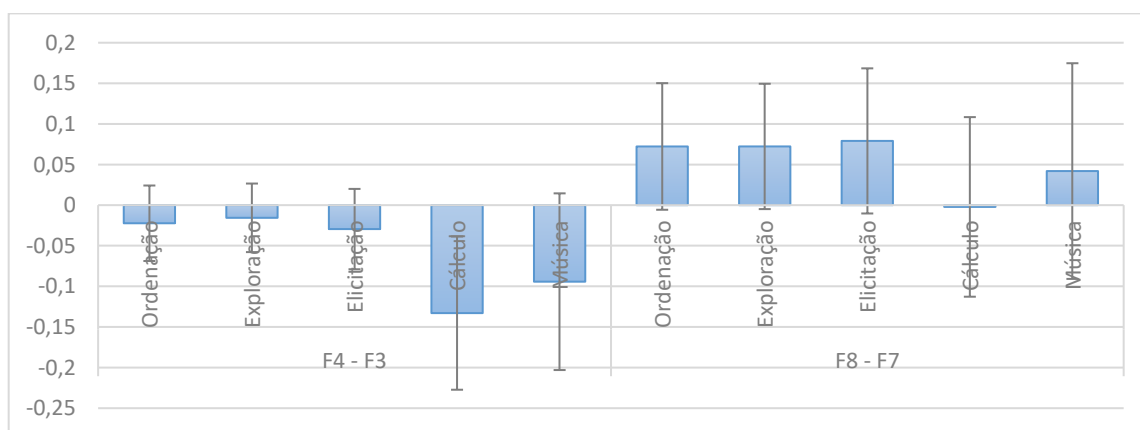
No que se refere a análise da etapa 3, a elicitação, é observado nos resultados expostos que a função shift e assimetria conseguiu identificar nos canais O1 e T7, maiores semelhanças desta etapa com as atividades de cálculo fácil, já os canais F3 e T8, sugerem semelhança da etapa 3 com cálculo difícil, enquanto apenas F8 sugere que a etapa 3 seria próxima de música.

Portanto, a função shift e assimetria complementando o Test T realizado anteriormente, consegue constatar que a elicitação do FITradeoff, tem suas atividades consideradas como sendo mais próximas de cálculo fácil. Quando este estudo realizou as mesmas análises, porém sem corte nos dados, a elicitação foi considerada apenas como próxima de cálculo, agora com o acréscimo das análises com cortes nos dados, se tornou possível distinguir se essa semelhança se relaciona ao cálculo mais fácil ou o mais difícil, onde isto, por sua vez, implica diretamente no entendimento da relação de contextos de exigências cognitivas abordados neste estudo.

4.4 ASSIMETRIA FRONTAL ALFA

Analisar os mesmos dados sob perspectivas analíticas diferentes, faz parte do escopo de execução dos resultados e análises deste estudo, com isto, a utilização da assimetria frontal alfa, se mostrou como uma grande aliada na busca de informações entre as comparações do processo de elicitação de preferências com o FITradeoff com as atividades do experimento envolvendo cálculo e música, levando em consideração os dados dos canais frontais do cérebro, que são: F3, F4, F7 e F8. A assimetria frontal alfa visa analisar a diferença entre a atividade alfa direita e esquerda nas regiões frontais do cérebro, sendo esta medida relacionada ao engajamento dos usuários. Os canais utilizados representam a assimetria por meio das relações: $F4 - F3$ e $F8 - F7$. Com isto, os resultados podem ser gerados calculando a diferença para cada um dos blocos dos canais, depois é calculada a média, o desvio padrão e, por fim, o erro padrão. O Gráfico 1 é responsável por apresentar os resultados gráficos encontrados com a assimetria frontal alfa (MEDEIROS, COSTA e SILVA, 2021).

Gráfico 1 - Assimetria Frontal Alfa



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Ao analisar o par F4 – F3, é possível sugerir, graças aos valores negativos do gráfico, que houve provavelmente baixo engajamento, isto para todas as atividades, porém é possível notar um menor engajamento nas atividades de cálculo e música, já que as atividades de ordenação, exploração e elicitación tiveram valores mais próximos de zero, mostrando engajamento um pouco maior.

Na análises referentes ao par F8 – F7, valores positivos foram achados, sugerindo um maior engajamento dos participantes, porém a atividade de cálculo se mantém neutra, variando entre positiva e negativa, assim como música, porém tendendo ao lado positivo. Contudo, as atividades de ordenação, exploração e elicitación apresentaram um ótimo desempenho em termos de engajamento na análise do par F8 – F7, diferente de cálculo e música. Ademais, para que as análises sejam mais completas, vale apenas ainda, realizar análises de Test T, função shift e assimetria, visando conquistar novas informações relevantes ao se investigar mais profundamente a relação de assimetria frontal alfa.

4.4.1 Test T

Novamente o Test T é utilizado como recurso analítico para comparação pareada de blocos de dados, para este caso, será considerada o contexto da assimetria frontal alfa para estruturar as comparações. Dessa forma, a Tabela 10 apresenta os resultados do Test T aplicado a relação de assimetria frontal alfa, sendo definido para estas análises que os valores com o resultado que ultrapassem o alfa de 10%, devem assumir valor 1, caso não, assumir 0.

Tabela 10 - Resultados do Test T para Assimetria Frontal Alpha

Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO	1	1
MÚSICA	1	1
Exploração	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO	1	1
MÚSICA	1	1
Elicitación	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO	1	1
MÚSICA	1	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Como pode ser observado na Tabela 10, nenhum resultado relevante foi encontrado com a aplicação de Test T nas comparações para a assimetria frontal alfa entre dados do FITradeoff e atividade de cálculo e música. Com isto, análises com função shift e assimetria devem ser realizadas para se verificar de forma mais sensível, se existe aspectos relevantes entre os dados para serem discutidos.

4.4.2 Função Shift e Assimetria

A função shift e assimetria foi aplicada nas análises da assimetria frontal alfa, sem considerar cortes nos dados. Esta análise ocorreu, devido ao interesse de entender o quanto que as atividades de cálculo e música se assemelham com as etapas do processo de elicitação de preferências do FITradeoff no contexto de assimetria frontal alfa, que considera a relação de diferença entre os canais frontais do EEG no cérebro dos participantes dos experimentos. A Tabela 11 se encarrega de apresentar os resultados obtidos com estas análises.

Tabela 11 - Resultados da Função Shift e Assimetria para Assimetria Frontal Alpha

Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO	-	-
MÚSICA		
Exploração	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO	-	-
MÚSICA	-	-
Elicitação	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO		-
MÚSICA	-	-

Fonte: Esta pesquisa (2022).

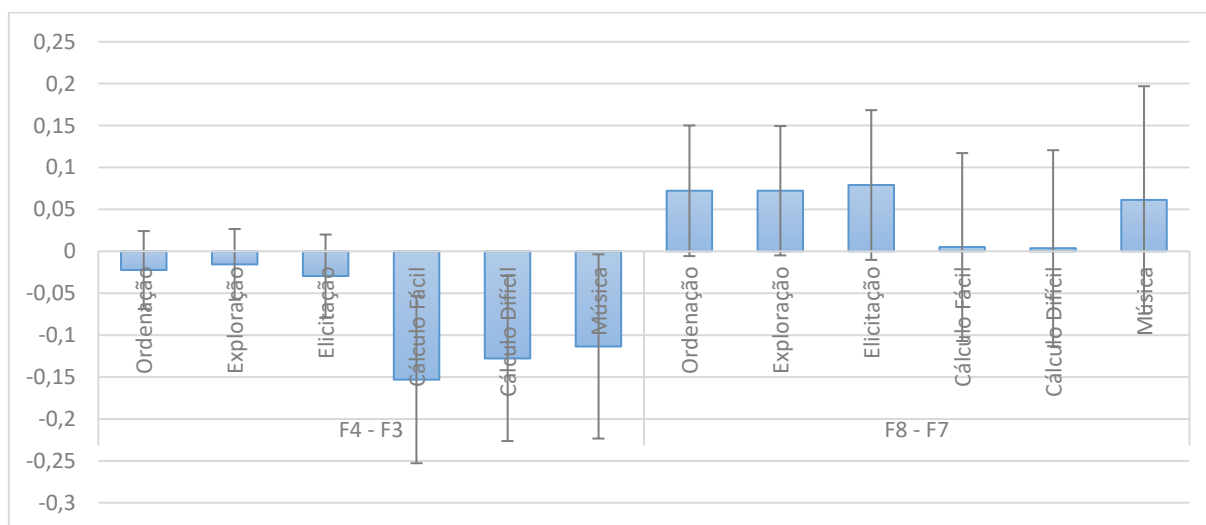
Com os resultados expostos, é possível perceber que, por meio da avaliação dos gráficos da função shift e assimetria, foi notada semelhança da etapa de ordenação das constantes de escala com atividades de música, esse resultado foi encontrado tanto na relação F4 – F3, quanto na relação F8 – F7. Já ao se avaliar a etapa de exploração, não foi possível encontrar aspectos relevantes que sugerisse semelhança a mais para uma atividade do que para outra. Porém, ao se analisar a etapa do FITradeoff de elicitação, foi observado na relação F4 – F3, que esta etapa se aproxima mais das atividades de cálculo. Sendo assim, os resultados apresentados aqui, corroboram com os resultados anteriores, onde se sugere, que a ordenação se aproxima mais de

atividades relacionadas a menores demandas cerebrais, assim como a etapa de elicitação flexível é considerada como mais semelhante a atividades que exigem maiores demandas por parte do cérebro. Contudo, é possível ainda repetir esta análise por uma outra perspectiva, considerando cortes nos dados, separando o cálculo fácil, o cálculo difícil e música favorita dos demais dados do experimento, este processo possibilitará entender melhor as relações de comparações avaliadas nesta pesquisa, bem como levantar novos *insights* e informações acerca das etapas do FITradeoff.

4.5 ASSIMETRIA FRONTAL ALFA – COM CORTES NOS DADOS

Com a finalidade de obter análises mais sugestivas e para efeito de comparação de resultados, os dados tratados passaram por uma nova rodada de análises de Assimetria Frontal Alfa, agora considerando cortes nos dados. O Gráfico 2 é responsável por apresentar os resultados gráficos encontrados com a assimetria frontal alfa.

Gráfico 2 - Assimetria Frontal Alfa - com cortes nos dados



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Ao se analisar a assimetria frontal alfa para o par F4 – F3, é possível sugerir, ao observar os valores negativos do gráfico, que houve baixo engajamento por parte dos participantes, isto para todas as atividades consideradas neste estudo, porém algumas atividades se destacaram por apresentarem um engajamento menor ainda que as demais, estas foram: cálculo fácil, cálculo difícil e música. Já nas atividades de ordenação, exploração e elicitação, mesmo com

valores negativos encontrados, estes valores são mais próximos de zero, sugerindo assim, que nestas atividades houve um pouco mais de engajamento por parte dos participantes.

Agora, analisando a assimetria frontal alfa para o par F8 – F7, valores positivos foram encontrados na representação gráfica, sugerindo que houve um maior engajamento por parte dos participantes. Porém as atividades de cálculo fácil e cálculo difícil se mantêm neutras, variando entre positiva e negativa, mostrando que provavelmente não houve muito engajamento dos participantes nestas atividades. Já música tem uma boa parte representada no lado positivo do gráfico, mas acaba variando até o lado negativo, dessa forma, é possível sugerir que de acordo com esta análise, os participantes estavam mais engajados com a atividade de música do que com as atividades de cálculo. Ao que se refere às etapas do processo de elicitação com o FITradeoff, temos que a ordenação, exploração e elicitação apresentaram um ótimo desempenho em termos de engajamento na análise do par F8 – F7, todos os valores encontrados se apresentam no lado positivo do gráfico, variando pouco para a parte negativa, sugerindo assim, maior engajamento dos participantes nas etapas do FITradeoff do que nas atividades de cálculo e música.

