



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

MARIA ELVIRA BORGES TUNÚ PESSOA

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO COGNITIVO PARA ESCOLHA E
ELIMINAÇÃO NA ALAVIAÇÃO HOLÍSTICA DO MÉTODO FITRADEOFF**

Recife

2022

MARIA ELVIRA BORGES TUNÚ PESSOA

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO COGNITIVO PARA ESCOLHA E
ELIMINAÇÃO NA ALAVIAÇÃO HOLÍSTICA DO MÉTODO FITRADEOFF**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Reis Peixoto Roselli.

Co-orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

Recife

2022

Catálogo na fonte:
Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

P475e Pessoa, Maria Elvira Borges Tunú.
Estudo comparativo do processo cognitivo para escolha e eliminação na avaliação holística do método FITradeoff / Maria Elvira Borges Tunú Pessoa. – 2022.
185 f.: il., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Reis Peixoto Roselli.
Coorientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Recife, 2022.
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia de produção. 2. Neurociências em decisão. 3. Aspectos comportamentais em decisão. 4. Sistema de apoio a decisão. 5. Método FITradeoff. 6. Modelagem de preferências. I. Roselli, Lúcia Reis Peixoto (Orientadora). II. Almeida, Adiel Teixeira de (Coorientador). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-205

MARIA ELVIRA BORGES TUNÚ PESSOA

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO COGNITIVO PARA ESCOLHA E
ELIMINAÇÃO NA ALAVIAÇÃO HOLÍSTICA DO MÉTODO FITRADEOFF**

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 a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gestão da Produção.

Aprovada em: 18/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Eduarda Asfora Frej, PhD (UFPE)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Sergio Eduardo Gouvea da Costa, PhD (USP)
Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo que foi concedido a mim durante todos esses anos. Me sinto uma pessoa extremamente abençoada por tudo que construí até hoje, sei que não teria chegado até aqui sem fé e perseverança.

Agradeço a meus pais, José e Daguia, que são minha base. Passamos por muitas dificuldades para que eu pudesse ter uma formação e hoje podemos comemorar juntos mais uma conquista. Obrigada por todo o apoio. Agradeço aos demais familiares que sempre torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para que pudesse estudar. Amo vocês.

Agradeço a professora Lúcia Roselli por todo carinho e atenção, você se tornou uma inspiração e um exemplo de força e empatia para mim. Agradeço ao meu orientador Adiel Almeida por todos os ensinamentos e o tempo dedicado a mim. Sou grata por seus esforços e sei que vocês foram essenciais para que eu chegasse a ter sucesso nessa fase da minha vida.

Ao meu namorado, Caique Miguel, sou grata por sempre me incentivar e apoiar durante toda minha trajetória profissional. Com você me sinto feliz, amada e respeitada. Te amo.

Ao meu amigo Augusto Rodrigues agradeço por sempre me apoiar e acreditar no meu potencial. As minhas amigas Rayara e Evanielle por fazerem essa jornada se tornar um pouco mais leve, sei que hoje somos irmãs de coração.

Finalmente, agradeço a Capes pelo suporte financeiro prestado durante todo o período de meu mestrado, permitindo assim o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

O método FITradeoff é usado para elicitare constantes de escala em problemas de tomada de decisão multicritério no contexto da *Teoria do Valor Multiatributo*. Este método permite que os decisores expressem preferências durante a elicitação por decomposição e a avaliação holística. Durante a avaliação holística, visualizações gráficas e tabulares são apresentadas para representar os problemas de decisão. Nesse contexto, este estudo é realizado para investigar o processo cognitivo relacionado a selecionar a melhor alternativa e eliminar a pior fazendo uso das visualizações gráficas que são disponibilizadas no Sistema de Apoio à Decisão (SAD) do método FITradeoff com o objetivo de aprimorar a etapa de Avaliação Holística do método. Para isso, um experimento de neurociência foi construído, utilizando duas ferramentas de Neurociência: o *Eye-tracking* e o Eletroencefalograma (EEG). No total, quarenta e seis voluntários participaram do experimento, que foi realizado no laboratório NSID da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. Os dados obtidos foram avaliados em termos de sete variáveis, que foram divididas em três grupos de variáveis: desempenho, neurológicas e fisiológicas. A partir dos resultados encontrados, foi possível concluir que a eliminação da pior alternativa se apresentou melhor no que diz respeito as variáveis de desempenho. Por outro lado, a seleção da melhor alternativa se foi melhor em termos das variáveis neurológicas e fisiológicas. Assim, foi possível gerar *insights* para o analista no processo de assessoria ao(s) decisor(es) e gerar recomendações para melhoria do SAD do método FITradeoff. Este trabalho pode ter impactos sociais, ambientais e econômicos visto que, o método FITradeoff vem sendo aplicado para resolver problemas no mundo real em diversos contextos diferentes, tais como: tecnologia, segurança, meio ambiente, empresarial, entre outros.

Palavras-chave: neurociências em decisão; aspectos comportamentais em decisão; sistema de apoio a decisão; método FITradeoff; modelagem de preferências.

ABSTRACT

The FITradeoff method is used to elicit scaling constants in multicriteria decision making problems in the context of the Multiattribute Theory of Value. This method allows decision makers to express preferences during Decomposition Elicitation and Holistic Evaluation. During the Holistic Evaluation, graphical and tabular visualizations are presented to represent the decision problems. In this context, this study is carried out to investigate the cognitive process related to selecting the best alternative and eliminating the worst one using the graphical visualizations that are available in the Decision Support System (DSS) of the FITradeoff method in order to improve the stage of Holistic Evaluation of the method. For this, a neuroscience experiment was built, using two Neuroscience tools: Eye-tracking and Electroencephalogram (EEG). In total, forty-six volunteers participated in the experiment, which was carried out at the NSID laboratory at the Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil. The data obtained were evaluated in terms of seven variables, which were divided into three groups of variables: performance, neurological and physiological. From the results found, it was possible to conclude that the elimination of the worst alternative was better in terms of performance variables. On the other hand, the selection of the best alternative was better in terms of neurological and physiological variables. Thus, it was possible to generate insights for the analyst in the process of advising the decision maker(s) and generate recommendations for improving the SAD of the FITradeoff method. This work can have social, environmental and economic impacts since the FITradeoff method has been applied to solve real-world problems in several different contexts, such as: technology, security, environment, business, among others.

Keywords: neurosciences in decision; behavioral aspects in decision; decision support system; FITradeoff method; preference modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturação da dissertação.....	20
Figura 2 – Ordenação das constantes de escala.....	25
Figura 3 - Elicitação por decomposição	26
Figura 4 - Range dos valores das constantes de escala.....	27
Figura 5 -Gráfico de Barras disponível no SAD do FITradeoff.....	28
Figura 6 - Gráfico de Bolhas disponível no SAD do FITadeoff	29
Figura 7 - Gráfico Radar disponível no SAD do FITadeoff.....	29
Figura 8 - Tabela de rankings e Diagrama de Hasse	30
Figura 9 - Quantidade de registros por ano de artigos relacionados a decisão multicritério na Web of Science	36
Figura 10 - Quantidade de registros por ano de artigos relacionados a decisão multicritério e neurociência na Web of Science.....	37
Figura 11 - Quantidade de publicações por ano relacionadas ao FITradeoff na Web of Science	38
Figura 12 - Resumo do procedimento de pesquisa.....	40
Figura 13 - Etapas para execução do experimento	52
Figura 14 - Processo de desenho do experimento	53
Figura 15 - Exemplo de gráfico de barras com pesos diferentes e diferentes utilizado no experimento.....	54
Figura 16 - Exemplo de gráfico de tabela utilizada no experimento.....	55
Figura 17 - Exemplo de instruções apresentadas ao participante.....	55
Figura 18 - Processo de Interação com os participantes.....	56
Figura 19 - Formação acadêmica dos participantes.....	57
Figura 20 - Posicionamento dos canais (Software do EEGlab).....	59
Figura 21 - Tela de calibração (Software Tobii Studio).....	60
Figura 22 - Processo de limpeza dos dados do Eye-Tracker.....	63
Figura 23 - Processo de limpeza dos dados no EEGlab	64
Figura 24 - Estruturação dos resultados	65
Figura 25 - Quantidade de acertos e erros por visualização para etapa de seleção	67
Figura 26 - Quantidade de acertos e erros por visualização para etapa de eliminação	67
Figura 27 - Quantidade de homens e mulheres que tiveram maior HR em cada uma das etapas	71

Figura 28 - Diagrama Alpha-Theta (Adaptado Roselli 2020).....	88
Figura 29 - Definição da curva de comportamento de maneira generica	93
Figura 30 - Curva de comportamento relacionada com os dados do experiemento de 2020 ...	94
Figura 31 - Boxplot dos dados de Hit Rate relacionados as etapas de eliminação versus seleção	96
Figura 32 - Comparação do Hit Rate eliminação versus seleção	97
Figura 33 - Boxplot dos dados de Hit Rate por sexo dos participantes para as etapas de eliminação versus seleção	98
Figura 34 - Síntese dos resultados do Hit Rate.....	100
Figura 35 - Boxplot dos dados de Tempo de resposta relacionados as fases de eliminação vs seleção.....	101
Figura 36 - Comparação do Tempo de resposta eliminação versus seleção	103
Figura 37 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BS e BD na etapa de seleção	104
Figura 38 - Tempo de resposta para a visualização 3A4C TS e TD	105
Figura 39 - Tempo de resposta para a visualização 3A5C BS e TS para a etapa de seleção .	106
Figura 40 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BS e BD para etapa de seleção ...	107
Figura 41 - Tempo de resposta para a visualização 3A5C BS e TD para a etapa de eliminação	108
Figura 42 - Síntese dos resultados associados ao Tempo de resposta.....	108
Figura 43 - Boxplot dos dados de Acuracidade relacionados as fases de eliminação vs seleção	110
Figura 44 - Comparação do Acuracidade eliminação versus seleção	111
Figura 45 - Acuracidade para a visualização 3A5C BD e BS para a etapa de seleção	112
Figura 46 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BD e BS para a etapa de seleção	113
Figura 47 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BD e BS para a etapa de eliminação	114
Figura 48 - Síntese dos resultados associados a Acuracidade	115
Figura 49 - Boxplot dos valores de theta em F3 eliminação versus seleção	116
Figura 50 - Comparação dos Valores de theta em F3 eliminação versus seleção	117
Figura 51 - Síntese dos resultados associados aos valores de Theta em F3	118
Figura 52 - Pope Index Seleção versus Eliminação	119
Figura 53 - Boxplot dos valores do Pope Index para as etapas eliminação versus seleção ...	120
Figura 54 - Síntese dos resultados associados ao Pope Index	121
Figura 55 - Diagrama Alpha-Theta 3A5C TD ELI	122

Figura 56 - Comportamentos Alpha-Theta para a etapa de seleção	123
Figura 57 - Comportamentos Alpha-Theta para a etapa de Eliminação	123
Figura 58 - Comportamentos Alpha-Theta por participante	124
Figura 59 - Diâmetro da pupila normalizado seleção versus eliminação	125
Figura 60 - Média do Hit Rate por estado	126
Figura 61 - Elicitação por decomposição do SAD FITradeoff.....	135
Figura 62 - Resultados parciais no SAD do FITradeoff.....	136
Figura 63 - Avaliação holística no SAD do FITradeoff	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - EEG versus fMRI	33
Tabela 2 - Definição do estado mental associado a cada banda de frequência	34
Tabela 3 - Range das bandas de frequência.....	34
Tabela 4 - Métricas oculares.....	35
Tabela 5 - Quantidade de artigos por área de pesquisa	37
Tabela 6 - Trabalhos de neurociência aplicada à decisão.....	47
Tabela 7 - Métricas utilizadas em estudos que utilizaram o <i>Eye-tracking</i>	47
Tabela 8 - Experimentos realizados anteriormente	50
Tabela 9 - Ferramentas utilizadas.....	60
Tabela 10 - Procedimentos de tratamento dos dados encontrados na literatura.....	62
Tabela 11 - Hit Rate por visualização	66
Tabela 12 - Estatísticas descritivas relaciona as quantidades de erros e acertos geral.....	66
Tabela 13 - Análise descritiva relacionada ao HR para seleção versus eliminação	68
Tabela 14 - Comparação HR para gráficos de barras com pesos iguais <i>versus</i> diferentes.....	68
Tabela 15 - Comparação HR para tabelas com pesos iguais <i>versus</i> diferentes.....	68
Tabela 16 - Comparação HR para gráfico de barras versus tabelas	68
Tabela 17 - HR por participante	70
Tabela 18 - Estatísticas descritivas relacionadas ao HR por participante	71
Tabela 19 - Tempo de resposta (s) por visualização	72
Tabela 20 - Comparação do tempo de resposta (s) entre as etapas de seleção <i>versus</i> eliminação	73
Tabela 21 - Comparação do tempo de resposta (s) para gráficos de barras pesos iguais versus diferentes.....	73
Tabela 22 - Comparação do tempo de resposta (s) para tabelas pesos iguais versus diferentes	73
Tabela 23 - Comparação tempo de resposta (s) para gráfico de barras <i>versus</i> tabelas.....	73
Tabela 24 - Resultados dos testes de Wilcoxon das comparações para os valores de tempo de resposta	75
Tabela 25 - Estatísticas descritivas dos tempos de resposta (s) de cada participante.....	75
Tabela 26 - Estatísticas descritivas da acuracidade por visualização	77
Tabela 27 - Análise descritiva relacionada a acuracidade para seleção <i>versus</i> eliminação	78