Com os resultados obtidos com a análise de assimetria frontal alfa, tanto para F4 – F3, quanto para F8 – F7, pode-se sugerir que as atividades pertinentes as etapas do FITradeoff tiveram mais engajamento por parte dos participantes, do que as atividades de cálculo e música, isso pode ter ocorrido, por se tratar de atividades mais diferentes ao cotidiano e senso comum dos usuários, o que pode demandar mais concentração e atenção para desenvolvê-las. Com isto, para expandir os resultados, foi aplicado o Teste T e a função shift e assimetria para esta análise de assimetria frontal alfa que considera cortes nos dados.

4.5.1 Test T

O Test T é usado como recurso analítico para realizar comparação em blocos de dados, neste momento, os testes irão considerar o contexto da assimetria frontal alfa com corte nos dados para estruturar as comparações. Então, a Tabela 12 apresenta os resultados do Test T aplicado a relação de assimetria frontal alfa, onde foi definido para estas análises que os valores que ultrapassem o alfa de 10%, devem assumir valor 1, caso não, 0.

Tabela 12 - Resultados do Test T para a Assimetria Frontal Alpha – com cortes nos dados

Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	1	1
MÚSICA	1	1

Exploração	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	1	1
MÚSICA	1	1

Elicitação	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	1	1
MÚSICA	1	1

Música	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO FÁCIL	1	1
CÁLCULO DIFÍCIL	1	1

Cálculo Fácil	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
CÁLCULO DIFÍCIL	1	1

Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
EXPLORAÇÃO	1	1

Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
ELICITAÇÃO	1	1

Exploração	F4 - F3	F8 - F7
	Test T	Test T
ELICITAÇÃO	1	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Assim como pode ser observado com as demonstrações dos resultados expostos na Tabela 12, o Test T executado não conseguiu apresentar nenhum resultado relevante para esta pesquisa, no que se refere a análise da assimetria frontal alfa com cortes nos dados. Com isto, se faz importante e necessário utilizar a função shift e de assimetria que é uma análise mais sensível, para tentar encontrar informações que consigam agregar no estudo.

4.5.2 Função Shift e Assimetria

Devido ao interesse de se entender mais acerca das interações entre as atividades de cálculo e música com as etapas do FITradeoff no contexto de assimetria frontal alfa, novas análises utilizando a função shift e assimetria foram realizadas, considerando cortes nos dados. Dessa maneira, a Tabela 13 foi desenvolvida para expor os resultados encontrados com esta nova avaliação analítica.

Tabela 13 - Resultados da Função Shift e Assimetria para Assimetria Frontal Alpha – com cortes nos dados

Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO FÁCIL	-	-
CÁLCULO DIFÍCIL	-	-
MÚSICA		

Música	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO FÁCIL	-	-
CÁLCULO DIFÍCIL	-	-

Exploração	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO FÁCIL	-	-
CÁLCULO DIFÍCIL	-	-
MÚSICA	-	-

Cálculo Fácil	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO DIFÍCIL		
Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
EXPLORAÇÃO		
Ordenação	F4 - F3	F8 - F7
ELICITAÇÃO		
Exploração	F4 - F3	F8 - F7
ELICITAÇÃO		

Elicitação	F4 - F3	F8 - F7
CÁLCULO FÁCIL	-	-
CÁLCULO DIFÍCIL	-	-
MÚSICA	-	-

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Observando os resultados expostos, é possível perceber, que durante as avaliações dos gráficos da função shift e assimetria, foram encontradas informações interessantes que podem ajudar a complementar as análises que estão sendo desenvolvidas neste estudo. Dentre os novos achados, no que se refere à etapa de ordenação, foi notado que esta tem suas atividades mais semelhantes das atividades de música, no caso, música favorita, sugerindo que os participantes dos experimentos agiram sob um contexto de menor exigência cognitiva para desenvolverem a ordenação dos critérios no SAD do FITradeoff. Destaca-se ainda, que ao analisar as demais etapas, não foram encontradas sugestões relevantes entre as comparações.

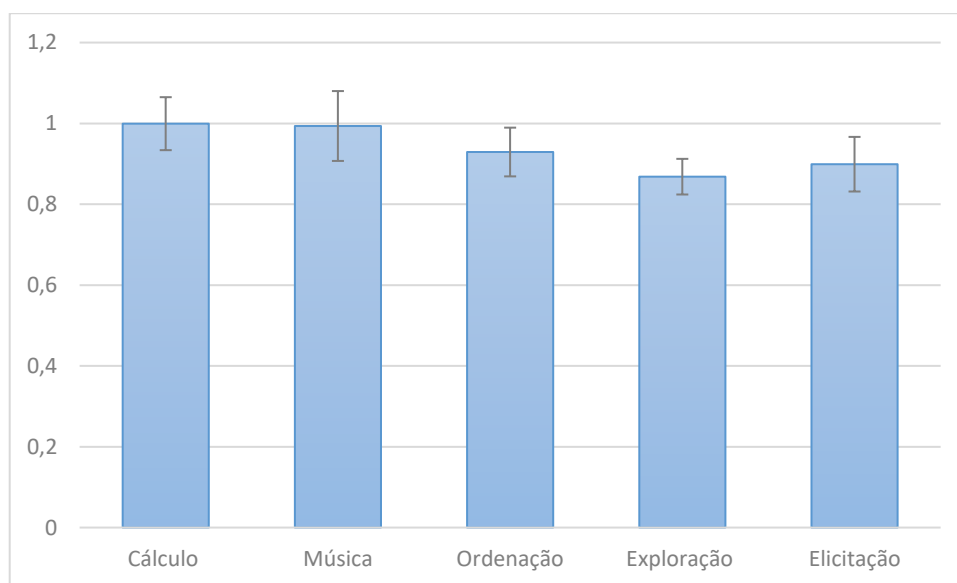
Algumas outras comparações foram realizadas e avaliadas segundo a função shift e assimetria. Com essas, encontrou-se que as atividades de música se distanciam tanto de cálculo fácil quanto do difícil, mas outrora, cálculo fácil apresenta grandes semelhanças em atividades cerebrais com cálculo difícil, mostrando assim que estes blocos pertencem ao mesmo contexto de demanda cognitiva considerado nesta pesquisa e sugere que música pertence a um outro contexto. Por fim, ao avaliar a relação das atividades das etapas do processo de elicitação com o FITradeoff umas com as outras, foi observado que estas apresentam grandes semelhanças entre si, fazendo com que se acredite que estas etapas pertencem a um mesmo contexto de exigência cognitiva, além disto, com estas informações é possível sugerir que os participantes

tentaram manter o mesmo nível de concentração e engajamento durante a realização das etapas, isto pode ter se dado, devido ao fato de que softwares podem despertar maiores atenções nas pessoas, graças a sua complexidade associada.

4.6 ÍNDICE DE ENGAJAMENTO POPE

O índice de engajamento Pope é aplicado neste trabalho. Diferente da assimetria frontal alfa, tal medida se relaciona com esforço cognitivo e engajamento simultaneamente, viabilizando que novos *insights* sejam alcançados. A equação 2, apresentada anteriormente neste estudo foi utilizada, possibilitando descobrir o índice de engajamento de cada um dos participantes, estes dados servem como fomento para comparações estatísticas mais eficientes. O Gráfico 3 mostra o engajamento dos participantes agregados nos blocos de dados que serão analisados estatisticamente.

Gráfico 3 - Índice de Engajamento Pope



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Aplicando o índice de engajamento Pope nos blocos de dados foi observado que os participantes tiveram um nível de engajamento cognitivo semelhante em ambos os experimentos realizados, apresentando valores maiores, no experimento 1, onde atividades de cálculos e músicas foram realizadas. Foi observado também, que a etapa de exploração obteve engajamento cognitivo menor comparado a todos os outros blocos de dados, mostrando assim

que essa etapa pode ter sido considerada um pouco mais complexa, o que pode acarretar desinteresse em executar a tarefa. Para que novas informações sejam levantadas em cima de dados com o índice de engajamento Pope aplicado, se torna imprescindível utilizar do Test T e da função shift e de assimetria para angariar estas informações.

4.6.1 Test T

Análises pareadas nos blocos de dados foram executadas por meio do Test T, neste momento, os testes não considerarão cortes nos dados. Então, a Tabela 14 apresenta os resultados do Test T aplicado aos blocos de dados com o índice de engajamento Pope associado, onde para estas análises, foi definido que os valores que ultrapassem o alfa de 10%, deveriam assumir valor 1, caso não, valor 0.

Tabela 14 -Resultados do Test T para Índice de Engajamento Pope

Ordenação	Potência Absoluta
	Test T
CÁLCULO	1
MÚSICA	1
Exploração	Potência Absoluta
	Test T
CÁLCULO	0
MÚSICA	1
Elicitação	Potência Absoluta
	Test T
CÁLCULO	1
MÚSICA	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com a execução do Test T nos blocos de dados com o índice de engajamento Pope aplicado, foi identificado que a etapa 2 se distancia, em termos de atividades cerebrais, das atividades envolvendo cálculo. Com isto, é possível sugerir que de acordo com este teste, os participantes estiveram um pouco menos engajados durante a execução da etapa de exploração do espaço de consequências. Para complementar esta análise, a função shift e de assimetria foi utilizada.

4.6.2 Função Shift e Assimetria

As análises utilizando a função shift e assimetria foram realizadas não considerando cortes nos dados. Dessa forma, a Tabela 15 expõe os resultados encontrados com esta nova avaliação analítica, que servem como complemento ao resultado do Test T realizado anteriormente.

Tabela 15 -Resultados da Função Shift e Assimetria para o Índice de Engajamento Pope

Potência Absoluta		
Função Shift e Assimetria	Cálculo	Música
Ordenação		
Exploração	-	-
Elicitação		

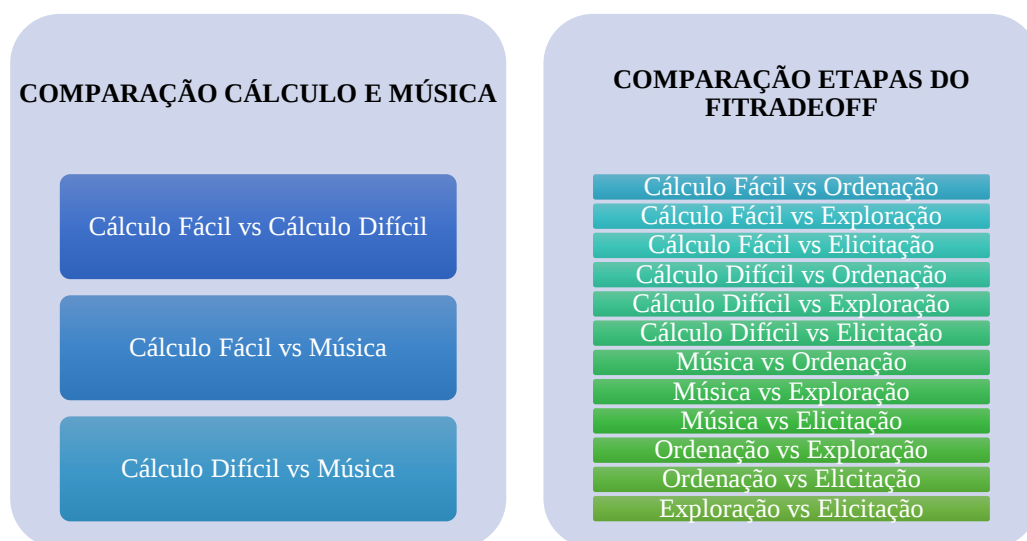
Fonte: Esta pesquisa (2022).

A partir da Tabela 15, é possível sugerir que a etapa referente à ordenação das constantes de escala tem suas atividades mais semelhantes com cálculo, contrapondo resultados anteriormente encontrado neste estudo. Na etapa de exploração, as análises não encontraram informações sugestivas entre as comparações dos dados. Já na etapa de elicitação flexível, os resultados das análises sugerem que esta tem suas atividades cerebrais mais próximas das atividades de cálculo, confirmando outros resultados que também chegaram a este *insight*.

4.7 ÍNDICE DE ENGAJAMENTO POPE – COM CORTES NOS DADOS

Para avaliar o engajamento dos participantes durante os experimentos realizados, o índice de engajamento Pope é aplicado aos blocos de dados, considerando os cortes realizados nestes. A Figura 30 mostra como se deu a estrutura de comparações de dados para o desenvolvimento dos resultados.

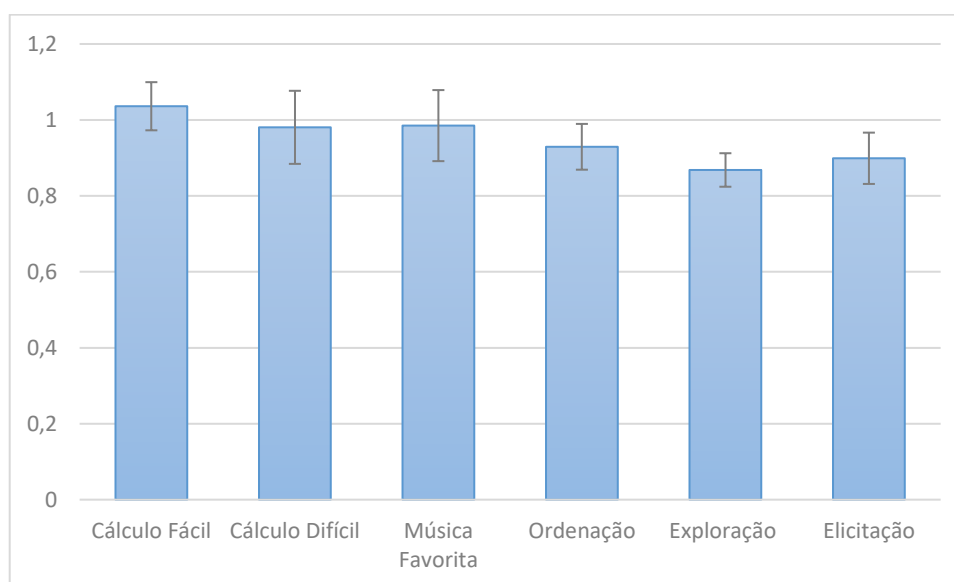
Figura 30 - Blocos comparativos para as análises do índice de Engajamento Pope – com cortes nos dados



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Após apresentado a forma como se deu as comparações nesta parte da análise, o Gráfico 4 vêm para demonstrar o índice de engajamento cognitivo dos participantes por meio dos blocos de dados de potência absoluta.

Gráfico 4 - Índice de Engajamento Pope – com cortes nos dados



Fonte: Esta pesquisa (2022).

Têm-se com o Gráfico 4, que os participantes obtiveram um nível de engajamento semelhante em ambos os experimentos. Foi observado que a etapa de exploração apresenta o menor engajamento por entre os blocos de dados, já o bloco de dados referente a cálculo fácil

apresentou o melhor desempenho em tempo de engajamento na tarefa. Com isto, para que novas informações fossem levantadas em cima de dados com o índice de engajamento Pope, o Test T e da função shift e de assimetria foram usadas.

4.7.1 Test T

A finalidade de se realizar este processo analítico por meio do Test T, é o de identificar o quanto cada uma das etapas do processo de elicitação de preferências com o FITradeoff se aproxima, em termos de atividades cerebrais, com as atividades de envolvimento cognitivo (cálculo) ou com atividades em que são esperadas respostas mais automáticas (música). Sendo assim, a Tabela 16 apresenta os resultados. Para esta análise, foi determinado que os valores com o resultado do Test t que ultrapassassem o alfa de 10% estabelecido deveriam assumir valor 1, em caso de serem menores, assumiriam 0.

Tabela 16 - Resultado Test T - comparação cálculo e música

Comparação	Test T
Cálculo Fácil vs Cálculo Difícil	1
Cálculo Fácil vs Música	1
Cálculo Difícil vs Música	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Como pode ser visto na tabela acima, não foram encontrados resultados sugestivos suficientes para análises com esta primeira parte de comparações. Isto se deu, porque as comparações deram 1, significando que ambos os blocos comparados se assemelham bastante entre si.

O Test T agora é aplicado para comparar os dados em relação as etapas do processo de elicitação do FITradeoff, com o intuito de entender com quais atividades cada etapa mais se assemelha em relação a engajamento cognitivo. Assim como na análise de Test T executada anteriormente, também foi determinado que os valores do Test t que ultrapassassem o alfa de 10% estabelecido deveriam assumir valor 1, ou 0, em caso de serem menores. A Tabela 17 traz os resultados do Test T para as comparações com as etapas do FITradeoff.

Tabela 17 - Resultado Test T - comparação etapas do FITradeoff

Comparação	Test T
Cálculo Fácil vs Ordenação	1
Cálculo Fácil x Exploração	0
Cálculo Fácil x Elicitação	1
Cálculo Difícil x Ordenação	1
Cálculo Difícil x Exploração	1
Cálculo Difícil x Elicitação	1
Música x Ordenação	1
Música x Exploração	1
Música x Elicitação	1
Ordenação x Exploração	1
Ordenação x Elicitação	1
Exploração x Elicitação	1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Assim como pode ser visto acima, temos que de acordo com o Test T realizado, a etapa de exploração do espaço de consequências se distancia mais das atividades de cálculo fácil, o que sugere que a etapa de exploração se assemelhe mais com cálculo difícil, já que com os resultados anteriores, foi encontrado que música se aproxima mais de cálculo fácil. No mais, não foram encontrados mais resultados relevantes com esta aplicação, se fazendo necessário aplicar a função shift e de assimetria para realizar análises mais sensíveis.

4.7.2 Função Shift e Assimetria

A aplicação das funções shift e assimetria, foi realizada com o objetivo de obter diferenças que não puderam ser identificadas com os resultados do Test t. Como estas funções apresentam uma análise mais sensível, elas foram usadas para a geração de novas discussões, uma vez que com apenas o Test T, não é possível analisar nada mais que a semelhança entre os conjuntos de dados. A Tabela 18 apresenta um resultado encontrado nas comparações entre cálculo e música, onde foi utilizado a função shift e assimetria para desempate analítico.

Tabela 18 - Resultado Função Shift e Assimetria - comparação cálculo e música

Potência Absoluta			
	Cálculo Fácil	Cálculo Difícil	Música
Cálculo Fácil	-		
Cálculo Difícil		-	
Música	Mais Próximo	Menos Próximo	-

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Ao se aplicar a função shift e de assimetria, e submeter os gráficos gerados a uma análise com alto rigor, é possível sugerir que as atividades de música se aproximam mais de cálculo fácil, do que de cálculo difícil. Este era um resultado esperado, já que a atividade de música normalmente faz com que os participantes ativem o sistema 1 do cérebro, este que representa um estado de respostas mais automáticas, enquanto que as atividades de cálculo ativam o sistema 2, este que é responsável por realizar atividades com maior carga cognitiva e que necessitam de atenção e engajamento no processo. Dessa forma, era esperado que música se aproximasse mais de cálculo fácil do que do difícil, já que é esperado que no cálculo fácil, seja demandando menos esforço e/ou envolvimento cognitivo, assim como ocorre para se ouvir uma música.

A comparação das etapas do processo de elicitação do com os demais blocos de dados é sem dúvidas o grande momento desta pesquisa, pois diz respeito diretamente aos objetivos de realizar um estudo comparativo entre: cálculo, músicas e atividades do FITradeoff. Para tanto, os dados da potência absoluta, que passarem pela aplicação do índice de engajamento Pope, foram utilizados.

Devido ao grande número de empates encontrados novamente com a aplicação do Test T, a função shift e assimetria é aplicada de novo para verificar empates que possam trazer possíveis informações relevantes para o estudo comparativo. Com isto, a Tabela 19 é responsável por apresentar o que foi encontrado de resultado relevante após novas análises mais sensíveis.

Tabela 19 - Resultado Função Shift e Assimetria - comparação etapas do FITradeoff

	Potência Absoluta		
	CF	CD	M
P1	-	-	-
P2	-	-	-
P3	Pouco próximo	Mais Próximo	Menos próximo

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Como pode ser observado acima, de acordo com os resultados da função shift e assimetria para a comparação das etapas do processo de elicitação com o FITradeoff, foi possível levantar que a etapa de elicitação flexível tem suas atividades de engajamento cognitivo consideradas como sendo mais próximas das atividades de cálculo difícil, pouco próxima de cálculo fácil e menos próxima de música. Esta informação sugere, que ao realizar a etapa de elicitação no

software do FITradeoff, o nível de esforço para se manter cognitivamente engajado na tarefa, é semelhante ao usado durante a atividade do cálculo mais difícil, onde se espera que o sistema 2 do cérebro seja utilizado para finalidade de concentração.

4.8 RESUMO DOS RESULTADOS

Esta pesquisa conseguiu desenvolver um alto volume de análises, o que acarretou em diversos resultados que já foram expostos, porém, este volume pode dificultar a tarefa de entender os resultados obtidos, então com o intuito de sintetizar todos estes em um só lugar, a Tabela 20 apresenta o resumo destes resultados obtidos com as análises desta pesquisa.

Tabela 20 - Resumo dos resultados encontrados

RESUMO	Sem cortes nos dados		Com cortes nos dados	
	Test T	Função Shift e Assimetria	Test T	Função Shift e Assimetria
Banda Theta	- A etapa de ordenação se aproximou mais das atividades de música; - A etapa de exploração se aproximou mais das atividades de cálculo; - A etapa de elicitação se aproximou mais das atividades de cálculo.	- A etapa de ordenação se aproximou mais das atividades de música; - A etapa de exploração se aproximou mais das atividades de cálculo; - A etapa de elicitação se aproximou mais das atividades de cálculo.	Não foi possível identificar resultados relevantes.	- A etapa de ordenação se aproximou um pouco mais das atividades de cálculo difícil; - A etapa de elicitação se aproximou mais das atividades de cálculo fácil e música.
Assimetria Frontal Alfa	Não foi possível identificar resultados relevantes.	- A etapa de ordenação se aproximou mais das atividades de música, de acordo com as relações: F4-F3 e F8-F7; - A etapa de elicitação se aproximou mais das atividades de cálculo, de acordo com a relação: F4-F3.	Não foi possível identificar resultados relevantes.	- A etapa de ordenação se aproximou mais das atividades de música, de acordo com as relações: F4-F3 e F8-F7;
Índice de Engajamento Pope	- A etapa de exploração se aproximou mais das atividades de música;	- A etapa de ordenação se aproximou mais das atividades de cálculo; - A etapa de elicitação se aproximou mais das atividades de cálculo.	- A etapa de exploração tem suas atividades consideradas mais distantes de cálculo fácil;	- A etapa de elicitação se aproximou mais das atividades de cálculo difícil.