Tabela 28 - Comparação dos valores de acuracidade para gráficos de barras pesos iguais <i>versus</i> diferentes	78
Tabela 29 - Comparação dos valores de acuracidade para tabelas pesos iguais <i>versus</i> diferentes	78
Tabela 30 - Comparação acuracidade para gráficos de barras <i>versus</i> tabelas	78
Tabela 31 - Resultados dos testes de Wilcoxon das comparações para os valores de acuracidade	79
Tabela 32 - Estatísticas descritivas associadas aos valores de Theta em F3 (Hz) por visualização	80
Tabela 33 - Comparação valores de Theta em F3 (Hz) entre as etapas de seleção <i>versus</i> eliminação	81
Tabela 34 - Comparação dos valores de Theta em F3 (Hz) para pesos iguais <i>versus</i> diferentes	81
Tabela 35 - Comparação dos valores de Theta em F3 (Hz) para tabelas pesos iguais <i>versus</i> diferentes	82
Tabela 36 - Comparação Theta em F3 (Hz) para gráficos de barras <i>versus</i> tabelas.....	82
Tabela 37 - Resultados dos testes de Wilcoxon das comparações para os valores de Theta em F3 (Hz).....	83
Tabela 38 - Resultado das análises de correlação relacionadas aos valores de theta em F3	84
Tabela 39 - <i>Pope Index</i>	85
Tabela 40 - Estatísticas descritivas relacionadas aos valores de <i>Pope Index</i>	86
Tabela 41 - Comparação valores do Pope Index entre as etapas de seleção <i>versus</i> eliminação	86
Tabela 42 - Comparação dos valores de Pope Index para pesos iguais <i>versus</i> diferentes	86
Tabela 43 - Comparação dos valores de Pope Index para tabelas pesos iguais <i>versus</i> diferentes	86
Tabela 44 - Comparação Pope Index para gráficos de barras <i>versus</i> tabelas	87
Tabela 45 - Resultado das análises de correlação relacionadas à Acuracidade.....	87
Tabela 46 - Definições do comportamento associado aos quadrantes do diagrama Alpha-Theta	88
Tabela 47 - Comportamentos apresentados por nos diagramas Alpha-Theta por visualização	89
Tabela 48 - Resumo dos diagramas Alpha-Theta por participante	89
Tabela 49 - Estatísticas descritivas do diâmetro médio da pupila normalizado (mm) por visualização	91

Tabela 50 - Definição dos estados da curva de comportamento baseado no diâmetro da pupila normalizado	93
Tabela 51 - Resultado da curva de comportamento	94
Tabela 52 - Resultado das análises de correlação relacionadas às métricas de diâmetro da pupila	95
Tabela 53 - Visão geral dos resultados	129
Tabela 54 - Descrição dos níveis do atributo Gestão de Riscos	131
Tabela 55 - Descrição dos níveis do atributo Custo de Implementação	131
Tabela 56 - Descrição dos níveis do atributo diversidade e inclusão	131
Tabela 57 - Descrição dos níveis do atributo canais de comunicação e denúncia	132
Tabela 58 - Descrição dos níveis do atributo Incorporação dos Princípios do Programa de <i>Compliance</i>	132
Tabela 59 - Alternativas	133
Tabela 60 - Matriz de consequências	134
Tabela 61 - Resumo da aplicação do método FITradeoff	1345

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	188
1.2.1	Objetivo Geral.....	18
1.2.2	Objetivos Específicos	19
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1.1	Decisão Multicritério	21
2.1.2	Método FITradeoff	231
2.1.3	Avaliação holística	27
2.1.4	Neurociência em Decisão.....	31
2.1.4.1	Outras áreas da neurociência	31
2.1.5	Ferramentas de Neurociência	32
2.1.5.1	Eletroencefalograma	33
2.1.5.2	Eye Tracking.....	35
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O MÉTODO FITRADEOFF E NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO	36
2.2.1	Escopo da investigação.....	36
2.2.2	Aplicações do método FITradeoff	41
2.2.3	Estudos voltados para a melhoria do SAD do FITradeoff.....	43
2.2.4	Experimentos de Neurociências para investigação de Processos Cognitivos em Decisão	44
2.3	SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO	48
3	EXPERIMENTO PARA AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS: SELEÇÃO VERSUS ELIMINAÇÃO NO FITRADEOFF.....	50
3.1	EXPERIMENTOS COMPORTAMENTAIS PRÉVIOS.....	50
3.2	EXPERIMENTO SOBRE OS PROCESSOS COGNITIVOS: SELEÇÃO VERSUS ELIMINAÇÃO.	51
3.2.1	Construção do Experimento	52
3.2.1.1	Definição do problema de pesquisa.....	52

3.2.1.2	Desenho do experimento.....	53
3.2.2	Aplicação do experimento	56
3.2.3	Pós-Experimento.....	61
3.2.3.1	Processamento dos dados do Eye-tracking	61
3.2.3.2	Processamento dos dados do EEG.....	63
4	RESULTADOS.....	65
4.1	VARIÁVEIS DE DESEMPENHO	65
4.1.1	Taxa de Acerto (Hit Rate).....	65
4.1.1.1	Hit Rate por visualização.....	66
4.1.1.2	Hit Rate por participante.....	69
4.1.2	Tempo de Resposta.....	72
4.1.2.1	Tempo de resposta por visualização	72
4.1.2.2	Tempo de resposta por participante	75
4.1.3	Acuracidade.....	77
4.1.3.1	Acuracidade por visualização	77
4.1.4	Análise da banda Theta.....	80
4.1.5	Pope Index	84
4.1.6	Diagramas Alpha-Theta para cada visualização	87
4.1.6.1.	Diagramas Alpha-Theta para cada participante.....	89
4.2	RESULTADOS SOBRE OS PROCESSOS COGNITIVOS ENCONTRADOS COM O EYE-TRACKER	90
4.2.1	Diâmetro médio da pupila normalizado	90
4.3	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	95
4.3.1	Resultados relacionados ao Hit Rate.....	95
4.3.2	Resultados relacionados ao Tempo de resposta	100
4.3.3	Resultados relacionados a Acuracidade.....	1099
4.3.4	Resultados relacionados aos valores de Theta em F3	115
4.3.5	Resultados relacionados ao Pope Index	118
4.3.6	Alpha-theta	122
4.3.7	Resultados relacionados aos valores de diâmetro da pupila normalizado	124
5	APLICAÇÃO DO MÉTODO FITRADEOFF.....	130
5.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	130
5.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO FITRADEOFF	134

1 INTRODUÇÃO

Problemas de decisão estão presentes no dia-a-dia da humanidade, abrangendo escolhas simples até situações mais complexas (DA SILVA, 2018). Neste contexto, os problemas de decisão multicritério são vivenciados diariamente nas rotinas profissionais e pessoais, tornando o entendimento do processo decisório de grande necessidade para auxiliar organizações e pessoas na decisão (ROSELLI, 2018). De acordo com Almeida *et al.* (2015), por definição, problemas de decisão multicritério, do inglês *Multi-Criteria Decision Making/Aiding* (MCDM/A), possuem ao menos duas alternativas de ação, que devem ser avaliadas em dois ou mais atributos/critérios.

Os processos de decisão de MCDM/A podem apresentar uma grande complexidade em sua solução, e ferramentas como a análise aparecem como uma forma de facilitar a solução e garantir que a decisão seja tomada de forma eficiente. Diante da complexidade supracitada e as consequências associadas a uma escolha inadequada, uma preocupação dos decisores está na estruturação destes problemas e na resolução dos mesmos, visando encontrar a melhor solução (de ALMEIDA *et al.* 2015). Porém, vale lembrar que, segundo Da Silva (2018) a abordagem estruturada, quando feita incorretamente, também pode ocasionar em prejuízos, demandando tempo e esforço cognitivo o qual o decisor pode não estar disposto ou não pode gastar.

De acordo com Da Silva *et al.* (2021) ao longo dos anos, diversos métodos e procedimentos de suporte à decisão foram desenvolvidos. Um desses métodos é o FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) proposto por de Almeida *et al.* (2016a) e de Almeida *et al.* (2021) que foi desenvolvido com base no procedimento de elicitação Tradeoff que por sua vez possui uma forte estrutura axiomática (KEENEY e RAIFFA, 1976). Segundo De Almeida *et al.* (2021) este método é baseado na agregação aditiva de critérios e usando informações parciais a serem obtidas de um decisor.

O método FITradeoff desenvolve um processo interativo e flexível, o que pode reduzir o tempo gasto no processo de elicitação além de reduzir inconsistências, quando comparado com o procedimento de elicitação Tradeoff tradicional (DE ALMEIDA e ROSELLI, 2017a). Essa flexibilidade inclui o uso conjunto de dois paradigmas básicos para modelagem de preferência: elicitação por decomposição e avaliações holísticas (DE ALMEIDA *et al.* 2021).

Os autores Zhao *et al.* (2016) afirmam que a abordagem de Neurociência vem sendo desenvolvida em conexão com diversas áreas do conhecimento, sendo considerada multidisciplinar. Segundo Roselli (2020) a Neurociência pode ser utilizada como ferramenta de

apoio com a finalidade de promover maior entendimento sobre o comportamento dos decisores durante o processo decisório.

Para o desenvolvimento deste trabalho um experimento de *Decision Neuroscience* foi desenvolvido utilizando de duas ferramentas de Neurociência, o *Eye-tracking* e o Eletroencefalograma (EEG), com o intuito de investigar o comportamento dos decisores quando estes avaliavam problemas MCDM/A representados por gráficos e tabelas quando pretende-se selecionar ou eliminar alternativas. A partir do uso destes equipamentos, variáveis fisiológicas e neurológicas não controladas pelo decisor, foram coletadas e posteriormente analisadas para investigar o processo de avaliação holística no contexto do método FITradeoff.

1.1 JUSTIFICATIVA

De maneira geral, uma grande limitação dos métodos tradicionais de MCDM/A é que segundo Roselli (2018), grande parte dos trabalhos desenvolvidos nesta área consideram os decisores como seres totalmente racionais, não considerando aspectos comportamentais que podem influenciar processo decisório. Com o intuito de solucionar tal limitação compreender os mecanismos subjacentes ao processo decisório e apoiar o desenvolvimento de métodos, este trabalho busca utilizar as ferramentas de neurociência para a obtenção de dados diretamente do cérebro e medidas fisiológicas que podem ser correlacionados a aspectos cognitivos.

O método FITradeoff busca fornecer a recomendação ao decisor sem a necessidade de uma informação completa durante o processo de eliciação dos pesos, diminuindo o número de perguntas e a dificuldade delas e conseqüentemente o esforço cognitivo (DE ALMEIDA *et al.* 2016b). Se o decisor não for capaz de fornecer informação completa, esta característica é incorporada no processo de eliciação de maneira flexível (PESSOA *et al.* 2016).

A estrutura interativa do FITradeoff, é apresentada em sua ferramenta computacional dedicada, possibilitando uma redução do esforço cognitivo do decisor, auxiliando a transposição de um conhecimento tácito de domínio, para o modelo multicritério (PESSOA *et al.* 2018). É preciso ressaltar que o método FITradeoff proporciona maior facilidade e agilidade no processo de apoio à tomada de decisão. Este método é inovador pois, exige menos esforço cognitivo por parte do decisor, comparado a métodos similares. Além disso, apresenta uma forte estrutura axiomática. Outro aspecto interessante é o tratamento da tomada de decisão levando em consideração aspectos analíticos do problema e aspectos cognitivos do decisor.

A etapa de avaliação holística, presente no Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do FITradeoff, possui um importante papel desempenhado pelas visualizações gráficas no apoio

aos decisores para definição da solução dos problemas MCDM/A. As visualizações gráficas presentes no SAD do FITradeoff apresentam, para o(s) decisor(es), os dados dos problemas MCDM/A de forma holística (conjunta), permitindo que, caso o(s) decisor(es) deseje(m), usar das visualizações para definirem relações de dominância entre as alternativas e encurte(m) o processo decisório.

Vale evidenciar que, esse trabalho não se aplica apenas a tomada de decisão individual, mas também pode se estender para decisões em grupo, dado que em algumas situações a agregação dos resultados individuais dos decisores é realizada anteriormente a integração destes decisores. Desse modo, os *insights* sobre o uso de avaliação holística, com base nas visualizações gráficas e tabulares, apresentam relevância para os dois cenários de decisão, com um ou com mais de um decisores.

O estudo de seleção *versus* eliminação de alternativas voltado para o método FITradeoff com apoio de ferramentas de neurociência é útil para indicar possíveis sugestões de melhorias para o SAD do FITradeoff fazendo uso de *insights* gerados por variáveis fisiológicas geradas pelos decisores ao fazer a avaliação holística.

Além disso, identificação do nível de esforço cognitivo, estresse, fadiga, entre outras questões se torna de grande utilidade na avaliação dos métodos de elicitación, visto que tais fatores podem prejudicar os resultados obtidos, tornando-os não confiáveis (WEBER e BORCHERDING, 1993).

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste item são apresentados os objetivos deste trabalho, dividindo em objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo comportamental de neurociência aplicada à área de decisão para investigar como os decisores se comportam diante de problemas de decisão multicritério quando são solicitados a selecionar a melhor alternativa ou eliminar a pior, fazendo uso das visualizações gráficas que são fornecidas durante a utilização da avaliação holística implementada no SAD do método FITradeoff.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o processo cognitivo durante o processo de decisão em que se utiliza visualizações gráficas e tabulares;
- Gerar recomendações a respeito do processo de seleção e eliminação de alternativas que possam contribuir para melhoria do processo decisório do método FITradeoff;
- Fazer uso dos resultados obtidos em aplicações desenvolvidas com FITradeoff, em um problema de decisão multicritério.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos que foram divididos da seguinte forma:

O Capítulo I aborda os tópicos da Introdução, incluindo justificativas para o desenvolvimento do trabalho e os objetivos gerais e específicos do estudo.

O Capítulo II, tem como objetivo fornecer a base conceitual a respeito do tema de estudo e o posicionamento frente aos trabalhos já existentes na literatura. Para isso, tal capítulo foi dividido em fundamentação teórica e revisão de literatura. A fundamentação compreende os tópicos: Decisão Multicritério, o Método FITradeoff, o Sistema de apoio à Decisão do FITradeoff, Neurociência e suas ferramentas, em especial *Eye-tracking* e EGG por serem aplicadas a este trabalho. Ainda nesse capítulo, é feita uma revisão de literatura com objetivo de fazer o mapeamento do estado da arte. Ainda neste tópico são apresentados resumos dos principais trabalhos desenvolvidos sobre o método FITradeoff e na área da neurociência, focados em problemas de decisão em geral. Para concluir, a síntese é apresentada o posicionamento do presente trabalho.

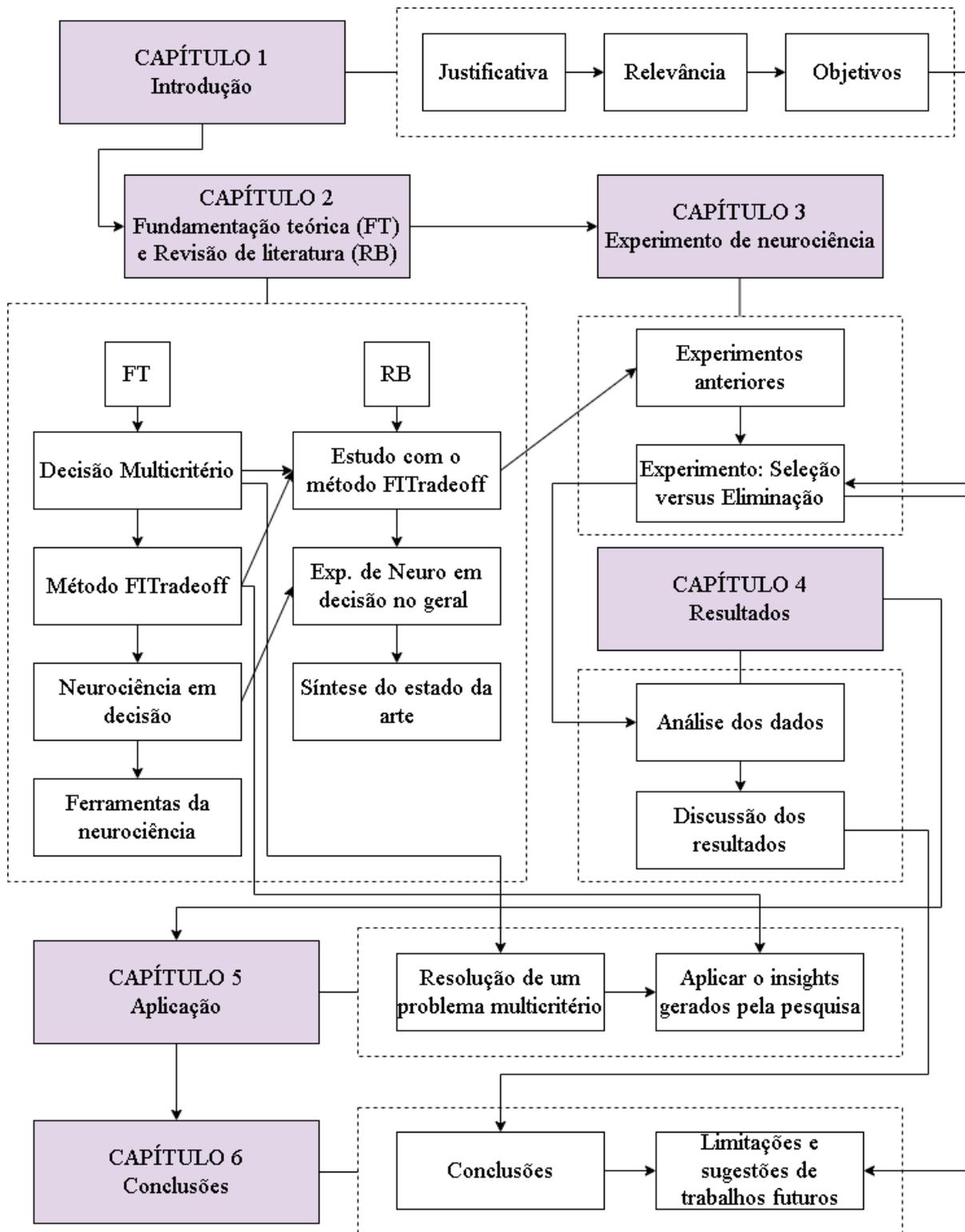
O Capítulo III, diz respeito ao experimento de neurociência aplicado a decisão que foi desenvolvido para investigação do uso de visualização gráfica e tabular para representar problemas de decisão multicritério. Para facilitar o entendimento, este capítulo foi dividido em dois subtópicos: Experimentos prévios, o desenvolvimento do experimento atual com base no experimento o trabalho Pessoa *et al.* (2021a) foi desenvolvido.

O Capítulo IV, apresenta os resultados obtidos a partir das análises dos dados coletados a partir do experimento de neurociência desenvolvido por esta pesquisa.

Posteriormente, o capítulo V diz respeito a uma aplicação do método FITradeoff. Para isso, resultados obtidos por este estudo são ilustrados em uma aplicação Pessoa *et al.* (2021b); Pessoa *et al.* (2021c).

Finalmente, o capítulo V apresenta as conclusões, discutindo as implicações dos resultados obtidos, limitações, direcionamentos e propostas para estudos futuros.

Figura 1 - Estruturação da dissertação



Fonte: O autor (2021)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica relacionada aos tópicos relevantes a este trabalho. Em seguida, vem a apresentação do estado da arte, abordando pesquisas desenvolvidas com o método FITradeoff e posteriormente pesquisas que integram neurociência com decisão. Por fim, é apresentado o posicionamento deste trabalho, indicando como se diferencia e a lacuna na literatura a qual pretende-se cobrir.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A apresentação da base conceitual utilizada neste trabalho é dividida em dois tópicos: no primeiro momento, é mostrada uma visão geral a respeito de Decisão Multicritério. Logo após, são discutidos detalhamentos sobre o método FITradeoff e do seu SAD, como também, alguns conceitos relacionados. Finalmente é feita uma apresentação da neurociência voltada para área de decisão e suas ferramentas.

2.1.1 Decisão Multicritério

Em um problema clássico de otimização, para escolher uma alternativa, dentro de um conjunto de alternativas possíveis, existe uma função objetivo a ser maximizada ou minimizada, quer essa função represente ganhos ou perdas, respectivamente. De acordo com Keeney e Raiffa, (1976), em um problema multicritério, há mais de um objetivo a ser tratado que podem ou não ser conflitantes entre si. Esses objetivos estão associados às possíveis consequências que resultarão da escolha de uma alternativa. Portanto, esses problemas têm mais de uma função objetivo a ser tratada simultaneamente (DE ALMEIDA *et al.* 2015). Ainda segundo os autores, cada objetivo é representado por uma variável, na qual pode ser avaliado seu desempenho para uma determinada alternativa. Essa variável pode ser chamada de critério ou atributo, dependendo do método multicritério utilizado. Para de Almeida (2013) a utilização de métodos MCDM/A faz-se necessário quando não é possível representar todos os objetivos de um problema por meio de critérios com uma unidade métrica.

Segundo De Almeida *et al.* (2012), em um problema de decisão multicritério também é preciso dar destaque a presença de um decisor, cujo julgamento de valores tem papel fundamental, pois ele é responsável pela tomada de decisão. Assim, as preferências do indivíduo são utilizadas, no processo decisório, em busca da obtenção da alternativa de ação que apresente o melhor compromisso entre os critérios (FREJ, 2017). Tendo em vista a relevância e a complexidade relacionadas a situações que envolvem múltiplos objetivos, surgiram

estudos e desenvolvimento de diversos métodos de apoio a decisão, que buscam agregar preferências e traduzi-las em recomendações coerentes (ROSELLI, 2018).

Existem muitos métodos MCDM/A na literatura, cada um deles possui características próprias que se adequam à problemática enfrentada e as preferências do decisor. Diante disso, existem diversas classificações para os métodos existentes, segundo Roy *et al.* (1996) os métodos podem ser classificados como: i) Método de Critério Único de Síntese ii) Métodos de Sobreclassificação e iii) Métodos Interativos. Como exemplo do primeiro grupo de métodos pode-se citar a *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT) e a *Multi-Attribute Value Theory* (MAVT) (KEENEY e RAIFFA, 1976). Para o segundo grupo pode-se citar a família dos métodos ELECTRE (ROY *et al.* 1996) e PROMETHEE (VINCKE e BRANS, 1985). Por último, a Programação Matemática é considerada uma representante do terceiro grupo. Porém, Roselli (2020) afirma a interatividade tenha acabado sendo implementada nos Método de Critério Único de Síntese assim como nos Métodos de Sobreclassificação.

Almeida *et al.* (2013) e Almeida *et al.* (2015) também fazem classificação usual, apresentando as abordagens como os Métodos Compensatórios e Não Compensatórios. Os métodos compensatórios têm como característica a compensação (*trade-off*) entre critérios. Em outras palavras, nos métodos compensatórios ao se avaliar uma alternativa, um desempenho baixo em um dado critério pode ser compensado por um desempenho melhor em outro (KEENEY e RAIFFA, 1976). Por outro lado, os métodos não compensatórios, não há compensação, ou seja, um desempenho ruim em um dado critério não é compensado por um desempenho bom em outro critério.

Uma das preocupações relacionadas a problemas de decisão multicritério abordados com base na *Multi-Attribute Utility Theory* ou *Multi-Attribute Value Theory* é a elicitação dos valores das constantes de escala dos critérios. As constantes de escala ou pesos dos critérios são parâmetros de grande importância para os modelos multicritério. De acordo com Keeney e Raiffa (1976) o significado deles não é restringido ao grau de importância dos critérios, o range de valores das consequências das alternativas deve também ser levado em consideração para determinação dos valores das constantes de escala.

Os autores Salo e Punkka (2005) afirmam que na prática, a elicitação de pesos não é um processo simples, pois diversos fatores podem tornar a elicitação difícil, tais como a urgência da decisão, falta de recursos disponíveis, ou dificuldades conceituais a respeito da interpretação de objetivos intangíveis. Frej (2017) afirma que podem existir outras dificuldades relacionadas

ao processo de elicitación, como a quantidade e ao tipo de informação requerida por parte do decisor.

Existem dois procedimentos principais para elicitación de constantes de escala no modelo aditivo: procedimento de Swing (WINTERFELDT e EDWARDS, 1986) e o procedimento de Tradeoff (KEENEY e RAIFFA, 1976). De acordo com Roselli (2019), procedimento Tradeoff quando comparado com o *Swing* apresenta uma estrutura axiomática mais robusta, porém é menos utilizado devido ao número elevado de inconsistências encontradas.

Uma desvantagem dos métodos de elicitación tradicionais com informação completa e exata é que a informação requerida pelo decisor pode ser tediosa e demandar muito tempo (SALO e HAMALAINEN, 1992) (KIRKWOOD e CORNER, 1993). Weber (1987) afirma que os métodos multicritério que trabalham com informação completa exigem do decisor uma estrutura de preferências bem definida e estável, porém em grande parte das situações o decisor não é capaz de especificar suas preferências de forma tão detalhada quanto é requerido pela maioria dos métodos.

Outra situação que pode acontecer segundo Belton e Stewart (2002), é quando o decisor pode não estar disposto ou ser incapaz de fornecer as informações necessárias para elicitación das constantes de escala. Neste caso, Frej (2017) evidencia que o ideal é desenvolver procedimentos para estimação da função valor a partir de informação fraca e menos precisa do que aqueles que utilizam informação completa do decisor. Essas questões motivaram o surgimento de métodos que utilizam informação parcial, incompleta ou imprecisa a respeito das preferências do(s) decisor(es) (JUNIOR, 2018).

De acordo com Salo e Hämäläinen (1992), as abordagens de informações parciais para MCDM/A foram desenvolvidas principalmente porque as informações exigidas pelos métodos tradicionais podem ser tediosas e demoradas. Além disso, essas abordagens são úteis se os decisores não estiverem dispostos a fornecer informações de forma completa (WEBER, 1987).

2.1.2 Método FITradeoff

O método FITradeoff foi originalmente desenvolvido por de Almeida *et al.* (2016) para obter pesos de critérios no âmbito da Teoria do Valor Multiatributo (KEENEY e RAIFFA, 1976). O método apresenta a mesma estrutura axiomática do procedimento *Tradeoff* (KEENEY e RAIFFA, 1976), mas incorpora conceitos de informação parcial.

Além de fazer uso de informações parciais, usando o método FITradeoff, apenas preferências estritas são coletadas de decisores, e ao final do processo de decisão, um espaço de peso disponível é obtido.

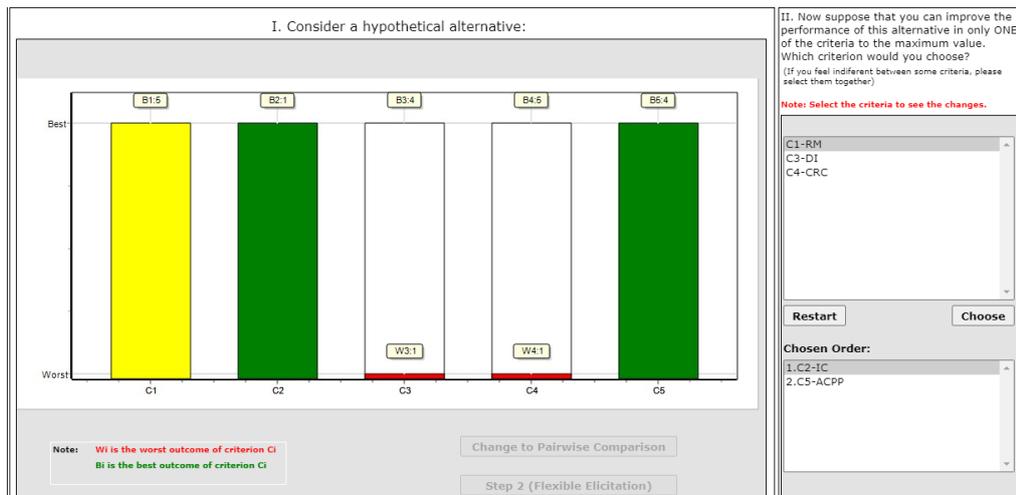
Outras abordagens ao método foram desenvolvidas, como a problemática de ordenação (FREJ *et al.* 2019), a problemática de classificação (KANG *et al.* 2020) e a problemática de portfólio (FREJ *et al.* 2021). Além disso, de Almeida *et al.* (2021) avaliação holística combinada com elicitación por decomposição, o que oferece uma vantagem interessante, uma vez que cada método é tipicamente baseado em apenas um desses dois paradigmas de modelagem de preferência. No entanto, o método FITradeoff tem a flexibilidade de considerar ambas as perspectivas para as preferências de modelagem.

Quando o método FITradeoff foi introduzido pela primeira vez, a avaliação holística foi aplicada apenas para finalizar o processo de decisão (DE ALMEIDA *et al.* 2016). Agora, FITradeoff integra paradigmas de decomposição e holísticos. A introdução dos novos recursos de modelagem de preferência é apresentada no método FITradeoff por de Almeida *et al.* (2021). Este método combina duas perspectivas de modelagem de preferência: a elicitación por decomposição e a avaliação holística. Em outras palavras, os decisores podem expressar preferências durante a elicitación por decomposição ou durante a avaliação holística.