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com os resultados devidamente organizados, se faz possível realizar sugestões acerca das avaliações analíticas e testes estatísticos executados. Com isto, para avaliação da banda theta, conclui-se que a etapa de ordenação se assemelha mais com atividades de música, correspondendo a um contexto de menor exigência cognitiva para realização de atividades. No que diz respeito as etapas de exploração e elicitação, é sugerido que estas atividades se aproximam mais de cálculo, ou seja, se aproximam mais de um contexto de maiores exigências cognitivas para se realizar tarefas.

As análises da assimetria frontal alfa sugerem que a etapa de ordenação se assemelha mais com as atividades de música, enquanto a etapa de exploração não apresentou resultados relevantes. Já na etapa de elicitação flexível do FITradeff, conclui-se com estas análises, que a mesma tem suas atividades mais próximas de cálculo.

Por fim, avaliando os resultados do índice de engajamento Pope, conclui-se que a etapa de exploração se aproximou mais das atividades de música, enquanto a etapa de elicitação se mostrou mais semelhante a atividade de cálculo, sugerindo ainda, uma maior relação com cálculo difícil. Na etapa de ordenação não foram encontrados resultados relevantes, apenas uma sugestão de semelhança com as atividades de cálculo, isto pode ter se dado, devido aos engajamentos nos blocos de dados terem sido parecidos nas análises Pope. Portanto, com o exposto, é admissível criar *insights* e recomendações acerca do processo de decisão analisado.

4.9 INSIGHTS E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados conquistados com esta pesquisa, *insights* foram levantados para auxiliar nas definições de recomendações de melhorias, que possam agregar valor ao processo de decisão, ao SAD associado ao FITradeoff, bem como contribuir com avanços em pesquisas. Novos conhecimentos acerca dos processos de decisão foram obtidos, possibilitando que melhorias sejam sugeridas ao processo de elicitação de preferências com o FITradeoff. Dessa forma, a Tabela 21 é montada para exemplificar o caminho encontrado até se chegar nos *insights*.

Tabela 21 - Definição de insights

Perspectiva de avaliação	Análise estatística	Estado cerebral associado	Insights
Banda de frequência Theta	Test T	Estados relacionados ao sono, memórias curtas e falta de atenção.	- O analista deve intervir explicando como funciona e apresentando a importância da etapa de ordenação das constantes de escala. - O layout de execução da etapa de ordenação sugere-se que seja alterado em design e cores, para aumentar a atenção em sua execução.
	Função Shift e Assimetria		
Assimetria Frontal Alfa	Test T	Concentração na tarefa, engajamento, distração, emoções, engajamento e ansiedade.	- O analista deve intervir explicando como funciona e apresentando a importância da etapa de ordenação das constantes de escala.
	Função Shift e Assimetria		
Índice de engajamento Pope	Test T	Engajamento na atividade	- O analista deve intervir explicando como funciona e apresentando a importância da etapa de exploração do espaço de consequências; - O processo de elicitação referente a etapa 3 do SAD do FITradeoff deve receber uma atenção maior por parte do analista em casos eventuais que muitas perguntas sejam necessárias para se obter uma sugestão de alternativa potencialmente ótima, uma tela de alerta e/ou de informações, como um resumo do processo, poderia ser implementada no software a cada dez perguntas. Esse processo deverá evitar que o esforço empregado se transforme em estresse e/ou cansaço.
	Função Shift e Assimetria		

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Os resultados obtidos ao analisar a banda de frequência theta e a assimetria frontal alfa, indicam a necessidade do analista intervir no processo de decisão que utiliza o SAD do FITradeoff, o mesmo deverá explicar devidamente como se dará a etapa de ordenação do FITradeoff, esta indicação surgiu, devido ao fato, de vários resultados nessa etapa sugerirem que suas atividades cerebrais estão mais associadas a música, ou seja, a um contexto de menor esforço para se executar tarefas, onde respostas mais automáticas advindas do Sistema 1 do cérebro são utilizadas nas decisões. A etapa de ordenação das constantes de escala é muito importante para o processamento do modelo de decisão, onde se necessita que o Decisor

execute esta ordenação de forma eficiente, alocando os critérios na ordem que de fato represente as preferências para o modelo. Além disto, sugere-se também que alterações sejam realizadas no layout, onde cores, fontes e até mesmo a disposição das informações da tela, podem ser alteradas, a fim de melhorar o engajamento dos decisores na execução da ordenação.

No que se refere ao índice de engajamento Pope, dois *insights* relevantes foram levantados, o primeiro diz respeito a necessidade de intervenção por parte do analista para auxiliar de forma antecipada no entendimento da execução da etapa de exploração do espaço de consequências. Nesta etapa, o Decisor deve avaliar consequências apresentadas acerca dos critérios do modelo, podendo ser uma tarefa um pouco mais complicada já que compara três critérios por vez a cada pergunta, especialmente para pessoas que não estejam acostumadas com tal contexto, ou que não tenham conhecimentos sobre processos decisórios. Então com isto, se mostra interessante criar uma descrição da etapa para que o analista demonstre ao Decisor a importância de se estar engajado nesta tarefa.

Já o segundo *insight* desta avaliação, sugere que o processo de elicitação flexível no SAD do FITradeoff cria uma experiência em que os decisores se mantêm concentrados e dispendendo esforço cognitivo, o que é desejável a fim de que informações consistentes sejam fornecidas ao sistema. Mais especificamente, na etapa de elicitação flexível, o Decisor precisa escolher por entre consequências, onde a que apresentar melhor performance deve ser a escolhida, podendo optar ainda por se mostrar indiferente ou não querer responder. Esta etapa repete o processo de avaliar as consequências algumas vezes e, a depender do problema, o número de perguntas necessárias para chegar em uma alternativa ótima pode variar. Para o desenvolvimento desta etapa, é muito importante que o Decisor esteja com seu sistema 2 ligado, auxiliando no processo, o que até certo ponto é bom, pois é esperado que ao se realizar tarefas relacionadas a um modelo de decisão se esteja concentrado e engajado na tarefa. Porém, esta situação expõe os decisores a um contexto de maiores exigências cognitivas, o que pode ocasionar cansaço, fadiga, ansiedade, stress, falta de paciência, dentre outros aspectos negativos, isto para casos especiais em que o processo se estenda.

Então com o exposto, se mostra importante sugerir que, para casos em que o modelo precise rodar um maior número de perguntas nessa etapa, seja inserida uma tela de apoio, que pode conter um resumo do processo que está sendo executado ou um alerta que o mantenha engajado e utilizando o sistema 2. Com isto, objetiva-se que esse processo não converta o esforço empregado em estresse e/ou cansaço.

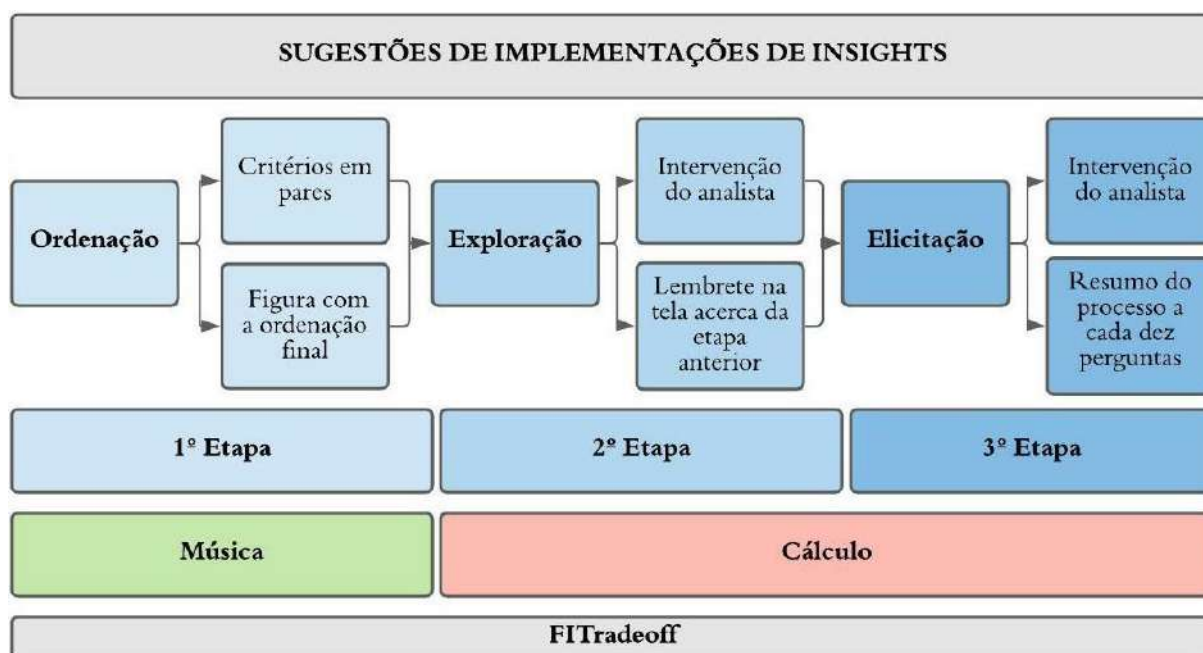
4.10 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo buscou cumprir os objetivos definidos para esta dissertação, portanto, foram elaboradas as estruturas das análises, para realização das comparações analíticas sob perspectivas diferentes, considerando três testes estatísticos para complementar as análises de resultados. Com isto, foi possível identificar insights relevantes com as análises dos resultados, contribuindo com a criação de sugestões de melhorias para o método FITradeff. Com isto, sendo possível sugerir uma aplicação das recomendações.

5 APLICAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

A partir do levantamento de insights e das recomendações, se torna possível propor uma aplicação destas, em um problema envolvendo o FITradeoff, para exemplificar como de fato as sugestões de melhorias podem ser incorporadas ao processo de decisão. Para tanto, gravações de alguns participantes foram consideradas e avaliadas, no que se refere a amostra do experimento 2 (atividades associadas ao FITradeoff). Para esta aplicação, todas as respostas e informações do usuário selecionado e referentes ao problema de decisão foram mantidas, onde serão apresentadas as sugestões nos devidos momentos de aplicação. Mais detalhes, contudo, são apresentados a seguir por meio da Figura 31.

Figura 31 - Aplicação das recomendações de melhorias



Fonte: Esta pesquisa (2022).

A figura acima, apresenta o esquema de como as sugestões de melhorias devem ser inseridas no processo de decisão, onde se faz importante ressaltar, que algumas destas sugestões dizem respeito a postura e a interação do analista com o Decisor, durante o processo de decisão, enquanto que outras sugestões implicam diretamente em mudanças no SAD associado ao método FITradeoff e, por isto, não podem ser exemplificadas aqui.

O problema escolhido para exemplificar a aplicação dos resultados desse trabalho, se refere a uma problemática de escolha de funcionário. Onde este problema é constituído por dez

alternativas de decisão, a saber: a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9 e a10. Já no que diz respeito aos critérios, seis foram levantados, estes que são: Formação, Tempo de experiência (anos), Quantidade de projetos entregues, Quantidade de obras acompanhadas, Expectativa Salarial e Qualificação em inglês. A Tabela 22 mostra a matriz de consequências do problema.