O FITradeoff é implementado em um Sistema de Apoio a Decisão (SAD). Este SAD tornou-se um recurso útil para auxiliar os decisores no processo de decisão. O FITradeoff SAD está disponível online (<http://www.cdsid.org.br/fitradeoff/>) mais informações sobre o método estão disponíveis no site do método (www.fitradeoff.org). Usando este SAD, os decisores realizam a elicitación de constantes de escala de uma forma flexível e interativa.

Inicialmente, ao utilizar o SAD do FITradeoff, é necessário ordenar as constantes de escala referentes a cada critério. Esta ordenação pode ser feita de forma global, onde considera-se que hipoteticamente existe uma alternativa com os piores valores de consequência em todos os critérios e que o decisor pode incrementar, para o valor máximo, a consequência de um critério. Dessa forma, após o primeiro critério em que o decisor deseja incrementar o valor de sua consequência ser selecionado, este é retirado. Este procedimento se repete até que todas as constantes sejam ordenadas. Também é possível realizar a ordenação por meio da comparação par a par. A Figura 2 ilustra a tela do SAD durante a ordenação das constantes de escala de critérios.

Figura 2 – Ordenação das constantes de escala



Fonte: O autor (2021)

A ordenação pode ser feita pela elicitação por decomposição, a partir da comparação pareada das consequências de cada um dos critérios. A partir do ordenamento das constantes de escala, é possível obter a primeira desigualdade que será inserida em um Problema de programação linear (PPL) (1). Em alguns casos, a solução é alcançada apenas com essa desigualdade, e o processo está completo (MENDES *et al.* 2020). Caso contrário, é necessário continuar o processo de decisão.

$$k_1 > k_2 > k_3 \dots k_n \quad (1)$$

Conforme citado anteriormente, após atualização proposta por de Almeida *et al.* (2021), o decisor pode expressar preferências entre pares de consequências, durante a elicitação por decomposição, ou pode expressar preferências entre alternativas, durante a avaliação holística. As preferências expressas em ambas as maneiras são incluídas em um PPL como uma restrição que é representada por uma desigualdade. As inequações fornecem limites superior e inferior para os valores dos pesos, de forma que um espaço de possíveis vetores admissíveis de pesos φ é obtido.

Assim, a combinação desses dois paradigmas de modelagem de preferências permite aos decisores utilizar aquele que julgam mais adequado ao seu estilo cognitivo. Além disso, os decisores pode combinar esses dois paradigmas durante o processo de decisão, por exemplo, expressar preferências usando uma ou outra perspectiva, em diferentes etapas do processo de decisão.

Na elicitação por decomposição, os decisores são solicitados a escolher entre duas consequências (x_i' e x_i''), levando em consideração a nova consequência x_i para avaliar x_i' e x_i'' . O decisor pode responder de uma das seguintes formas: resposta preferencial

(consequência A ou consequência B), nenhuma resposta ou indiferença, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Elicitação por decomposição

Fonte: O autor (2021)

À medida que as informações são fornecidas ao modelo, resultados parciais podem ser verificados, conforme mostrado no lado direito da Figura 3. Os resultados parciais na problemática da escolha são um conjunto de *POA*'s, que continuam no processo de decisão. Na problemática de ordenação, os resultados parciais apresentados são os *rankings* parciais das alternativas.

Se tratando da problemática de seleção o espaço de pesos é utilizado como um conjunto admissível de restrições para o modelo LPP, que é executado para cada alternativa A_i ($i=1, 2, \dots, m$) com o objetivo de verificar se a alternativa A_i é potencialmente ótima para o problema.

$$\text{Max } k_1, k_2, \dots, k_m \sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{ji}), j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

s.a.

$$k_1 \geq k_2 \geq \dots \geq k_{m-1} \geq k_m \quad (3)$$

$$k_j v_j(x'_j) \geq k_{j+1} \quad (4)$$

$$k_j v_j(x''_j) \geq k_{j+1} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{ji}) \geq \sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{jz}), z = 1, 2, \dots, n; i \neq z \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m k_j = 1 \quad (7)$$

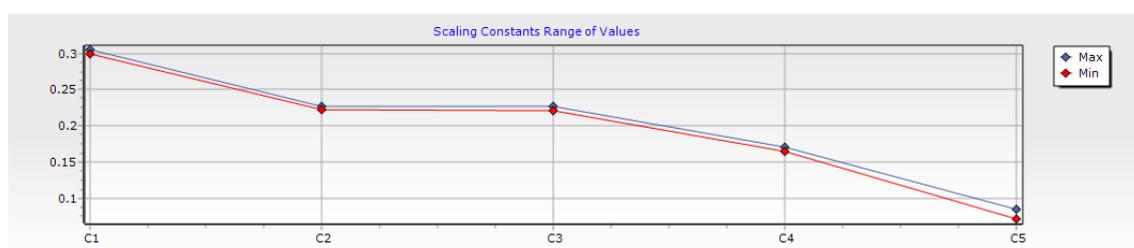
$$k_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

Neste conjunto de equações k_j diz respeito a a constante de escala normalizada do critério j e $v_j(x_{ji})$ é a função de valor intracritério que define o valor da alternativa i no critério j . A função objetivo que busca maximizar o valor global de cada alternativa i (2). A primeira restrição ilustra a relação entre as constantes de escala (3). As duas restrições seguintes são obtidas por meio da elicitação flexível a partir da comparação de consequências hipotéticas (4) (5). A quarta restrição verifica se a alternativa i é potencialmente ótima, de modo que, se a alternativa i não representar uma solução viável, a mesma é eliminada do processo (6). Se dada alternativa for uma solução viável, ela é mantida como uma alternativa potencialmente ótima. A penúltima restrição indica que os valores das constantes de escala são normalizados e a somam 1 (7). Por fim, a última restrição indica que os valores das constantes de escala são positivos (8).

Conforme os decisores respondem às perguntas no FITradeoff, mais restrições são obtidas de modo que o espaço de peso fica menor. Assim, os resultados parciais são atualizados à medida que os resultados são gerados pelo LPP até que uma solução ótima seja obtida para a problemática de escolha, a ordenação completa seja obtida para a problemática de ordenação ou os decisores optem por interromper o processo de decisão.

O FITradeoff também fornece um gráfico contendo a faixa de valores admissíveis para as constantes de escala de cada critério (Figura 4). Este gráfico é atualizado com cada pergunta respondida, o que permite que os decisores monitorem o espaço de peso ao longo do processo. Além disso, o SAD permite que os decisores realizem análises de sensibilidade, nas quais diferentes cenários são gerados para testar a robustez das soluções.

Figura 4 - Range dos valores das constantes de escala



Fonte: O autor (2021)

2.1.3 Avaliação holística

A visualização gráfica é um componente importante dos sistemas de suporte à decisão que são usados na resolução de problemas multicritério, pois de acordo com Miettinen (2014), esta ferramenta pode ser utilizada para apoiar o decisor a compreender as semelhanças e diferenças entre as alternativas. Vale destacar, que não se trata apenas de ajudar a entender

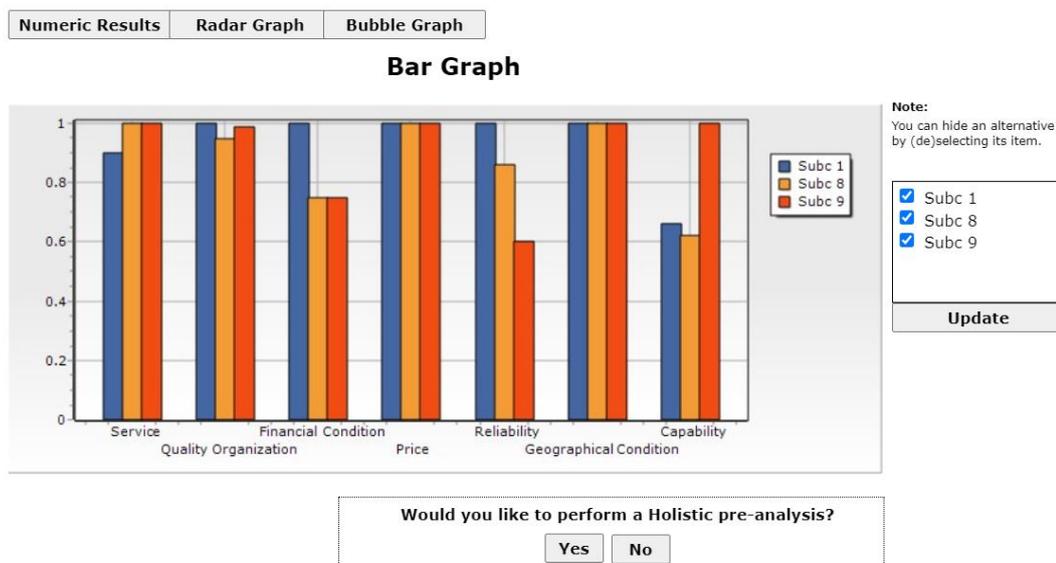
simples relações, mas também facilitar um entendimento geral. Além disso, visualizações gráficas podem ser utilizadas em diferentes etapas do processo de construção do modelo de decisão (ANDERSON e DROR, 2001).

As visualizações gráficas devem ser de fácil entendimento, para que o usuário consiga fazer a leitura e interpretação facilmente. De acordo com Anderson e Dror (2001) deve-se evitar forçar os decisores a lidar com ferramentas de visualização que não sejam intuitivas para eles, visto que, ferramentas não intuitivas podem frustrar o sujeito e levar à rejeição dessas ferramentas.

Segundo o autor De Almeida (2020), o termo “holística” tem se tornado usual no âmbito da decisão multicritério como uma das formas de modelagem de preferências, indicando a avaliação global de alternativas.

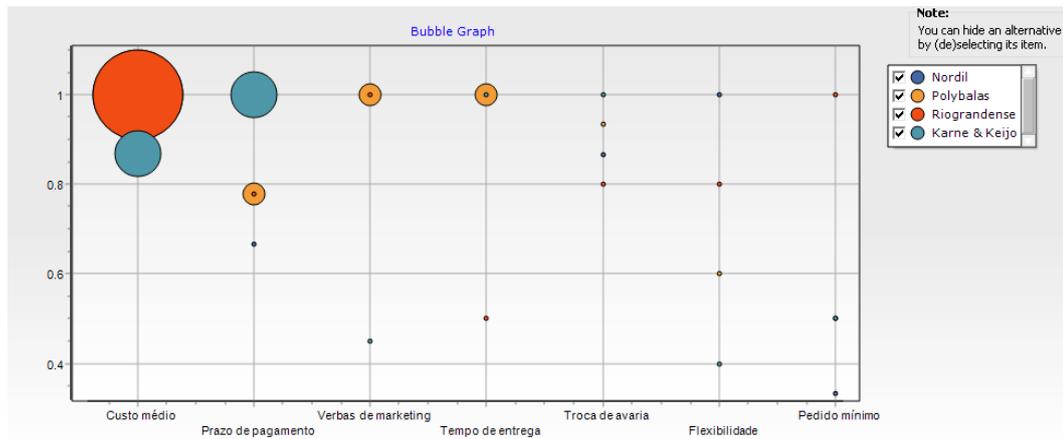
De Almeida *et al.* (2021) apresentam um novo recurso que foi inserido ao SAD do FITradeoff em que o recurso de flexibilidade avança para integrar os dois paradigmas da modelagem de preferência: elicitación por decomposição e a avaliação holística, de forma intercambiável, possibilitando que o decisor alterne entre as duas opções. Isso é um grande avanço pois, inicialmente a avaliação holística foi considerada apenas para finalizar o processo decisório. Após esta atualização a avaliação holística também pode ser realizada no meio do processo, ao invés de apenas para finalizar o processo de decisão. Atualmente, três tipos de gráficos (gráfico de barra, gráfico de bolha e gráfico radar) são apresentados no FITradeoff SAD (Figura 5, Figura 6 e Figura 7).

Figura 5 -Gráfico de Barras disponível no SAD do FITradeoff



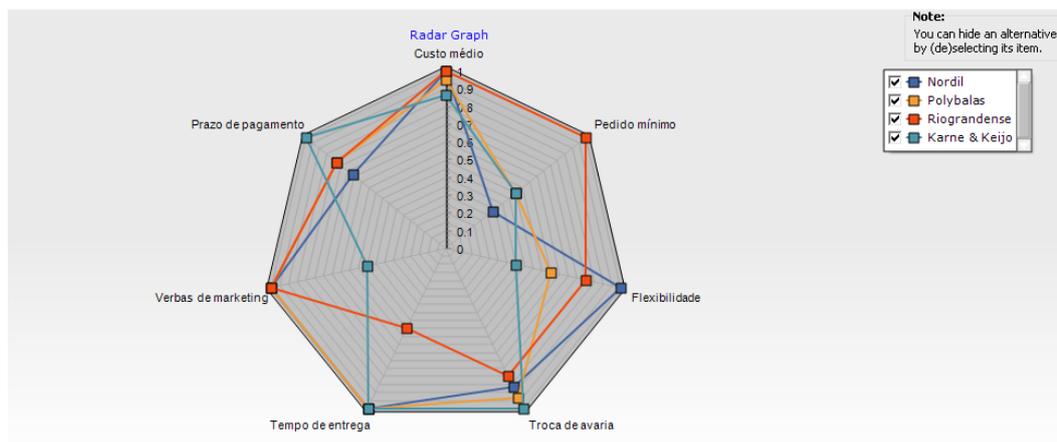
Fonte: O autor (2021)

Figura 6 - Gráfico de Bolhas disponível no SAD do FITadeoff



Fonte: O autor (2021)

Figura 7 - Gráfico Radar disponível no SAD do FITadeoff



Fonte: O autor (2021)

Se tratando do Método FITradeoff para a problemática da escolha, a avaliação holística pode ser realizada por meio da visualização gráfica / tabular. Diante disso, o decisor pode utilizar este recurso para analisar holisticamente todo o conjunto de POAs, e definir relações de preferência entre elas, se desejar.

É interessante frizar que, quando se trabalha com um problema de decisão que possui um número pequeno de POAs, o decisor pode selecionar a alternativa final usando gráficos/tabela e interromper o processo de decisão desde que a solução tenha sido obtida. No entanto, se tratando de problemas que possuem um grande número de POAs ou em situações em que o decisor não desejar escolher uma alternativa neste ponto, é possível retornar ao processo de elicitação por decomposição e dar continuidade ao processo decisório.

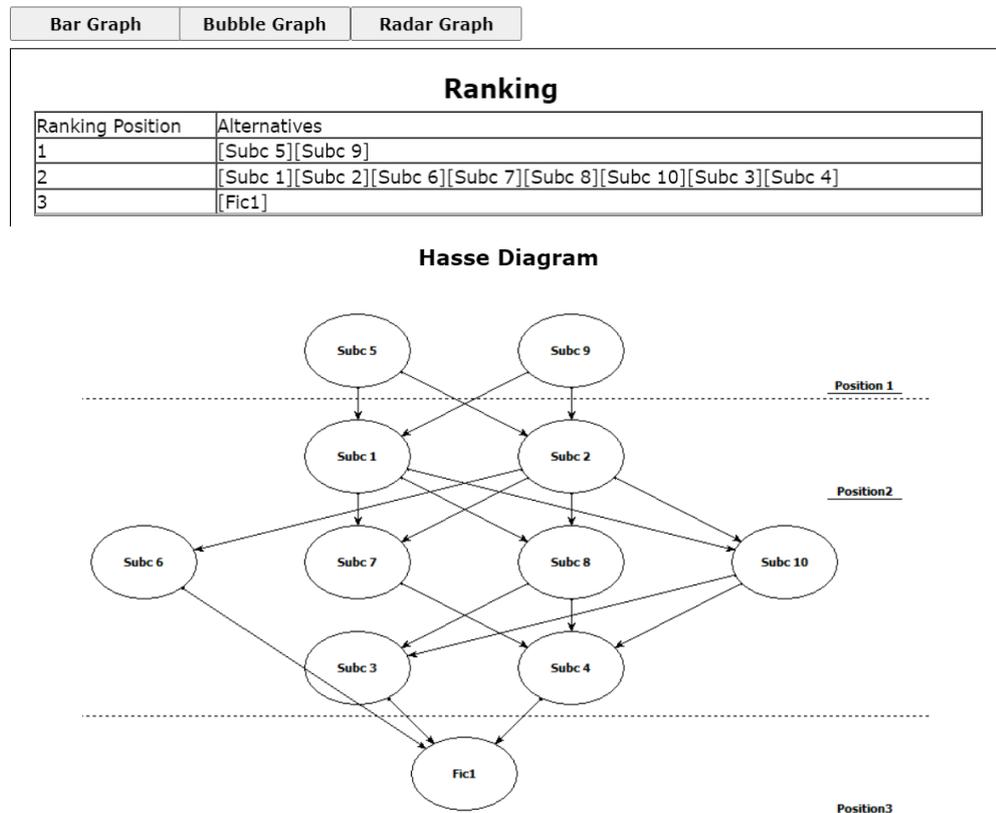
Abordando a problemática de ordenação, é preciso ressaltar que o método FITradeoff apresenta uma particularidade pois, ao longo do processo podem acontecer situações de pré-

ordem parcial, ou seja, relações de incomparabilidade entre alternativas podem ser observadas durante o processo (FREJ *et al.* 2019). Esta conjuntura pode ser justificada pela utilização de informação parcial. Porém, após a finalização, uma pré-ordem completa é obtida e as relação de preferência e indiferença passam a ser definidas.

A utilização da avaliação holística em problemas que se enquadram na problemática de ordenação, é possível definir relações de dominância entre pares de alternativas que se apresentam como incomparáveis em algumas posições do ranking. Assim, como acontece na problemática de escolha, as alternativas podem ser comparadas por meio de gráficos e tabelas. Esse processo é bem discutido no estudo de Almeida *et al.* (2021).

Além disso, para a problemática de ordenação, o SAD permite ao usuário visualizar os resultados parciais em uma tabela ou diagrama de Hasse (Figura 8). O diagrama representa as posições em que as alternativas se encontram no ranking, destacando as relações de dominância ponto a ponto estabelecidas ao longo do processo por meio de arcos. Neste diagrama, as setas direcionadas indicam as relações de dominância e as setas não direcionadas indicam as relações de indiferença.

Figura 8 - Tabela de rankings e Diagrama de Hasse



Fonte: O autor (2021)

Vários estudos comportamentais têm sido realizados utilizando ferramentas da neurociência. Um desses estudos resultou na *Success-Based Decision Rule* (SBDR), que representa uma importante melhoria para o SAD (Roselli & de Almeida, 2021). Esta regra fornece recomendações para o analista permitindo que auxiliem os decisores a decidir usar ou não visualizações para definir uma relação de dominância entre alternativas. Essa regra foi proposta com base no *Hit Rate* (HR), apresentada em estudos anteriores (ROSELLI *et al.* 2018a, 2019a). O SBDR está disponível o SAD do FITradeoff no *Login* do analista.

Na literatura, diversos estudos comportamentais já investigaram o processo cognitivo no processo de avaliação e elicitación holística (DA SILVA *et al.* 2021; ROSELLI & DE ALMEIDA, 2021; PESSOA *et al.* 2021a, ROSELLI & DE ALMEIDA 2020a, ROSELLI & DE ALMEIDA 2020b, ROSELLI *et al.* 2019a, ROSELLI *et al.* 2019b).

2.1.4 Neurociência em Decisão

Por lidar com o estudo do sistema neural, a neurociência tem ganhado relevância crescente para diversas áreas do conhecimento, incluindo tomada de decisão/auxílio multicritério, pois contribui para a compreensão do comportamento humano e do processo de decisão (ROSELLI *et al.* 2019). Os autores Goucher-Lambert *et al.* (2017), afirmam que fazendo uso da neurociência os pesquisadores podem explorar cenários complexos de tomada de decisão no momento do julgamento.

A área de Neurociência em Decisão trata-se de uma área multidisciplinar, englobando, principalmente, a psicologia, a economia e a neurociência, e que se vale de técnicas e ferramentas dessa última para estudar os aspectos relacionados ao processo decisório (GLIMCHER e RUSTICHINI, 2004). Do ponto de vista da neurociência cognitiva, compreender como o cérebro implementa os processos cognitivos associados à tomada de decisão é uma importante interseção entre a psicologia cognitiva, a neurociência e a engenharia (GOUCHER-LAMBERT *et al.* 2017).

2.1.4.1 Outras áreas da neurociência

A abordagem de Neurociência vem sendo desenvolvida em conexão com diversas áreas do conhecimento, sendo considerada multidisciplinar (ZHAO *et al.* 2016). Assim, estudos desenvolvidos por diferentes áreas do conhecimento utilizam a abordagem de Neurociência para entender seus sistemas e/ou atividades de interesse deram início a outras áreas: *NeuroMarketing*, *NeuroEconomics* e *NeuroIS*.

A incorporação da neuroimagem à tomada de decisão chegou também ao campo do marketing, dando origem a área de *NeuroMarketing*, a ideia é revelar informações sobre as preferências do consumidor que não podem ser obtidas por meio de métodos convencionais (ARIELY e BERNS, 2010). Morin (2011) afirma que o cérebro é responsável por todos os nossos comportamentos de consumo deste modo, entender o comportamento do consumidor através destas ferramentas pode gerar *insights* valiosas a respeito de processos subconscientes.

A *NeuroEconomics* é uma abordagem que vem sendo desenvolvida para investigar o comportamento relacionado a decisões econômicas visando entender as preferências expressadas e complementar as abordagens clássicas (Roselli, 2020). De acordo com Rushworth e Walton (2009), tal abordagem tenta descrever não apenas por que uma escolha pode ser aquela a ser tomada, mas também elucidar os mecanismos neurais que geram tais decisões. Esta área ganhou a reputação de ser psicologicamente realista e de fornecer novos *insights* sobre os processos ocultos que governam a tomada de decisões (GRAYOT, 2020).

O conceito de *Neuro Information Systems* (NeuroIS) surgiu durante a Conferência Internacional de Sistemas de Informação de 2007. De acordo com Goucher-Lambert *et al.* (2017) NeuroIS pode ser definida como a área da neurociência que está vinculada ao uso das tecnologias de informação e comunicação. Segundo Müller-Putz *et al.* (2015) a NeuroIS possui dois grandes objetivos, sendo eles: i) contribuir para uma compreensão teórica avançada do *design*, desenvolvimento, uso e impacto das tecnologias de informação e comunicação, ii) contribuir para a concepção e desenvolvimento de sistemas que afetam positivamente as variáveis de resultado relevantes (EX: saúde, satisfação, adoção e produtividade).

2.1.5 Ferramentas de Neurociência

Atualmente existe uma grande diversidade de ferramentas de neurociências, tais como: Ressonância magnética funcional (fMRI), Eletroencefalografia (EEG), Magnetoencefalografia (MEG), Estimulação Magnética Transcraniana (TMS), Eye Tracking, Tomografia por emissão de positrões (PET), Eletromiografia Facial (EMG), entre outros.

Na área de neurociência, a escolha das ferramentas que serão utilizadas pode ser atividade complexa. Normalmente, os pesquisadores selecionam uma ferramenta de pesquisa com base em fatores como resolução espacial, resolução temporal, custo e base de conhecimento disponível tornaram-se fatores-chave (MÜLLER-PUTZ *et al.* 2015). Os autores afirmam ainda que é necessário entender que toda ferramenta de pesquisa tem pontos fortes e fracos e, portanto, não existe uma ferramenta que supere todas as outras ferramentas em todos os critérios de

seleção possíveis. Assim, a aplicação de uma ou outra ferramenta da neurociência sempre implica fazer *trade-offs*.

2.1.5.1 Eletroencefalograma

O Eletroencefalograma (EEG) é uma técnica econômica e não invasiva que quantifica diretamente os campos elétricos do cérebro em locais do couro cabeludo com resolução temporal de milissegundos (DONG *et al.* 2018). Em outras palavras, segundo Calvert (2019) eletrodos são usados para capturar os sinais elétricos que podem ser detectados na superfície da pele devido à transferência de um neurônioimpulso.

Vale destacar que, de acordo com Fabiani *et al.* (2007) a atividade elétrica que resulta da ativação de um único neurônio é muito pequena e, portanto, só é possível medir a atividade coletiva de um grande número de neurônios no couro cabeludo. Segundo Lin *et al.* (2018), os neurônios se comunicam entre si eletroquimicamente, deste modo quando os neurônios estão alinhados de forma semelhante, a atividade elétrica pode ser medida no couro cabeludo com eletrodos usando um amplificador diferencial.

O EEG tem as limitações de baixa resolução espacial e relação sinal-ruído (SNR) (DONG *et al.* 2018). Porém, em contra partida, seu custo de aplicação é relativamente baixo, quando comparada a outras ferramentas de neurociência como por exemplo, a fMRI. Müller-Putz *et al.* (2015) mencionam o EEG como um dos sistemas mais baratos que existem. Essa característica permite maior acessibilidade à pesquisa, podendo atrair um uso generalizado, não apenas por profissionais, mas também por acadêmicos (LIN *et al.* 2018). A tabela 1 apresenta uma comparação entre o EEG e o fMRI.

Tabela 1 - EEG versus fMRI

EEG	fMRI
Excelente resolução temporal (milissegundos).	Resolução temporal pobre porque o fMRI mede indiretamente a atividade neural por meio de processos hemodinâmicos.
É menos intrusivo, proporcionando um ambiente mais natural em que o participante pode permanecer sentado.	Requer um alto grau de intrusão, pois o participante deve permanecer deitado dentro do equipamento.
É um dos sistemas mais baratos que existem.	Gera custo relativamente altos.
Resolução espacial é bastante limitada (aproximadamente um centímetro).	Oferece boa resolução espacial (normalmente 1-2 mm milímetros).

Fonte: O autor (2021)

Há dois principais tipos de ondas cerebrais descritas na literatura de EEG, o EEG espontâneo e o *Event-related Potential* (ERP). Os autores Müller-Putz *et al.* (2015) definem

EEG espontâneo como sinais resultantes da atividade cerebral regular sem percepção de um estímulo experimentalmente manipulado. Esse tipo de onda cerebral é relevante na neurociência cognitiva, psicofisiologia e neuroIS, saúde, entre outros campos.

Para Müller-Putz *et al.* (2015) tem-se como definição de ERP sinais que refletem a atividade de populações sincronicamente ativas de neurônios que ocorrem em preparação ou em resposta a eventos discretos que são manipulados experimentalmente se originam de estímulos externos específicos. Esses estímulos podem ser, por exemplo, visuais, auditivos, somatossensoriais ou mesmo olfativos.

Na pesquisa de EEG, existem bandas de frequência específicas que são chamadas de Delta, Theta, Alpha, Beta e Gama. Cada uma delas está associada a um estado mental conforme apresentado na tabela 2. Os limites ou *ranges* exatos dessas bandas de frequência variam na literatura científica a tabela 3, apresenta os limites definidos por diferentes autores.

Tabela 2 - Definição do estado mental associado a cada banda de frequência

Bandas de frequência	Estado mental associado
Delta	Sono profundo e inconsciência em humanos saudáveis
Theta	Meditação e sonolência
Alpha	Indicam estados de vigília relaxada em adultos saudáveis
Beta	Concentração ativa, envolvimento em tarefas, excitação, ansiedade, atenção ou vigilância.
Gama	Excitação, desempenho máximo das atividades mentais

Fonte: Adaptado Müller-Putz et al. (2015)

Tabela 3 - Range das bandas de frequência

Referência	Delta (Hz)	Theta (Hz)	Alpha (Hz)	Beta (Hz)	Gama (Hz)
Pizzagalli (2007)	1-4	4-8	8-13	13-30	30-40
Khushaba <i>et al.</i> (2012)	0,5-4	4-7	8-12	13-30	30-40
Khushaba <i>et al.</i> (2013)	0-4	3-7	8-12	13-30	30-40
Roux e Uhlhaas (2014)	-	4-7	8-13	-	30-200
Müller-Putz <i>et al.</i> (2015)	1-4	4-8	8-13	13-25	25-200
Saifudinova <i>et al.</i> (2015)	-	-	Banda baixa: 4-8 Banda Alta: 12-36	-	-
McMahan <i>et al.</i> (2015)	1-4	4-7	7-13	13-25	25-43
Ramsøy <i>et al.</i> (2018)	-	-	8-13	13-25	25-40
Cooper <i>et al.</i> (2017)	-	4-8	-	-	-
Smith <i>et al.</i> (2017)	-	-	8-13	-	-
Biercewicz <i>et al.</i> (2020)	0,5-4	4-8	8-12	12-20	-
Da Silva <i>et al.</i> (2021)	-	4-8	8-13	14-30	-

Fonte: O autor (2021)

2.1.5.2 Eye Tracking

O rastreamento ocular, do inglês *Eye tracking*, é uma tecnologia avançada usada para medir o movimento dos olhos ou o ponto de vista de um indivíduo, permitindo a observação direta e a localização precisa do que está atraindo a atenção de um certo indivíduo (ZHENG *et al.* 2020).