Tabela 22 - Matriz de consequências do problema de aplicação

<i>Alternative \ Criteria</i>	Formação	Tempo de experiência (anos)	Quantidade de projetos entregues	Quantidade de obras acompanhadas	Expectativa Salarial	Qualificação em inglês
a1	2	6	8	15	10000	5
a2	3	8	5	10	12000	3
a3	5	7	7	7	15000	3
a4	2	30	60	25	20000	3
a5	2	10	10	10	13000	2
a6	5	15	20	20	18000	3
a7	2	20	35	50	20000	5
a8	3	8	15	20	11000	2
a9	2	25	40	10	19000	2
a10	3	20	20	38	19000	5

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Assim como já mencionado, o problema apresentado pela Tabela 22 faz parte da amostra do experimento 2, este que teve sua amostra composta por decisores que tinham um bom conhecimento acerca dos métodos multicritério. Além disso, é importante destacar, que o problema que está sendo tratado aqui, foi desenvolvido pelo próprio decisor. Sendo assim, não houve a exigência de que mais informações fossem fornecidas ao decisor pelo analista ou pelo SAD, ao se executar o experimento.

No que se refere aos aspectos que compõem o modelo de decisão que está sendo avaliado, têm-se que o mesmo contém um número relativamente alto de alternativas de decisão, pois dez alternativas foram selecionadas para compor este modelo. Já com relação aos critérios escolhidos, os mesmos variam entre critérios naturais e construídos. Em relação a quantidade de critérios, têm-se que seis foram selecionados, o que representa uma quantidade aceitável, levemente acima do recomendado. Com isto, cabe ao analista em situações em que o problema ultrapasse ainda mais, em termos de quantidade, o número de critérios e alternativas, verificar junto ao Decisor, se é possível fazer uma redução destes, a fim de facilitar o processo decisório, para que isto ocorra de forma mais eficiente, podendo ainda, causar diminuição de inconsistências no modelo.

Após apresentação do problema de decisão selecionado, que servirá de base para exemplificar a aplicação dos insights e sugestões de melhorias conquistados com este estudo, é possível iniciar a explicação de como se deu a execução deste modelo no SAD do FITradeoff. Logo após inserida a matriz de consequências, que pode ser observada na Tabela 22, iniciou-se a primeira etapa, que se refere a ordenação das constantes de escala. A Tabela 23, demonstra o resultado final da ordenação realizada pelo o Decisor.

Tabela 23 - Ordem das constantes de escala dos critérios do problema

Ordem	Critério
1	Tempo de experiência (anos)
2	Quantidade de projetos entregues
3	Quantidade de obras acompanhadas
4	Formação
5	Expectativa Salarial
6	Qualificação em inglês

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Já neste momento o analista de decisão poderia fornecer suporte de forma antecipada ao Decisor, mostrando a este a importância da etapa de ordenação, para que o mesmo não ordene de qualquer forma, mas sim, de forma que represente o espaço de consequências dos critérios do problema de decisão. Além disto, duas recomendações de melhorias são sugeridas, a primeira durante a execução do experimento, que se refere ao estudo da viabilidade de introduzir o formato de ordenação em que os critérios aparecem em pares para o Decisor ordenar. Já a segunda recomendação, sugere que ao finalizar a etapa de ordenação, uma figura com a ordenação final deve ser apresentada na tela do software ao Decisor, esta figura tem o intuito de fortalecer a memória da ordenação recém definida. Lembrar a ordenação é importante, pois caso ela não seja obedecida nas próximas etapas, inconsistências podem surgir no modelo de decisão.

Analisando agora o procedimento da segunda etapa, que se refere a exploração do espaço de consequências, têm-se que foram feitas apenas quatro perguntas. Os pares de consequências que foram apresentados durante a interação do Decisor com o SAD do FITradeoff, bem como as respostas fornecidas pelo o mesmo, podem ser observados na Tabela 24.

Tabela 24 - Consequências e respostas fornecidas na etapa 2 (exploração)

	Consequência 1	Consequência 2	Escolha
Par 1	Formação: 2; Tempo de experiência (anos): 30 ; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Formação: 2; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Expectativa salarial: 20000; Qualificação em inglês: 5.	Consequência 1
Par 2	Formação: 2; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 60 ; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Formação: 5 ; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 50 ; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Consequência 1
Par 3	Formação: 2; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 50 ; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Formação: 5 ; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Expectativa salarial: 20000 ; Qualificação em inglês: 2.	Consequência 1
Par 4	Formação: 5 ; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Formação: 2; Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Expectativa salarial: 20000; Qualificação em inglês: 5.	Consequência 1

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Após realização da etapa de exploração, o Decisor entrou no contexto da avaliação holística incorporada no SAD do FITradeoff e discutida em Roselli, Almeida & Frej (2019). Porém, esta etapa não faz parte do foco desta pesquisa. Com isto, ao finalizar a exploração, duas recomendações são feitas, uma diz respeito ao analista, onde o mesmo deve ser instigado a intervir em casos que o Decisor solicite e/ou que se perceba que o mesmo está realizando a exploração sem considerar o espaço de consequências linear, construído pós ordenação. É importante que o analista colabore com esclarecimentos durante a execução da exploração, pedindo que o Decisor se lembre da ordenação que realizou a priori. A segunda recomendação, diz respeito a mudanças no layout do SAD, pois é sugerido que um lembrete acerca da etapa

anterior apareça, no meio da etapa de exploração, para que o Decisor lembre mais uma vez da etapa anterior e assim entenda a relevância de levar essa etapa consigo durante o decorrer do processo decisório.

A terceira e última etapa considerada nesta pesquisa, se refere a elicitación flexível com o FITradeoff. Nessa etapa, devido as chances de um alto número de perguntas serem realizadas ao Decisor, o mesmo precisa ser informado e estimulado a manter o engajamento e concentração durante a execução da atividade. Antes mesmo de iniciar a execução da etapa de elicitación, já é possível observar que o número de alternativas potencialmente ótimas foi reduzido para apenas duas, por entre as dez iniciais do modelo de decisão. A Tabela 25, se responsabiliza por apresentar a sequência de questionamentos, bem como as escolhas realizadas durante a execução da etapa de elicitación flexível no SAD do FITradeoff.

Tabela 25 - Consequências e respostas fornecidas na etapa 3 (elicitación)

	<i>Consequência A</i>	<i>Consequência B</i>	<i>Escolha</i>
<i>Questão 1</i>	Tempo de experiência (anos): 18; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 5.	<i>Consequência A</i>
<i>Questão 2</i>	Tempo de experiência (anos): 18; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 60; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	<i>Consequência B</i>
<i>Questão 3</i>	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 32,5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 50; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	<i>Consequência B</i>
<i>Questão 4</i>	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 28,5; Formação: 2; Expectativa salarial: 10000;	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 5; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	<i>Consequência A</i>

	Qualificação em inglês: 2.		
Questão 5	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 3,5 ; Expectativa salarial: 10000; Qualificação em inglês: 2.	Tempo de experiência (anos): 6; Quantidade de projetos entregues: 5; Quantidade de obras acompanhadas: 7; Formação: 2 ; Expectativa salarial: 20000 ; Qualificação em inglês: 2.	Consequência A

Fonte: Esta pesquisa (2022).

Com a sequência de perguntas da etapa de elicitação exemplificada na tabela acima, foi finalizada a terceira etapa, onde neste momento, o Decisor se deparou com uma tela que o apresentou uma inconsistência encontrada, vale ressaltar, que este trabalho não se preocupa em analisar e nem considera a etapa de inconsistências em suas pesquisas e análises, porém vale salientar que algumas inconsistências surgiram em alguns usuários durante a execução do experimento 2, com atividades do FITradeoff, assim como para este exemplo que aqui está sendo tratado.

A inconsistência apresentada se refere ao terceiro questionamento realizado na etapa de exploração do espaço de consequências, que pode ser visualizado na linha “Par 3” da Tabela 24 deste estudo. Neste momento, o Decisor optou por escolher a “Consequência 1” em detrimento da “Consequência 2”, fazendo com que a racionalidade definida na etapa de ordenação deste modelo não fosse obedecida, gerando assim a inconsistência. Mesmo a inconsistência só sendo apresentada ao Decisor após finalizada a etapa de elicitação, está se refere ainda a etapa de exploração, o que implica que as recomendações para etapa 2 devem ser aplicadas, assim como especificado neste capítulo, para que se evite inconsistências como está.

Agora, finalmente, ao terminar a terceira etapa, que é a elicitação flexível com FITradeoff, duas recomendações podem ser feitas, a primeira se refere ao analista, pois indica-se que o mesmo auxilie o Decisor a se manter engajado e concentrado nesta etapa, mesmo em casos em que o modelo de decisão apresente maior complexidade e, com isto, mais perguntas sejam feitas na elicitação, a manutenção do estado de concentração ao usar o sistema 2 do cérebro deve ser preservado e sua manutenção proporcionada por meio do analista auxiliando o Decisor.

A segunda recomendação para a etapa de elicitação, diz respeito a sugestão de modificação no layout do SAD, pois, sugere-se que um resumo do processo seja apresentado ao Decisor a partir de um número pré-definido de questionamentos, sendo a sugestão, de que o resumo apareça a cada dez perguntas realizadas, pois é interessante que além de se manter

engajado durante a elicitación, o Decisor também entenda o que está ocorrendo com o desenvolvimento da etapa. Muitas perguntas podem gerar cansaço e fadiga aos decisores, prejudicando o desempenho da atividade ao se resolver problemas de decisão multicritério. Além disto, o SAD pode emitir alertas nesses momentos indicando surgimento de momentos críticos, fazendo com que o Decisor entenda que precisa se concentrar um pouco mais para conseguir concluir o processo decisório no sistema de informação. O resumo pode vir a ser apresentado por meio de tabela.

É importante destacar, que para o usuário analisado aqui, na etapa de elicitación, apenas cinco perguntas foram realizadas, onde mesmo assim as recomendações ainda devem ser aplicadas neste caso, intensificando, principalmente a parte do analista, em casos que o número de perguntas se estenda.

Com o exposto, é possível observar de forma prática como as intervenções mencionadas acima, representam formas de se aprimorar a experiência do Decisor durante o processo de elicitación de preferências, ajudando-o a manter-se engajado e concentrado durante execução de atividades relacionadas a problemas de decisão.

Portanto, com a aplicação feita aqui, considerando um problema do experimento 2, se tornou possível visualizar como este trabalho se propõe a gerar contribuições relevantes. Esta aplicação deixa mais claro também, alguns aspectos observados durante a construção das análises de dados e sua importância para o processo de elicitación, como por exemplo, o impacto da etapa de ordenação na execução das demais etapas, bem como na geração de inconsistências no modelo de decisão.

Por conseguinte, os insights e recomendações provenientes dos resultados adquiridos com a realização deste trabalho foram demonstrados, sendo explicado como e, em que momentos as intervenções e abordagens do analista de decisão devem ser conduzidas durante um processo decisório. Além disso, foram comentadas as mudanças sugeridas para o SAD do FITradeoff, indicando como figura, tabelas, alertas, ferramentas e informações adicionais podem ser incluídas de modo a melhorar a experiência do Decisor em sua interação com o sistema de informação.

De forma geral, este trabalho consegue contribuir de maneira prática ao apresentar uma aplicação das recomendações de melhorias, e também contribui com avanços teóricos dentro das áreas de decisão multicritério, sistemas de informação e neurociência.

5.1 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Com a aplicação das recomendações, se tornou possível visualizar de forma prática o como as sugestões levantadas neste trabalho se encaixam em uma situação real. Além de tudo isto, de maneira geral, este capítulo ajudou com avanços teóricos dentro das áreas de decisão multicritério, sistemas de informação e neurociência como apoio a decisão, mostrando de forma prática, como os insights descobertos com as ferramentas de neurociência podem vir a ser aplicados no processo de decisão.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente capítulo, encerra este trabalho apresentando as conclusões gerais adquiridas com o desenvolvimento desta pesquisa. Inicialmente, será abordada a relação dos objetivos com os principais resultados obtidos. Em seguida, será feita a discussão das contribuições deste trabalho, mostrando ainda, as limitações encontradas para a execução dele. Além disto, são definidas sugestões para trabalhos futuros a fim de cobrir novas questões não englobadas aqui. Para tanto, este capítulo é dividido em: conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

Os métodos multicritério e seus sistemas de apoio associados, prestam suporte a decisores em contextos de tomada de decisão, fornecendo uma abordagem estruturada para resolução de problemas complexos. Devido ao fato de muitas vezes os problemas serem comuns em ambientes organizacionais, não se tem muito tempo disponível para se resolver tais problemas, sendo o tempo um recurso que deve ser usado de forma adequada. Com isto, torna-se necessário utilizar sistemas e métodos que facilitem o processo decisório, na busca de aumentar a eficiência nas tomadas de decisões.

Mesmo com a utilização de métodos multicritério para auxiliar as decisões, preocupações ainda existem acerca do processo de utilização destes. Onde espera-se que, em tais processos, os decisores estejam engajados e concentrados para que consigam fornecer respostas consistentes e que correspondam com as reais preferências para o problema. Muitos avanços científicos foram alcançados ao longo do tempo acerca dos métodos multicritério e seus processos, estes estudos possibilitaram que melhorias no processo de elicitação fossem realizadas, novos métodos multicritério e SADs foram desenvolvidos nos últimos anos, muitos destes, apresentam menos esforço e tempo para serem executados, onde com isto, se reduz os riscos de ocorrência de inconsistências.

Além dos avanços já apresentados, as ferramentas da neurociência, se mostram ser um importante recurso de apoio que oferece uma nova oportunidade de aprimoramento para os métodos multicritério, permitindo ainda, que haja um melhor entendimento de como processos decisórios ocorrem e se relacionam com os aspectos cognitivos do Decisor. Em razão disto, esta pesquisa buscou avaliar de forma comparativa as relações entre as atividades de execução do método FITradeoff, com as atividades de cálculo e música.

Diversas análises foram realizadas nos blocos de dados, e resultados interessantes para esta pesquisa foram conquistados. As avaliações envolvendo a banda de frequência Theta, a assimetria frontal alfa e o índice de engajamento Pope, compararam os blocos de dados estatisticamente por meio de Test T, função shift e assimetria. Com isso, foram encontradas informações que sugerem uma maior relação da etapa 1 do FITradeoff (ordenação) com as atividades de música, se fazendo importante recomendar que esta etapa seja explicada antes de ser iniciada, bem como, que melhorias sejam realizadas no SAD, modificando detalhes no layout, como cores, fontes e disposição das informações na tela, na busca de melhorar o desempenho dos decisores em termos de concentração e engajamento.

Já nas avaliações envolvendo a exploração do espaço de consequências, foram encontradas poucas informações relevantes, porém, destaca-se a necessidade de aprimorar o entendimento desta etapa, para que o Decisor se mantenha engajado ao executá-la. No que se refere a etapa de elicitación flexível do FITradeoff, foi evidenciado com os resultados, que esta é a etapa que mais tem suas atividades cerebrais associadas as atividades de cálculo, fazendo-se necessário indicar que melhorias sejam realizadas, como a implementação de alertas para casos em que muitas questões sejam exigidas. Estes alertas devem conter informações do processo que ajudem os decisores a se manterem mais atentos durante toda a execução da atividade.

A partir dos resultados conquistados, foi possível realizar a análise e construção de uma simulação de aplicação prática, em cima da gravação de um participante do experimento 2, onde eram realizadas atividades relacionadas ao SAD do FITradeoff. Todo o processo seguido pelo o participante foi analisado e descrito, sendo indicado em quais momentos as recomendações deveriam ser aplicadas. Com isto, foi possível ofertar uma visualização prática de como os *insights* aqui sugeridos, podem vir a se encaixar e serem incorporados as etapas do método FITradeoff, colaborando com a resolução de problemas de decisão multicritério.

Por fim, conclui-se, que esta pesquisa conseguiu atingir seus objetivos contribuindo de forma significativa com o cenário científico acerca de métodos multicritérios e seus sistemas de apoio associados, bem como, como os estudos que utilizam a neurociência e suas ferramentas como auxílio no aprimoramento dos processos decisórios e seus métodos. Esta pesquisa, consegue ainda, contribuir com sugestões de melhorias para as etapas do FITradeoff aqui analisadas. Portanto, está dissertação de mestrado cumpre seu papel científico mostrando na prática como a neurociência consegue contribuir com as pesquisas envolvendo contextos de decisão e métodos multicritério.

6.2 LIMITAÇÕES

Mesmo com achados relevantes, este trabalho contou com limitações que devem ser mencionadas, onde a primeira limitação observada diz respeito ao tamanho e tipo da amostra utilizada no estudo. Alunos de graduação, mestrado e doutorado, formaram a mostra. Com isto, indica-se que novos experimentos sejam realizados com uma amostra maior e que o perfil dos participantes leve em conta, profissionais de nível estratégico organizacional, para que com isso, seja possível verificar os resultados por um ponto de vista diferente.

Outra limitação encontrada, foi a grande demanda de esforço laboral e analítico para se limpar os dados e processar os resultados, acarretando em uma grande alocação de tempo para o desenvolvimento destas atividades. Sendo assim, se torna evidente a necessidade da criação de mecanismos que facilitem estes processamentos, para que os mesmos ocorram de forma mais rápida, mas que ainda consiga garantir eficiência no processo.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o exposto, sugere-se para os estudos futuros, que o gênero dos participantes seja considerado nas análises, bem como também o tempo de execução dos experimentos e sua influência sobre o comportamento dos decisores no que se refere a estresse e cansaço. Adicionar nos estudos futuros análises envolvendo os dados do *Eye Tracking*, possibilitará que novos *insights* sejam conquistados, pois deverão ser considerados dados referentes a pupila, fixação, áreas de interesse e outros aspectos desta ferramenta.

Com o índice de engajamento Pope, é possível elaborar limites máximos e mínimos para o engajamento dos participantes, com isto, *outliers* podem ser identificados, sendo assim, é sugerido que em trabalhos futuros, as análises envolvendo o índice Pope, averiguem a existência de *outliers*, os retirando-os das análises.

A construção desta pesquisa contribui com seus achados, conquistas e observações, assim como possibilita um olhar expansivo para o desenvolvimento de outros estudos, mostrando a relevância da contribuição da neurociência para os estudos em decisão multicritério, podendo auxiliar na melhoria de SAD's associados a métodos de decisão.

REFERÊNCIAS

ARIELY, D., & BERNIS, GS (2010). Neuromarketing: A esperança e o entusiasmo da neuroimagem nos negócios. **Nature Reviews Neuroscience**, 11, 284-292. doi: 10.1038 / nrn2795.

BALDWIN, Carryl L.; PENARANDA, B.N.. Adaptive training using an artificial neural network and EEG metrics for within- and cross-task workload classification. **Neuroimage**, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 48-56, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.07.047>.

BARRETT, L. F. **How Emotions Are Made: The Secret Life of the Brain**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2017.

BAŞAR, E. et al. Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. **International Journal of Psychophysiology**, v. 39, n. 2, p. 241–248, 2001.

BAULT, N.; WYDOODT, P., CORICELLI, G. Different Attentional Patterns for Regret and Disappointment: An Eye-tracking Study. **Journal of Behavioral Decision Making**, 29: 194-205, 2016.

BEHE, B. K.; FERNANDEZ, R. T.; HUDDLESTON, P. T.; Minahan, S.; Getter, K.; Sage, L.; Jones, A. M. Practical Field Use of Eye-tracking Devices for Consumer Research in the Retail Environment. **Technology and Product Reports**, v. 23, n. 4, 2013.

BECHARA, Antoine; DAMASIO, Antonio R.. The somatic marker hypothesis: a neural theory of economic decision. **Games And Economic Behavior**, [S.L.], v. 52, n. 2, p. 336-372, ago. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geb.2004.06.010>.

BELL, L.; VOGT, J.; WILLEMSE, C.; ROUTLEDGE, T.; BUTLER, L. T.; SAKAKI, M. Beyond Self Report: A Review of Physiological and Neuroscientific Methods to Investigate Consumer Behavior. **Frontiers in Psychology**, v. 9, 2018.

BELTON, V. STEWART, T. (2002). **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer, Berlin.

BERKA et al., 2007C. Berka , DJ Levendowski , MN Lumicao , A. Yau , G. Davis , VT Zivkovic , RE Olmstead , PD Tremoulet , PL Craven. **EEG correlaciona o envolvimento com a tarefa e a carga de trabalho mental em tarefas de vigilância, aprendizagem e memória** 78 (5) (2007), p. 14.

CAMARA E SILVA, L. DAHER, SDFD. SANTIAGO, KTM. COSTA, APCS. (2019) Selection of an integrated security area for locating a state military police station based on MCDM/A method. In: 2019 **IEEE international conference on systems, man and cybernetics (SMC)**. IEEE, pp 1530–1534.

CREX. **Estudo dos movimentos oculares: tobii x120**. Tobii x120. 2021. Disponível em: <https://blricrex.hypotheses.org/oculometrie/tobii>. Acesso em: 30 jul. 2021.

DAVIDSON, R. J. et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology: I. **Journal of Personality and Social Psychology**USAmerican Psychological Association, 1990.

DE ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

DE ALMEIDA, A.T., CAVALCANTE, C.A.V., ALENCAR, M.H., FERREIRA, R.J.P., de ALMEIDA-FILHO, A.T., & GARCEZ, T.V. (2015). Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis. **International Series in Operations Research & Management Science**: vol 231. New York: Springer.

DE ALMEIDA, AT. ALMEIDA, JA. COSTA, APCS. ALMEIDA-FILHO, AT. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: flexible and interactive tradeoff. **Eur J Oper Res** 250(1):179–191.

DE ALMEIDA, A. FREJ, EA. COSTA MORAIS, D. COSTA, A. (2020b). Multiple criteria group decisions with partial information about preference. In: Kilgour DM, Eden C (eds) **Handbook of group decision and negotiation**. Springer, Berlin.

DE ALMEIDA, AT; FREJ, EA; ROSELLI, LRP. Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. **Central European Journal Of Operations Research**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 7-47, 7 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10100-020-00728-z>.

DEBENER, S; KRANcCZIOCH, C., De VOS M. Electroencephalography: Current Trends and Future Directions. In: Reuter M., Montag C. (eds) **Neuroeconomics. Studies in Neuroscience, Psychology and Behavioral Economics**. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016.

DELORME, A; MAKEIG, S. "EEGLAB: uma caixa de ferramentas de código aberto para análise da dinâmica de EEG de um único ensaio, incluindo análise independente de componentes". **Journal of Neuroscience Methods**. doi : 10.1016 / j.jneumeth.2003.10.009. Elsevier BV. 134 (1): 9–21. (2004).

DIETRIC, C; Decision Making: Factors that Influence Decision Making, Heuristics, and Decision Outcomes. **Inquiries Journal: Social Sciences, Arts & Humanities**. Vol 2, no2, 1-3, 2010.