Os rastreadores oculares modernos usam sensores especializados para inferir a direção de visualização a partir dos padrões de luz infravermelha refletida pela córnea durante os movimentos normais dos olhos. (SIROIS e BRISSON, 2014). Segundo Dimoka *et al.* (2012), dispositivos mais recentes usam uma câmera remota montada na tela que rastreia o movimento da pupila ou usam um monitor que rastreia o que a pessoa olha com o auxílio de sensores infravermelhos.

A medição é realizada a partir da emissão de raios infravermelhos e reflexão destes pela córnea, a taxa de amostragem do equipamento é de 120 Hz (TOBBI, 2020). Segundo Roselli (2020), este equipamento apresenta grande precisão para mensuração dos movimentos dos olhos em telas, porém pouca flexibilidade, sendo necessário mantê-lo fixo.

Os autores Dimoka *et al.* (2012) afirmam as variáveis mais importantes captadas pelo *eye-tracking* são: fixação ocular, dilatação da pupila, análise das áreas de interesse (AOIs) e duração do olhar. Porém, com o passar dos anos outras métricas passaram a ser consideradas pelos pesquisadores, os autores Bafna e Hansen (2020) dividem algumas métricas oculares em seis categorias: métricas relacionadas a dilatação da pupila, piscadas, sacadas, microsacadas, fixações e deriva ocular. Tais métricas foram utilizadas em estudos que buscavam mensurar a fadiga em diferentes contextos. A tabela 4 apresenta as métricas citadas para cada categoria.

Tabela 4 - Métricas oculares

Categoria	Métricas
Dilatação da pupila	Diâmetro da pupila na <i>Baseline</i> ; Diâmetro da pupila na <i>Baseline</i> normalizada; Dilatação da pupila em função do tempo; Pico de dilatação da pupila; Faixa de dilatação da pupila; Amplitude de constrição da pupila; Latência de constrição da pupila.
Piscadas	Porcentagem de fechamento ocular; Contagem de piscadas; Frequência de piscar; Duração média do piscar.
Sacadas	Duração sacada, Velocidade de pico sacada, Inclinação da magnitude da velocidade do pico sacádico, Área sob a curva da velocidade de pico sacádico-magnitude.
Microsacadas	Inclinação da magnitude da velocidade de pico da microsacada.
Fixações	Número de fixações por evento, Duração média de fixação, Distância de fixação.
Deriva ocular	Velocidade média de deriva ocular.

Fonte: O autor (2021)

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O MÉTODO FITRADEOFF E NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO

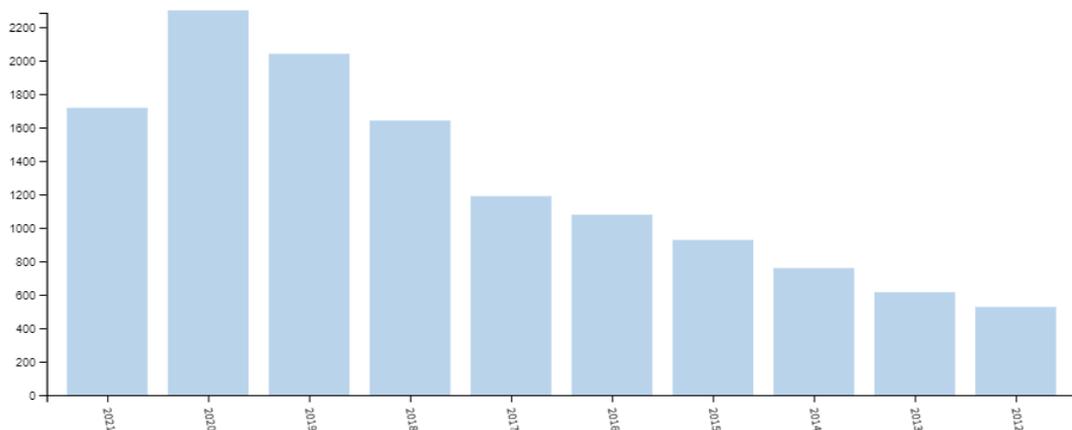
Nesta seção é apresentada uma revisão da literatura acerca das pesquisas realizadas nas áreas que se relacionam com o tema deste trabalho. Para tanto, inicia-se com o escopo da investigação, posteriormente são apresentados estudos em geral que utilizaram o método FITradeoff, e em seguida, são apresentados aqueles voltados para a área de neurociência.

2.2.1. Escopo da investigação

A fim de identificar e examinar artigos publicados na literatura a respeito tema estudado, primeiramente, foi feita a definição da base de pesquisa, neste caso, o estudo se limitou a *Web of Science* (Clarivate Analytics). Tendo em vista que, ambas as fontes são cientificamente relevantes e abrangem diversas áreas do conhecimento. Assim, chegou-se a primeira estratégia de pesquisa conforme mostrado na expressão de consulta: (“Multi-attribute” OR “Multiple-Attribute” OR “MCDA” OR “MCDM” OR “MCDA/M” OR “MCDM/A” OR “Multiattribute”). Assim, levando em consideração os registros publicados entre 1945 e 2019 e buscando somente por artigos 16.881 registros foram encontrados. Considerando apenas artigos em inglês esse número é reduzido para 16.717 registros.

Como resultado da busca feita na base da *Web of Science* merece atenção que o primeiro artigo relacionado a busca foi publicado em 1997. O número de publicações cresceu ao longo dos anos, aproximadamente 75,68% dos artigos publicados nesta área se concentram entre os anos 2012–2021, ou seja, 12.652 dos 16.717 registros. A figura 9, ilustra a quantidade de publicações de 2012 até 01 de setembro de 2021.

Figura 9 - Quantidade de registros por ano de artigos relacionados a decisão multicritério na Web of Science

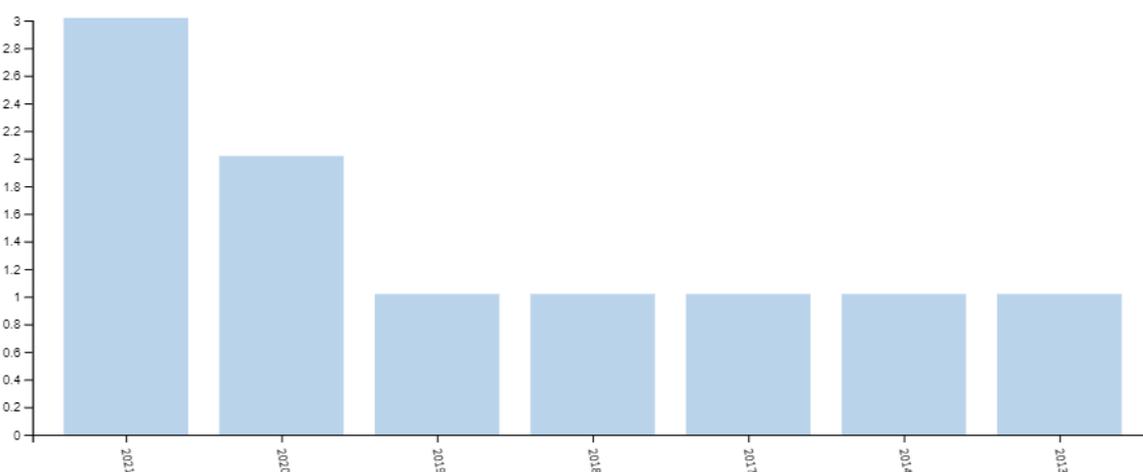


Fonte: O autor (2021)

Quanto aos países que mais publicaram nesta área temos a China em primeiro lugar com 4.480 artigos o equivalente a 26,79% do total, em segundo lugar os Estados Unidos da América com 2.529 artigos representando 15,13% e Índia em terceiro lugar com 1421, cerca de 8,5% do total. O Brasil se encontra na 17º contabilizando 308 artigos, ou seja, 1,9% do total.

Logo após, dando continuidade a busca uma segunda expressão de consulta foi elaborada para chegar mais perto do tema desta pesquisa, assim temos: TS= (“Multi-attribute” OR “Multiple-Attribute” OR “MCDA” OR “MCDM” OR “MCDA/M” OR “MCDM/A” OR “Multiattribute”) AND (“Neuroscience” OR “Neurodecision”). Como resultado, apenas 10 artigos foram encontrados, sendo o primeiro deles publicado em 2013. A área apresentou crescimento nos últimos anos, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10 - Quantidade de registros por ano de artigos relacionados a decisão multicritério e neurociência na Web of Science



Fonte: O autor (2021)

Se tratando das áreas de pesquisa 40% dos trabalhos se concentraram na área de *Operations research management science*, 20% na área de *business economics*, 20% na área de *engineering* e os 20% restante se dividiram entre as áreas de *Biomedical social sciences*, *Medical ethics*, *Neurosciences neurology*, *Psychology* e *Social sciences other topics*. A tabela 5 apresenta a quantidade de artigos por área de pesquisa.

Tabela 5 - Quantidade de artigos por área de pesquisa

Áreas de pesquisa	Contagem
Operations Research Management Science	4
Business Economics	2
Engineering	2
Biomedical Social Sciences	1
Medical Ethics	1

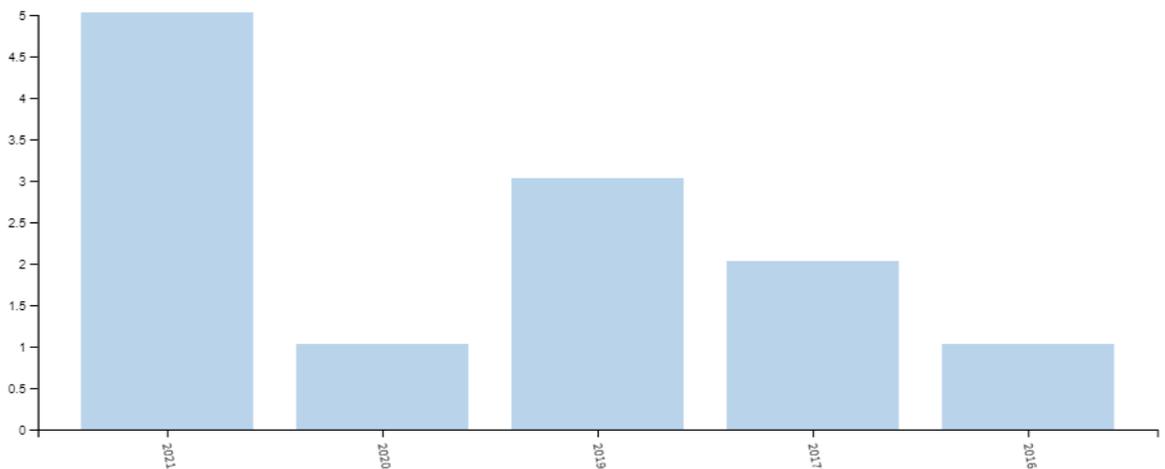
Neurosciences Neurology	1
Psychology	1
Social Sciences Other Topics	1

Fonte: O autor (2021)

Dando continuidade ao processo de buscar, uma segunda expressão de consulta foi elaborada, desta vez incluindo os termos seleção e eliminação. Assim temos, TS= (“Multi-attribute” OR “Multiple-Attribute” OR “MCDA” OR “MCDM” OR “MCDA/M” OR “MCDM/A” OR “Multiattribute”) AND (“Neuroscience” OR “Neurodecision”) AND (“Selection” OR “Elimination”). Como resultado, apenas três artigos foram encontrados, sendo o primeiro deles publicado em 2014. Os demais foram publicados nos anos de 2019 e 2020.

Como quarta estratégia de busca a seguinte expressão foi utilizada: TS= (“Multi-attribute” OR “Multiple-Attribute” OR “MCDA” OR “MCDM” OR “MCDA/M” OR “MCDM/A” OR “Multiattribute”) AND (“FITradeoff”). Esta estratégia resultou em 13 artigos sendo o primeiro deles publicados em 2016, a figura 11 apresenta a quantidade de publicação por ano. Os resultados mostram que 41,67% dos artigos foram publicados em 2021, indicando um crescimento do interesse acerca deste tema.

Figura 11 - Quantidade de publicações por ano relacionadas ao FITradeoff na Web of Science



Fonte: O autor (2021)

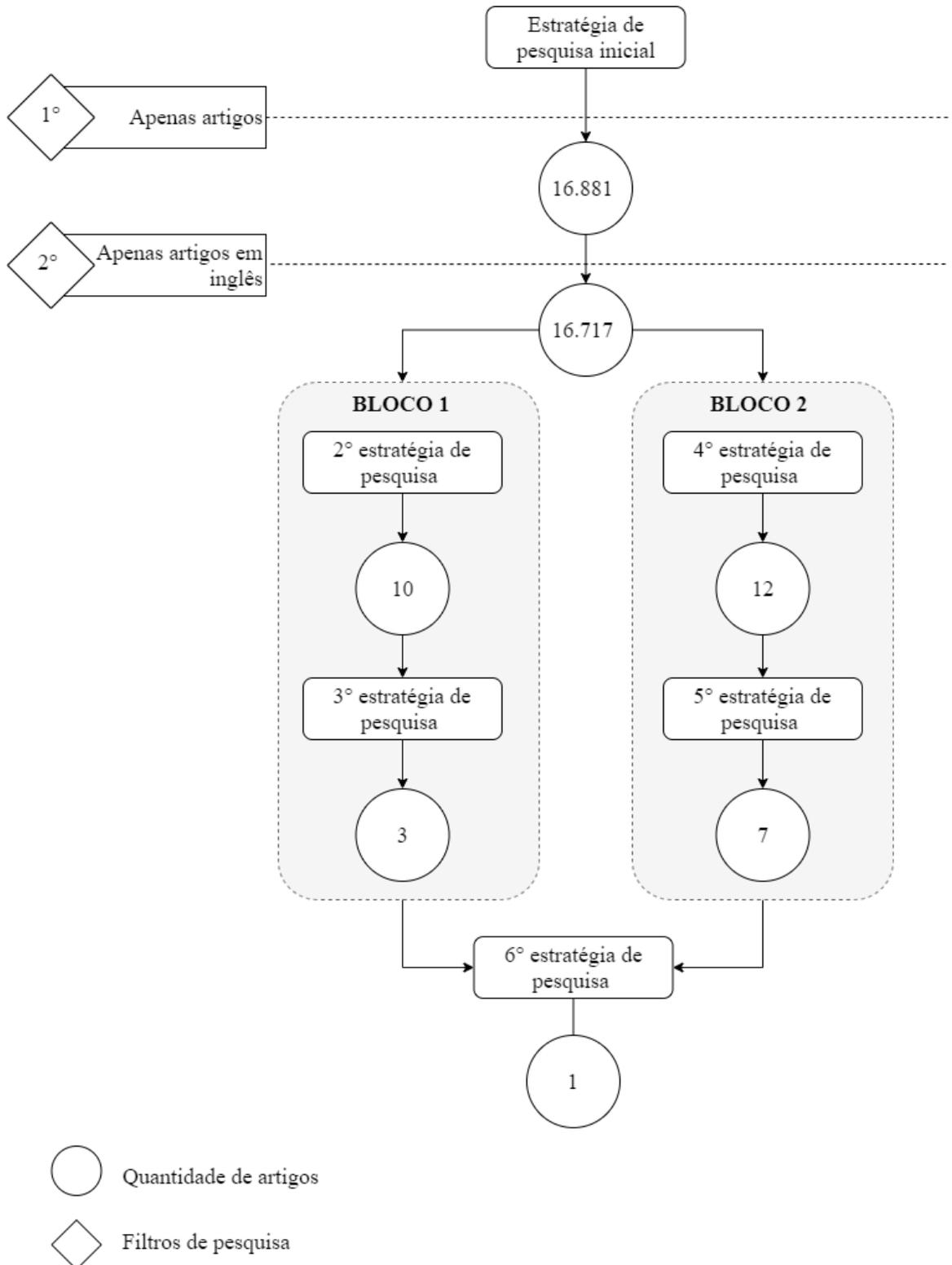
Dando sequência a pesquisa, mais uma estratégia de busca foi implementada, assim temos: TS= (“Multi-attribute” OR “Multiple-Attribute” OR “MCDA” OR “MCDM” OR “MCDA/M” OR “MCDM/A” OR “Multiattribute”) AND (“FITradeoff”) AND (“Selection” OR “Elimination”). Desse modo, apenas sete artigos foram encontrados. O primeiro deles publicado em 2016 e 71,42% do total publicados entre os anos 2019-2021.

Por último, a última estratégia de pesquisa foi montada da seguinte forma: TS= (“Multi-attribute” OR “Multiple-Attribute” OR “MCDA” OR “MCDM” OR “MCDA/M” OR “MCDM/A” OR “Multiattribute”) AND (“FITradeoff”) AND (“Selection” OR “Elimination”) AND (“Neuroscience” OR “Neurodecision”). Destarte, apenas um artigo foi encontrado, o qual foi publicado no ano de 2019.

Para concluir, a figura 12 resume as estratégias de pesquisa, os filtros utilizados e quantidade de artigos encontrados em cada etapa. Como pode-se perceber, a análise foi dividida em dois blocos, sendo o primeiro relacionado a artigos associados a Decisão multicritério e neurociência e o segundo relacionado ao Método FITradeoff. Por último uma união dos dois blocos foi realizada, de modo que apenas um artigo foi encontrado.

Tendo em vista que o único artigo encontrado na estratégia de pesquisa final Roselli *et al.* (2019) buscou investigar como os decisores entendem a visualização gráfica e selecionam a melhor alternativa e acaba não abordando o processo de eliminação.

Figura 12 - Resumo do procedimento de pesquisa



Fonte: O autor (2021)

2.2.2 Aplicações do método FITradeoff

No contexto industrial os autores Correia *et al.* (2021) elaboraram um modelo de decisão para resolver um problema de estação de trabalho na indústria calçadista, considerando múltiplos objetivos conflitantes que influenciam o processo de tomada de decisão. Para isso, foi feita uma associação do *Value Focused-thinking* (VFT) e *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) para estruturar uma hierarquia de objetivos-chave para avaliar o modelo de decisão e a modelagem de preferência com o tomador de decisão foi realizada com o auxílio do método FITradeoff.

Dando continuidade as aplicações no contexto industrial, Silva *et al.* (2019) também utilizaram o VFT juntamente com o FITradeoff para fornecer maior coerência e eficiência em todo o processo de seleção de projetos *World Class Manufacturing* (WCM), buscando selecionar um projeto com maior urgência de execução, ajudando a empresa a usar o programa WCM com mais sucesso. Rodrigues *et al.* (2020) buscando propor uma política de manutenção eficiente para empresas que distribuem gás natural, elaboraram um modelo multicritério baseado no *Delay Time* (Christer e Waller 1984) e no método FITradeoff para escolha de um fornecedor de inspeção para uma válvula de isolamento.

Se tratando do cenário empresarial, o FITradeoff foi utilizado pelos autores Dos Santos *et al.* (2020) para seleção de um fornecedor em um atacadista e varejista do setor de construção civil. Assim como Frej *et al.* (2017), utilizaram o mesmo para resolver um problema de seleção de fornecedores em uma indústria de alimentos. Pergher *et al.* (2020) consideraram uma abordagem de simulação de eventos discretos integrada com o método FITradeoff método para identificar a melhor combinação de atribuição de data de vencimento, liberação de pedido e regras de despacho de uma loja. Pessoa *et al.* (2021) utilizaram o FITradeoff para auxiliar uma organização a melhorar sua performance em relação ao seu próprio programa de *compliance*.

O método FITradeoff também foi utilizado no contexto de saúde. Os autores Frazão *et al.* (2021) desenvolveram um modelo de priorização das vítimas do SAMU, baseado na metodologia de decisão multicritério, levando em consideração a escassez de recursos. Ainda neste cenário, Camilo *et al.* (2020) buscaram determinar o protocolo de triagem mais adequado para unidades de saúde de emergência na cidade de Natal-RN, além de ajudar outros países menos avançados a determinar o protocolo de triagem mais adequado para atendimento de emergência. Dell'Ovo *et al.* (2017) utilizaram o FITradeoff para selecionar a localização de "*La Citta della Salute*", uma grande unidade de saúde na região da Lombardia na Itália.

Se tratando de energias renováveis o método FITradeoff foi utilizado pelos autores De Lacerda *et al.* (2021) para resolver um problema de seleção de local para uma estação redutora de pressão. Fossile *et al.* (2020) contruíram um modelo de decisão multicritério para resolver um problema de seleção de fontes de energia a fim de identificar qual tipo de energia renovável é mais viável para os portos brasileiros investirem, para apoiar a decisão o mesmo método foi utilizado.

Ainda se tratando do contexto energético, os autores De Macedo *et al.* (2018) aplicaram o FITradeoff a um problema de substituição de motor em uma indústria, a fim de construir um plano de substituição para atender aos padrões mínimos de desempenho energético estabelecidos pela Lei de Eficiência Energética Brasileira. Kang *et al.* (2018) fizeram a proposta de um modelo de decisão baseado no método FITradeoff com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão multicritério relacionado ao planejamento energético para que fosse possível fornecer informações para elaboração de políticas no Brasil.

No ambiente policial, os autores Martins *et al.* (2020) construíram um modelo de decisão multicritério para a Polícia Rodoviária Federal (PRF). Neste caso, o método foi utilizado com o intuito de priorizar trechos de estradas, com base em sua criticidade e nos riscos que os usuários enfrentam. Os autores Silva *et al.* (2019) aplicaram o método para apoiar um decisor na seleção de uma área/região específica para localizar uma nova Delegacia Estadual de Polícia Militar no Estado de Pernambuco. Pessôa *et al.* (2016) utilizaram o mesmo para auxiliar uma decisão relacionada a escolha de armamento para um navio escolta.

No panorama tecnológico, os autores Poletto *et al.* (2020) integraram a metodologia VFT e o método FITradeoff para apoiar a avaliação e priorização de serviços de Tecnologia da informação (TI) e *outsourcing*. Vieira *et al.* (2020) fez uma aplicação relacionada a ferramentas de *Business Intelligence* (BI) com o objetivo de escolher aquela que melhor atenderia as necessidades do negócio.

O Método FITradeoff também vem sendo utilizado em contextos de decisão em grupo. Shukla e Dubey (2021) consideraram a seleção de celebridades e influenciadores para o marketing de mídia social como um problema de decisão em grupo e o *Modified Generalized Fuzzy Evaluation Method* (MGFEM) (BISWAS, 1995; SHUKLA *et al.* 2019) para avaliar a estrutura de preferência inicial do grupo de DMs por atributos de celebridades, Uma vez obtidas a preferência agregada para o grupo, um *ranking* das celebridades foi obtido usando o método FITradeoff.

Ainda no cenário de decisão em grupo, os autores Frej *et al.* (2019) elaboraram um Sistema de Apoio à Decisão interativo para a solução de problemas multicritério de tomada de

decisão em grupo, baseado em informações parciais obtidas dos decisores, sendo esta ferramenta baseada no conceito de elicitación flexível do FITradeoff.

2.2.3 Estudos voltados para a melhoria do SAD do FITradeoff

Os autores de Almeida *et al.* (2021), apresentaram um novo recurso na flexibilidade do FITradeoff, combinando e integrando esses dois paradigmas: avaliações holísticas e elicitación por decomposição. O estudo expõe como o decisor pode interagir no processo decisório escolhendo elicitación por decomposição ou avaliações holísticas proporcionando a flexibilidade não apenas de usar um ou outro dependendo da natureza da problemática, mas, se necessário, a critério do decisor, eles podem ser usados alternadamente durante a modelagem de preferência para chegar à solução ótima.

Os autores Da Silva *et al.* (2021) desenvolveram um estudo que buscava realizar uma análise sobre os aspectos cognitivos durante o processo de elicitación por meio do FITradeoff em que os sujeitos resolvem problemas de decisão desenvolvidos por eles próprios. As análises se concentraram nas principais etapas do SAD relacionadas ao processo de elicitación: ordenação das constantes de escala dos critérios do problema, exploração do espaço de consequência e elicitación flexível. Os resultados indicaram que há maior demanda cognitiva do decisor durante a elicitación flexível assim, verifica-se que maior apoio deve ser dado ao decisor nesta etapa do que ela é importante para a definição do espaço de peso e para a busca de uma solução pelo SAD. Isto foi importante para nortear ações de melhoria no SAD do método FITradeoff.

De Almeida e Roselli (2017) projetaram um experimento para explorar o uso da neurociência cognitiva para avaliar a visualização para suporte à decisão no método FITradeoff. O experimento considera a visualização com gráficos de barras predominantemente incluindo algumas perguntas com outro tipo de visualização gráfica. Em suma, os resultados encontrados foram: Em relação aos dois conjuntos de gráficos com diferentes distribuições de pesos, foram encontrados, de pesos iguais definidos para os pesos distorcidos: (a) o acerto a taxa diminuiu em cerca de 20%; (b) o tempo médio de fixação aumentou cerca de 15%; (c) há uma alta correlação entre a taxa de acerto e o grau acadêmico e o grau de conhecimento dos métodos MCDM/A.

Os autores Roselli *et al.* (2019) desenvolveram um experimento que tinha o objetivo de avaliar como os participantes lidam com problemas de decisão que apresentam apenas informações gráficas. Para desenvolvimento deste estudo vinte e quatro gráficos diferentes foram criados com três, quatro ou cinco alternativas e critérios. Além disso alguns gráficos

possuíam pesos iguais e outros possuíam pesos diferentes. Três experimentos semelhantes foram desenvolvidos e conduzidos utilizando rastreamento ocular. Como resultado uma melhoria sugerida ao SAD do FITradeoff, foi a constatação que a posição dos pesos é adequada na visualização gráfica para problemas de MCDM/A. Além disso, foi sugerida a inclusão de tabelas nas visualizações do SAD do FITradeoff. O estudo ainda apresentou um nível mínimo de confiança para cada tipo de visualização.

Pessoa *et al.* (2021a) apresentaram um estudo que tinha o objetivo de investigar como os decisores selecionam a melhor alternativa e como eles eliminam a pior alternativa fazendo uso das visualizações gráficas e tabulares, que são utilizadas durante a avaliação holística do método FITradeoff. Este trabalho apresenta resultados preliminares, observa-se que o Tempo de Resposta é maior para a fase de seleção, o que pode indicar que os participantes iniciaram a fase de eliminação mais cansados.

2.2.4 Experimentos de Neurociências para investigação de Processos Cognitivos em Decisão

Compreender os processos fisiológicos de tomada de decisão em uma variedade de contextos é um objetivo central na ciência da decisão (KHUSHABA *et al.* 2012). Deste modo, o estudo sobre a tomada de decisão tem sido desenvolvido ao longo dos anos, considerando os diversos tipos de problemas.

Khushaba *et al.* (2013) idealizaram um experimento que exigia que os participantes escolhessem seus biscoitos preferidos, descritos por forma, sabor e cobertura. A ideia era encontrar uma maneira de quantificar a importância de diferentes características do cracker que contribuem para o *design* do produto com base em informações mútuas. Os resultados indicaram que valores mais altos de informações mútuas foram alcançados por quase todas as bandas de EEG com os rótulos de sabor e cobertura em comparação com a forma. Isso, por sua vez, sugere que esses atributos dos biscoitos iniciaram um processamento mais cognitivo.

Massar *et al.* (2016) desenvolveram um estudo em que os participantes realizaram uma tarefa de atenção que envolvia diferentes tipos de recompensas, com isso buscou-se avaliar se existia alguma relação entre o nível de esforço dispendido com o valor esperado do ganho com a decisão. Os resultados sugeriram que recompensas maiores levaram a um desempenho e nível de esforço de atenção maiores.

Os autores Kang *et al.* (2011) realizaram um estudo utilizando fMRI em que os participantes precisavam fazer escolhas hipotéticas e reais sobre compras de bens de consumo, o intuito era avaliar se os cálculos de valoração de escolhas em situações reais e hipotéticas

diferiam entre si no cérebro. Os resultados deste estudo indicaram que as diferenças de escolha nas duas situações estão associadas, principalmente, a variações nos cálculos de valores do córtex orbitofrontal mediano e do estriado ventral e não ao uso de diferentes sistemas de avaliação.