DIMOKA, A., DAVIS, F. D., GUPTA, A., PAVLOU, P. A., BANKER, R. D., DENNIS, A. R., et al. (2012). On the use of neurophysiological tools in IS research: **Developing a research agenda for NeuroIS**. MIS Quarterly. <https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.2307/41703475>.

DOKSUM, K. (1974). **Empirical probability plots and statistical inference for nonlinear models in the two-sample case**. Ann. Stat., 2, 267–277.

DOKSUM, K.A. & SIEVERS, G.L. (1976). Plotting with confidence – graphical comparisons of 2 populations. **Biometrika**, 63, 421–434.

DOKSUM, K.A. (1977). **Some graphical methods in statistics. A review and some extensions**. Stat. Neerl., 31, 53–68.

EDWARDS, W. BARRON, F.H. (1994). SMARTS and SMARTER: improved simple methods formulti attribute utility measurement. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, 60, 306–325.

EAGLEMAN, D. **The Brain: A story of you**. New York: Pantheon Books, 2015.

EMOTIV. **EMOTIV EPOC de 14 canais**. 2021. EEG. Disponível em: <https://www.emotiv.com/epoc-x/#>. Acesso em: 29 jul. 2021.

ETTINGER, U; KLEIN, C. Eye Movements. In: Reuter M., Montag C. (eds) Neuroeconomics. Studies in Neuroscience, **Psychology and Behavioral Economics**. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016.

FAIRCLOUGH, SH, & VENABLES, L. (2006). Predição de estados subjetivos de psicofisiologia: uma abordagem multivariada. **Biological Psychology**, 71 (1), 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.03.007>.

FEHR, E; CAMERER, C. F. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. **Trends in cognitive sciences**, 11(10), 419-427, 2007.

FOX E SNYDER, 2011. FOXE. JJ , SNYDER. AC. O papel das oscilações cerebrais de banda alfa como um mecanismo de supressão sensorial durante a atenção seletiva Frente. **Psychol.**, 2 (2011) , 10.3389 / fpsyg.2011.00154.

FREEMAN. FG, MIKULKA. PJ, PRINZEL. LJ, e SCERBO. MW. Avaliação de um sistema de automação adaptativa usando três EEG índices com uma tarefa de rastreamento visual. **Biol. Psychol.** 50 (1), pp. 61-76. 1999.

FREJ, EA. ROSELLI, LRP. ARAÚJO DE ALMEIDA, J. de ALMEIDA, AT. (2017). A multicriteria decision model for supplier selection in a food industry based on FITradeoff method. **Math Probl Eng.** <https://doi.org/10.1155/2017/4541914>.

FUNKE, G. KNOTT, B. MANCUSO, V. F. et al., “Evaluation of subjective and EEG-based measures of mental workload,” in **Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction**, pp. 412–416, Springer, Las Vegas, NV, USA, July 2013.

GEVINS, Alan; SMITH, Michael E.; LE, Jian; LEONG, Harrison; BENNETT, Jeffrey; MARTIN, Nancy; MCEVOY, Linda; DU, Robert; WHITFIELD, Sue. High resolution evoked potential imaging of the cortical dynamics of human working memory. **Electroencephalography And Clinical Neurophysiology**, [S.L.], v. 98, n. 4, p. 327-348, abr. 1996. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(96\)00288-x](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(96)00288-x).

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLIMCHER, P.W; RUSTICHINI, A. **Neuroeconomics: The Consilience of Brain and Decision**. Science, 5695:447-452, 2004.

GOLA et al., 2013. M. Gola , M. Magnuski , I. Szumska , A. Wróbel. A atividade da banda beta do EEG está relacionada aos déficits de atenção e atenção no desempenho visual de idosos Int. J. **Psychophysiol.** , 89 (3) (2013) , pp. 334 - 341 , 10.1016 / j.ijpsycho.2013.05.007.

GONZÁLEZ-ROLDÁN. AM, CIFRE. I, SITGES. C, MONTOYA. P. **Altered dynamic of EEG oscillations in fibromyalgia patients at rest.** Pain Med (United States). 2016;17(6):1058–1068.

GORN, G.J. The Effects of music in advertising on choice behavior: a classical conditioning approach. **Journal of marketing**, 46(1),94. 1982.

GOTLIB. IH, RANGANATH. C, ROSENFELD. JP. **Frontal EEG Alpha Asymmetry, Depression, and Cognitive Functioning.** 1998.

GOUCHER-LAMBERT, K., MOSS, J., CAGAN, J. Inside the Mind: Using Neuroimaging to Understand Moral Product Preference Judgments Involving Sustainability. **Journal of Mechanical Design**, 139(4): 041-103, 2017.

GULBINAITE, R., JOHNSON, A., De JONG, R., Morey, CC e VAN RIJN, H. et al., (2014). Mecanismos dissociáveis subjacentes às diferenças individuais na capacidade da memória operacional visual. **Neuroimage** 99, 197–206. doi: 10.1016 / j.neuroimage.2014.05.060.

GUNTHER, H. **Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?.** PSIC.: Teor. e pesq., Brasília, V. 22, N. 2, P. 201-209, Ago. 2006.

GURU et al., 2015^a. KA Guru , ET Esfahani , SJ Raza , R. Bhat , K. Wang , Y. Hammond , G. Wilding , JO Peabody , AJ Chowriappa. **Avaliação de habilidades cognitivas durante cirurgia assistida por robô: separando o joio do trigo BJU Int.** , 115 (1) (2015) , pp. 166 - 174 , 10.1111 / bju.12657.

GURU et al., 2015^b. KA Guru , SB Shafiei , A. Khan , AA Hussein , M. Sharif , ET Esfahani. **Compreendendo o desempenho cognitivo durante a cirurgia assistida por robô Urology**, 86 (4) (2015) , pp. 751 - 757 , 10.1016 / j.urology.2015.07.028.

HARREWIJN. A, BUZZELL. GA, DEBNATH. R, LEIBENLUFT. E, PINE. DS, FOX. NA., et al. Frontal alpha asymmetry moderates the relations between behavioral inhibition and social-effect ERN. **Biol Psychol.** 2019;141(June 2018):10–16.

HARRIS, K. M. SPACEK, J. BELL, M. E. PARKER, P. H. LINDSEY, L. F. BADEN, A. D. VOGELSTEIN J. T., and BURNS, R. A resource from 3D electron microscopy of hippocampal neuropil for user training and tool development. **Scientific Data**, 2015.

HERMENS et al., 2005. DF Hermens , EXC Soei , SD Clarke , MR Kohn , E. Gordon , LM Williams. **A atividade teta do EEG em repouso prediz o desempenho cognitivo no transtorno de déficit de atenção e hiperatividade.** *Pediatr. Neurol.* , 32 (4) (2005) , pp. 248 - 256 , 10.1016 / j.pediatrneurol.2004.11.009.

HESSELS, R.S; NIEHORSTER, D.C.; NYSTROM, M; ANDERSSON, R; HOOGE, I.T.C; Is the eye-movement field confused about fixations and saccades? A survey among 125 researchers. **Royal Society Open Science.** 5(8): 180502. 2018.

HOLM, A., LUKANDER, K., KORPELA, J., SALLINEN, M. e MÜLLER, KMI (2009). **Estimando a carga do cérebro a partir do EEG.** *Sci. World J.* 9, 639–651. doi: 10.1100 / tsw.2009.83.

HUNT, L. T., DOLAN, R. J., BEHRENS, T. E. Hierarchical competitions subserving multi-attribute choice. **Nature neuroscience**, 17(11): 1613-1622, 2014.

KAHNEMAN, D. 2011 **Thinking, fast and slow.** New York. Farrar, Straus & Giroux. 2011.

KAMZANOVA. A., MATTHEWS. G. KUSTUBAYEVA. A, e JAKUPOV. S. Índices EEG ao tempo e efeitos na tarefa e para uma manipulação de carga de trabalho (cueing). **Mundo Academia de Ciência, Engenharia e Tecnologia** 80pp. 19-22. 2011.

KAMIŃSKI et al., 2012. J. Kamiński , A. Brzezicka , M. Gola , A. Wróbel. Envolvimento de oscilações de banda beta no processo de alerta humano. *Int. J. Psychophysiol.* , 85 (1) (2012) , pp. 125 - 128 , 10.1016 / j.ijpsycho.2011.11.006.

KANG, Takanni Hannaka Abreu; SOARES JÚNIOR, Antônio Marques da Costa; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Evaluating electric power generation technologies: a multicriteria analysis based on the fitradeoff method.** *Energy*, [S.L.], v. 165, p. 10-20, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.165>.

KANG, THA. JÚNIOR, AMDCS. de ALMEIDA, AT. (2018). **Evaluating electric power generation technologies: a multicriteria analysis based on the FITradeoff method.** *Energy* 165:10–20.

KANG, M. J.; RANGEL, A.; CAMUS, M.; CAMERER, C. F. Hypothetical and real choice differentially activate common valuation areas. **Journal of neuroscience**, v. 31, n. 2, p.461-468, 2011.

KÄTHNER, I., WRIESSNEGGER, SC, MÜLLER-PUTZ, GR, KÜBLER, A., e HALDER, S. et al., (2014). Efeitos da carga de trabalho mental e fadiga no P300, potência das bandas alfa e teta durante a operação de uma interface cérebro-computador ERP (P300). **Biol. Psychol.** 102, 118–129. doi: 10.1016 / j.biopsycho.2014.07.014

KEENEY, RL. RAIFFA, H. **Decision Making with Multiple Objectives, Preferences, and Value Tradeoffs**. New York: John Wiley & Sons. 592 pages. 1976.

KEENEY, RL. RAIFFA, H. **Decision analysis with multiple conflicting objectives**. Wiley, New York, 1976.

KEENEY, RL; RAIFFA; MEYER, RF. **Decisões com múltiplos objetivos: preferências e trade-offs de valor**. Imprensa da Universidade de Cambridge, 1993.

KIM BE, SELIGMAN D, KABLE J.W. Preference reversals in decision making under risk are accompanied by changes in attention to different attributes. **Front Neuroscience**, 6:109, 2012.

KHUSHABA, R. N.; WISE, C.; KODAGODA, S.; LOUVIERE, J.; KAHN, B. E.; TOWNSEND, C. Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 9, p. 3803-3812, 2013.

KLIMESCH, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. **Brain Res. Brain Res. Rev.** 29, 169–195.

KRAMER, A. F. 1990. **Physiological Metrics of Mental Workload: A Review of Recent Progress**. San Diego, CA: Navy Personnel Research and Development Center.

KRAUZLIS, R. J; GOFFART, L; HAFED, Z.M. Neuronal control of fixation and fixational eye movements. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.** 2017.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M de. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIEBMAN, E.; STONES, P; WHITE, C.N. How Music Alters Decision Making – Impact of Music Stimuli on Emotional Classification. **16th International Society for Music Information Retrieval Conference**, 2015.

LIMA, ES. VIEGAS, RA. COSTA, APCS. (2017). A multicriteria method based approach to the BPMM selection problem. In: 2017 **IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC)**. IEEE, pp 3334–3339.

MADDEN, G.J., & Bickel, W.K. (eds.) (2010). Impulsivity: The Behavioral and Neurological Science of Discounting. Washington, D.C.: **American Psychological Association**.

MASSAR, S. A.; LIM, J.; SASMITA, K.; CHEE, M. W. Rewards boost sustained attention through higher effort: A value-based decision making approach. **Biologicalpsychology**, v. 120, p. 21-27, 2016.

MCMAHAN, Timothy; PARBERRY, Ian; PARSONS, Thomas D.. Evaluating Player Task Engagement and Arousal Using Electroencephalography. **Procedia Manufacturing**, [S.L.], v. 3, p. 2303-2310, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.376>.

MCEVOY, T.G., ROBINSON, J.J., ASHWORTH, C.J., ROOKE, J.A. and SINCLAIR, K.D. (2001). **Feed and forage toxicants affecting embryo survival and fetal development**. **Theriogenology**, 55, 113–129.

MEDEIROS, J. S.; COSTA, A. P. C.; SILVA, A. L. C. L. Uso de eletroencefalograma (EEG) para estudo comparativo entre FITradeoff e atividades de cálculo e música. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 53., 2021, João Pessoa - Pb. Anais [...]. João Pessoa: SbpO, 2021.

MEDEIROS, J. S.; COSTA, A. P. C.; SILVA, A. L. C. L. Comparing FITradeoff with calculation and music activities using neuroscience tools. In: **INNOVATION FOR SYSTEMS INFORMATION AND DECISION MEETING 2021**, Recife - Pe. Proceeding. Recife - Pe: Insid, 2021.

MIGUEL, P. A. C. (Org.). (2012). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações** (2a ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.

MOHR P N.C, BIELE G, HEEKEREN H. Neural Processing Of Risk. **The Journal of Neuroscience**, 30, 6613-6619, 2010.

MORÁN, A; SORIANO, M.C; Improvingthequalityof a collectivesignal in a consumer EEG headset.**PLoS ONE** 13(5). 2018.

MORIN, C. Neuromarketing: the new science of consumer behavior. **Society**, 48(2), 131-135, 2011.

MÜLLER-PUTZ, G. R.; RIEDL, R.; WRIESSNEGGER, S. C. Electroencephalography (EEG) as a Research Tool in the Information Systems Discipline: Foundations, Measurement, and Applications. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, p. 911-948, 2015.

NATANI, K., & GOMER, FE (1981). **Atividade eletrocortical e operador carga de trabalho: Acomparação das mudanças no eletroencefalograma e em potenciais relacionados a eventos.** (McDonnellDouglas Technical Report E2427). Long Beach, CA: McDonnell Douglas Corporation.

NAQVI, N., SHIV, B., & BECHARA, A. The Role of Emotion in Decision Making. **CurrentDirections in Psychological Science**, 15(5), 260–264. 2006.

NETTO, A. A. T. C; COLAFEMINA, J. F.; **Movimentos sacádicos em indivíduos com alterações cerebelares.** Braz. j. otorhinolaryngol. (Impr.), São Paulo, v. 76, n. 1, p. 51-58, 2010.

PARK, Eunil; KIM, Ki Joon; POBIL, Angel P. del. Do Children See Robots Differently? A Study Comparing Eye-Movements of Adults vs. Children When Looking at Robotic Faces. **Lecture Notes In Electrical Engineering**, [S.L.], p. 421-427, 2011. Springer Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2598-0_44.

PERGHER, I. FREJ, EA. ROSELLI, LRP. de ALMEIDA, AT. (2020). Integrating simulation and FITradeoff method for scheduling rules selection in job-shop production systems. **Int J Prod Econ** 227:107669.

PIZZAGALLI, D. Electroencephalography and high-density electrophysiological source localization. **Handbook of Psychophysiology**, p. 56–84, 1 jan. 2007.

PLASSMANN, H.; VENKATRAMAN, V.; HUETTEL, S. Yoon, C. Consumer Neuroscience: Applications, Challenges, and Possible Solutions. **Journal of Marketing Research**, v. 52, n. 4, p. 427-435, 2015.

POLETO, T. CLEMENTE, TRN. de GUSMÃO, APH. SILVA, MM. COSTA, APCS. (2020). "Integrando pensamento focado em valor e FITradeoff para apoiar decisões de terceirização de

tecnologia da informação", **Decisão de Gestão**, vol. 58 No. 11, pp. 2279-2304. <https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1108/MD-09-2019-1293>.

POPE et al., 1995 AT Pope, EH Bogart, DS Bartolome O sistema biocibernético avalia os índices de envolvimento do operador em tarefas automatizadas. **Biol. Psychol.**, 40 (1) (1995), pp. 187 - 195 , 10.1016 / 0301-0511 (95) 05116-3.

PUMA, S. et al. Using theta and alpha band power to assess cognitive workload in multitasking environments. **International Journal of Psychophysiology**, v. 123, p. 111–120, 2018.

RANGEL, A; CAMERER, C; MONTAGUE, PR. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. **Nature Reviews Neuroscience**, 9, 545-556, 2008.

RIEDL, R; DAVIS, F D.; HEVNER, ALAN R. Towards a NeuroIS research methodology: intensifying the discussion on methods, tools, and measurement. **Journal of the Association for Information Systems**, 15(10), I, 2014.

ROSELLI, L.R.P.; FREJ, E.A; de ALMEIDA, A.T. Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System. **Group Decision and Negotiation in an Uncertain World**, 56-69. 2018.

ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A. Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. **Operational Research**, v. 19, n. 4, p. 933–953, 2019.

ROSELLI, L.R.P., PEREIRA, L.S., da SILVA, A.L.C.L. et al. Neuroscience experiment applied to investigate decision-maker behavior in the tradeoff elicitation procedure. **Ann Oper Res** **289**, 67–84 (2020). <https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10479-019-03394-w>.

ROUSSELET, GA.; PERNET, CR.; WILCOX, RR. Beyond differences in means: robust graphical methods to compare two groups in neuroscience. **European Journal Of Neuroscience**, [S.L.], v. 46, n. 2, p. 1738-1748, 29 jun. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ejn.13610>.

SAMPAIO, Maria Imaculada Cardoso. Psicologia baseada em evidências: conhecimento científico na tomada de decisão. **Revista Costarricense de Psicología**, Costa Rica, v. 33, n. 2, p. 109-121, 01 abr. 2015.

SÁ-SILVA, J. R., DE ALMEIDA, C. D., & GUINDANI, J. F. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, 1(1), 1-15.

SANFEY, A.G. **Social Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience**. Science 318, 598. 2007.

SATPATHY, J. Issues in neuro-management decision making. **International Journal of Business Management**. Vol. 2, No. 2, December 2012.

SAUSENG, P., GRIESMAYR, B., FREUNBERGER, R., and KLIMESCH, W. et al., (2010). Control mechanisms in working memory: a possible function of EEG theta oscillations. **Neurosci. Biobehav. Rev.** 34, 1015–1022. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.12.006.

SHARMA E SINGH, 2015. A. Sharma , M. Singh. **Avaliação da atividade alfa em estado de atenção e relaxamento: uma análise de EEG**. 2015 1ª Conferência Internacional sobre Tecnologias de Computação de Próxima Geração (NGCT), 508–513. (2015) , 10.1109 / NGCT.2015.7375171.

SLOBOUNOV, S.M; FUKADA, K; SIMON, R; REARICK, M; RAY, W et al. Neurophysiological and behavioral indices of time pressure effects on visuomotor task performance. **Cognitive Brain Research**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 287-298, jun. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0926-6410\(00\)00009-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0926-6410(00)00009-4).

SMIDTS, A. HSU, M. SANFEY, AG. BOKSEM, MA. EBSTEIN, RB. HUETTEL, SA. LIBERZON, I. **Avançando na neurociência do consumidor**. Marca. Lett., 25 (3) (2014), pp. 257 – 267.

SILVA, ALCL. COSTA, APCS. (2019). FITradeoff decision support system: an exploratory study with neuroscience tools. **In: NeuroIS retreat 2019**, Viena. NeuroIS retreat

SILVA, MM. de GUSMÃO, APH. de ANDRADE, CTA. SILVA, W. (2019). The integration of VFT and FITradeoff multicriteria method for the selection of WCM projects. **In: 2019 IEEE international conference on systems, man and cybernetics (SMC)**. IEEE, pp 1513–1517.

SIREVAAG, Anita M.; BLACK, James E.; SHAFRON, Devin; GREENOUGH, William T. et al., Direct evidence that complex experience increases capillary branching and surface area in visual cortex of young rats. **Developmental Brain Research**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 299-304, out. 1988. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0165-3806\(88\)90107-1](http://dx.doi.org/10.1016/0165-3806(88)90107-1).

STROMBACH, T.; WEBER, B.; HANGEBRAUK, Z.; KENNING, P.; KARIPIDIS, I. I.; TOBLER, P. N.; KALENSCHER, T. Social discounting involves modulation of neural value signals by temporoparietal junction. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 5, p. 1619-1624, 2015.

THALER, L.; SCHULTZ, A.C.; GOODALE, M.A.; GEGENFURTNER, K.R.; What is the best fixation target? The effect of target shape on stability of fixation eye movements. **Vision Research**; Vol 76. 31-42. January 2013.

TOBII Pro X3-120 Eye Tracker User's Manual: Version 1.0.9. En-Us: Copyright © Tobii Ab (Publ), 2019. Disponível em: <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/user-manuals/tobii-pro-x3-120-user-manual.pdf/?v=1.0.9>. Acesso em: 30 jul. 2021.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VIDULICH, MA, & TSANG, PS (2012). Carga de trabalho mental e consciência da situação. Em G. Salvendy (Ed.), **Manual de fatores humanos e ergonomia** (4ª ed, cap. 8). Hoboken, NJ: Wiley.

VUCIJAK, B.; KURTAGIC, S. M.; SILAJDZIC, I. Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 130, p. 166–174, 2016.

WANG. Y, SOKHADZE. EM, EL-BAZ. AS, et al. Relative power of specific eeg bands and their ratios during neurofeedback training in children with autism spectrum disorder. **Front Hum Neurosci**. 2016;9(JAN2016).

WASCHER et al., 2014. E. Wascher , B. Rasch , J. Sängner , S. Hoffmann , D. Schneider , G. Rinkenauer , H. Heuer , I. Gutberlet. A atividade teta frontal reflete aspectos distintos da fadiga mental Biol. **Psychol.**, 96 (2014) , pp. 57 - 65 , 10.1016 / j.biopsycho.2013.11.010.

WEBER, C.A.; BORCHERDING, K. Behavioral Influences on weight judgments in multiattribute decision making. **European Journal of Operational Research**, n. 67, v. 1, p. 1-12, 1993.

WALLENIIUS, H; WALLENIIUS, J. Implications of World Mega Trends for MCDM Research. In: BEN AMOR, S., DE ALMEIDA, A., DE MIRANDA, J, AKTAS, E. (Eds.). Advanced

Studies in Multi-Criteria Decision Making. New York: Chapman and Hall/CRC, **Series in Operations Research**, 1st Ed, 1-10, 2020.

WU, Chuhaio; CHA, Jackie; SULEK, Jay; SUNDARAM, Chandru P.; WACHS, Juan; PROCTOR, Robert W.; YU, Denny. Sensor-based indicators of performance changes between sessions during robotic surgery training. **Applied Ergonomics**, [S.L.], v. 90, p. 103251, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103251>.

YIM. KH., et al. Análise de métodos estatísticos e erros nos artigos publicados no jornal coreano da dor. **Korean J Pain**. 2010; 23 : 35–41.

ZIBMAN. S, DANIEL. E, ALYAGON. U, ETKIN. A, ZANGEN. A., et al. Interhemispheric cortico-cortical paired associative stimulation of the prefrontal cortex jointly modulates frontal asymmetry and emotional reactivity. **Brain Stimul**. 2019;12(1):139–147.