Os autores Venkatraman *et al.* (2009) desenvolveram uma tarefa de tomada de decisão que continha apostas econômicas com cinco resultados ordenados, variando de grandes perdas monetárias a grandes ganhos monetários. Os participantes eram solicitados a escolher entre: i) maximizar o ganho, ou seja, aumentar a magnitude do maior ganho monetário; ii) minimizar a perda, ou seja, reduziu a magnitude da maior perda monetária; iii) maximizar a probabilidade, que significava aumentar a probabilidade geral de ganhar em relação a perder dinheiro. Deste modo, as escolhas que maximizaram os ganhos ou as perdas minimizadas foram associadas a ativações no córtex pré-frontal ventromedial, No entanto, as escolhas que maximizaram a probabilidade geral foram associadas à ativação nos córtices pré-frontais parietal e lateral. Os autores concluíram que sistemas cerebrais específicos potencializam escolhas dependendo de estratégias, características e contexto.

Goucher-Lambert *et al.* (2017) desenvolveu um estudo no qual os participantes eram solicitados a escolher entre duas formas diferentes e combinações de recursos para várias garrafas de água. Os atributos usados para criar as alternativas de garrafa de água foram: forma, função e preço. Além disso, cada garrafa de água foi emparelhada com uma propriedade dependente que poderia ser: i) Condição Ambiental que incluiu valores de impacto ambiental calculados para cada configuração e ii) Condição de controle que incluiu uma propriedade do material. A análise de dados de fMRI encontrou ativação em regiões do giro frontal superior/medial e do giro temporal inferior/médio quando os participantes estavam envolvidos nos ensaios de decisão de condição ambiental. Os dados comportamentais (tempo de resposta) também foram examinados usando medidas para capturar características de dificuldade de decisão, esta análise sugeriu que os participantes gastaram significativamente menos tempo avaliando produtos onde o impacto ambiental foi um fator, isso indica que apresentar o impacto ambiental como parte de uma decisão de preferência torna a decisão mais fácil para os participantes.

O autor Nermend (2017) desenvolveu um estudo com o objetivo de examinar a fadiga dos participantes durante o processo decisório de seleção de um determinado produto. Para isso, um experimento foi projetado, contendo uma atividade de escolha entre seis veículos. Os veículos foram comparados em relação a seis critérios (preço, aparência, consumo de combustível, espaço do porta-malas, custo de manutenção e custo de seguro). Os participantes

do experimento incluíram pessoas com conhecimento do método AHP. Os resultados obtidos indicaram que quanto mais tempo o estudo dura, mais fadiga é apresentada pelos participantes. A atividade cerebral nos participantes do experimento se mostrou útil para monitorar as preferências reais, já que os participantes nem sempre tomam decisões de acordo com as preferências declaradas por eles.

Meng e Xiu (2018) desenvolveram um estudo que envolvia cenários de tomada de decisão de alto e baixo risco. Para isso, seis cartas nas cores vermelho e azul, foram apresentadas. Posteriormente os sujeitos precisavam dizer qual era cor de um cartão aleatoriamente escolhido. Ao julgar a cor da carta selecionada corretamente, os participantes recebiam 10 pontos. Ao julgar errado, nada era pontuado. Para análise dos dados, foram a técnica de *event-related potential* (ERP) foi utilizada. Os resultados indicaram que a amplitude do componente N2 aumenta com o aumento da incerteza das informações de risco, o que prova que este componente está intimamente relacionado à tomada de decisão objetiva do gerenciamento de risco.

Os autores Gonçalves *et al.* (2019) desenvolveram um experimento que tinha o objetivo de capturar o esforço cognitivo despendido pelos participantes na análise de três resultados diferentes de um mesmo problema MCDM sem restrição de tempo. Para isso, foi criado um problema que consistia em classificar um conjunto de seis locais e identificar o melhor, para instalar uma nova hidrelétrica, levando em consideração seis critérios: Mão de obra, Energia, Custo de construção, Custo de operação, Número de vilas a serem evacuadas e Nível de segurança. Os resultados de cada cenário foram apresentados aos sujeitos no plano GAIA-PROMETHEE e foi solicitado que eles analisassem os gráficos um por vez, e informassem, com base na sua percepção, qual era a melhor e a pior alternativa do ranking final do PROMETHEE II. Os resultados indicaram que embora os participantes estivessem familiarizados com o método PROMETHEE II, foi obtida uma baixa taxa de acerto ao avaliar o plano GAIA, sugerindo dificuldades no entendimento da ferramenta de visualização gráfica.

No estudo desenvolvido por Krejtz *et al.* (2020) os participantes eram solicitados a decidir entre diamantes qual era mais caro, levando em consideração o tamanho, a clareza, a forma, a cor, o brilho e as proporções. Os resultados comportamentais deste experimento indicaram que os participantes variaram na extensão do processamento da informação pré-decisão, com algumas escolhas baseadas em uma única pista, sugerindo o uso da heurística simples conhecida por *Take The Best* e outras escolhas baseadas em várias pistas, sugerindo o uso de regras de decisão complexas.

Barbosa *et al.* (2021) realizaram um experimento com objetivo de avaliar se a posição do elemento de imagem do produto influencia as percepções dos consumidores. Para isso, imagens de caixas de pizzas foram expostas aos participantes, tais imagens apresentavam diferentes combinações de quatro elementos (imagem, logotipo, sabor e informações rápidas do produto) distribuídos entre os quatro quadrantes (superior direito, superior esquerdo, inferior direito e inferior esquerdo) das embalagens. Os resultados indicaram que a posição dos atributos de imagem, logotipo e sabor altera de forma consistente o nível de atenção do consumidor.

A tabela 6 apresenta alguns trabalhos da área de neurociência o tamanho da amostra e as ferramentas utilizadas na pesquisa.

Tabela 6 - Trabalhos de neurociência aplicada à decisão

Referência	Ferramenta de Neurociência utilizada	Tamanho da amostra
Khushaba <i>et al.</i> (2013)	<i>Eye-Tracking</i> e EEG	18
Massar <i>et al.</i> (2016)	<i>Eye-Tracking</i>	24
Kang <i>et al.</i> (2011)	Fmri	24
Venkatraman <i>et al.</i> (2009)	Fmri	23
Goucher-Lambert <i>et al.</i> (2017)	Fmri	11
Nermend (2017)	EEG	33
Meng e Xiu (2018)	EEG	18
Gonçalves <i>et al.</i> (2019)	<i>Eye-Tracking</i>	18
Krejtz <i>et al.</i> (2020)	<i>Eye-Tracking</i>	21
Barbosa <i>et al.</i> (2021)	<i>Eye-Tracking</i>	98
Da Silva <i>et al.</i> (2021)	<i>Eye-Tracking</i> e EEG	57

Fonte: O autor (2021)

Quando se refere a pesquisa de Eye-tracking, é importante ressaltar que a escolha de uma métrica deve considerar a capacidade e as limitações do modelo de equipamento utilizado, assim como o objetivo da pesquisa e o *design* no experimento. A tabela 7 aponta as métricas utilizadas por diferentes trabalhos que utilizam o *eye-tracker*, bem como o objetivo dos estudos.

Tabela 7 - Métricas utilizadas em estudos que utilizaram o *Eye-tracking*

Referência	Métricas	Objetivo do estudo
PERKINS <i>et al.</i> 2021	Constricção, Dilatação da pupila, Taxa de piscada, Amplitude sacádica, Tempo de Reação Sacádica e quebras de fixação.	Testar se as respostas sacádicas, pupilares e intermitentes em Transtorno do Comportamento do Sono eram semelhantes às de doença de Parkinson.
ZHENG <i>et al.</i> 2020	Duração da fixação da pupila, velocidade de movimento da pupila, posição da pupila e o tamanho da pupila.	Faz uma investigação sistemática sobre o uso da pupilometria como o único recurso para classificar as emoções em quatro classes distintas usando estímulos no ambiente de realidade virtual.

ROSIIEK e SAJKA, 2019	Mapa térmico de atenção visual.	Apresentar e categoriza as estratégias de análise de conteúdo e métodos de resolução da tarefa, que envolvia descrever a velocidade em uma projeção vertical, ignorando a resistência do ar.
LI <i>et al.</i> 2019	Taxa e duração das piscadas, diâmetro da pupila, mudança percentual no diâmetro da pupila, duração da fixação e a contagem da fixação.	Avaliar o impacto da fadiga mental na capacidade dos operadores de detecção de perigo e os padrões correspondentes de alocação de atenção visual.
BELL <i>et al.</i> 2018	Secreção de suor, frequência cardíaca, atividade muscular facial, movimentos oculares e atividade elétrica do cérebro, usando técnicas que incluem condutância da pele, pupilometria, rastreamento ocular e imagens magnéticas do cérebro	Utilizar técnicas fisiológicas e neurocientíficas para avançar a pesquisa do consumidor, fornecendo insights sobre os mecanismos muitas vezes inconscientes subjacentes ao comportamento do consumidor.
APPEL <i>et al.</i> 2018	Diâmetro da pupila, taxa de piscada, tempo de resposta, fixação e sacadas.	Propor um novo método de classificação de carga de trabalho.
GUO <i>et al.</i> 2018	Tempo de reação (RT) para tentativas corretas, a taxa de erros para estímulos e a taxa de alarmes falsos e tamanho da amostra de diâmetros pupilares normalizados, avaliações subjetivas de fadiga mental antes e depois da tarefa de manipulação de fadiga e a porcentagem de fechamento dos olhos e desvio padrão da posição da pista.	Explorar a influência prejudicial da fadiga mental na inibição da resposta de um motorista.
UNGUREANU <i>et al.</i> 2017	AOIs, tempo gasto por AOIs, tamanho da pupila por AOI, mapa de calor, Tamanho médio da pupila normalizado X Valor médio normalizado pelo eletrodo de resposta galvânica da pele.	Desenvolve uma metodologia para avaliação da atenção visual e da excitação do usuário utilizando dispositivos de baixo custo e software livre.

Fonte: O autor (2021)

2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO

O método FITradeoff, tem tido bons indicadores de uso, conforme se verifica em seu site (www.fitradeoff.org), em 14 de setembro de 2021 a fonte Scopus indicava 91 citações do primeiro artigo (de ALMEIDA *et al.* 2016). Além disso, cinco artigos a respeito do método FITradeoff foram indexados na base *Web of Science* no ano de 2021, sugerindo um crescimento das pesquisas voltadas para este tema.

Este trabalho também pode ser considerado inovador para a área principal de estudo, a tomada de decisão multicritério, devido à baixa quantidade de estudos que realizam integração com a abordagem de Neurociência em Decisão Multicritério. Na base *Web of Science* foram encontrados apenas 10 artigos que fazem a conexão entre as duas áreas. No ano de 2021 apenas 3 artigos que abordava os tópicos de Neurociência e MCDA/M foram indexados nesta base.

Dessa maneira, é possível perceber que há uma lacuna na literatura quando se trate desse tema. Ao buscar por artigos que tratavam de Neurociência, MCDA/M e o processo de seleção

ou eliminação. Apenas um artigo foi entrado, sugerindo que há uma lacuna na literatura e que esta pesquisa pode contribuir para o enriquecimento da área.

3 EXPERIMENTO PARA AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS: SELEÇÃO VERSUS ELIMINAÇÃO NO FITRADEOFF

Nesta seção é apresentada a construção do experimento que foi realizado durante o desenvolvimento desta pesquisa, assim como os procedimentos de processamento dos dados. Para isso, inicia-se apresentando os experimentos anteriores que avaliaram as visualizações gráficas, e em seguida, são apresentadas as informações acerca do experimento presente.

3.1 EXPERIMENTOS COMPORTAMENTAIS PRÉVIOS

Três outros experimentos comportamentais foram desenvolvidos pelo grupo de pesquisa do NSID (*NeuroScience for Information and Decision*) da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. Todos os estudos utilizaram o EEG Emotiv de 14 canais para capturar a atividade elétrica do cérebro e o Eye-tracking X120 da Tobii Studio, para captar dados relacionados a movimentos oculares ao longo do experimento.

Os estudos realizados anteriormente foram importantes, pois as conclusões geradas a partir deles contribuíram para melhoria da construção do experimento realizado neste trabalho. De modo que, foi possível identificar quais tipos de visualizações deveriam ser mais estudadas, qual era a ordem de apresentação mais adequada, entre outras questões. A tabela 8 apresenta um resumo a respeito das informações relevantes a cada experimento realizado anteriormente.

Tabela 8 - Experimentos realizados anteriormente

Ano	Configuração do experimento		Tamanho da amostra	Resumo dos principais resultados encontrados
	Visualizações	Ordem das apresentações		
2017	O experimento contava com gráficos de barras sendo parte deles com pesos iguais e outra parte com pesos diferentes, um gráfico radar com pesos iguais, um gráfico de bolha com pesos iguais, 2 tabelas com pesos iguais e 2 combinações mistas (que utilizava mais de uma forma de visualização ao mesmo tempo) com pesos iguais.	As figuras foram ordenadas em três sequências distintas, sendo elas: i) Grau crescente de dificuldade; ii) Grau decrescente de dificuldade; iii) Ordem aleatória.	36	- Os gráficos de barras apresentaram as maiores taxas de acerto; - As tabelas apresentaram boas taxas de acerto. - O gráfico de Bolhas apresentou a pior taxa de acerto. - A ordem aleatória das apresentações apresentou a maior taxa de acerto. - Os participantes gastavam mais tempo para analisar as visualizações mistas.
2018	Este experimento era composto por gráficos de barras e tabelas sendo metade das visualizações com pesos	Aleatória	51	- As tabelas obtiveram maiores taxas de acerto. - Os tempos de resposta foram maiores para problemas que

	iguais e a outra metade com pesos diferentes, e visualizações mistas.			apresentavam pesos iguais e mais alternativas. - O esforço cognitivo não apresentou diferenças significativas entre gráfico de barras e tabelas.
2019	O experimento era formado por gráfico de barras, gráficos do tipo radar e tabelas. Maior parte das visualizações apresentou pesos diferentes, apenas a figuras que possuíam sete critérios variam entre pesos iguais e pesos diferentes.	Aleatória	78	- Os gráficos de barras apresentaram as maiores taxas de acerto. - Os tempos de resposta foram maiores para os gráficos do tipo radar e visualizações com pesos diferentes. - O esforço cognitivo não apresentou diferenças significativas entre gráfico de barras, gráfico radar e tabelas.

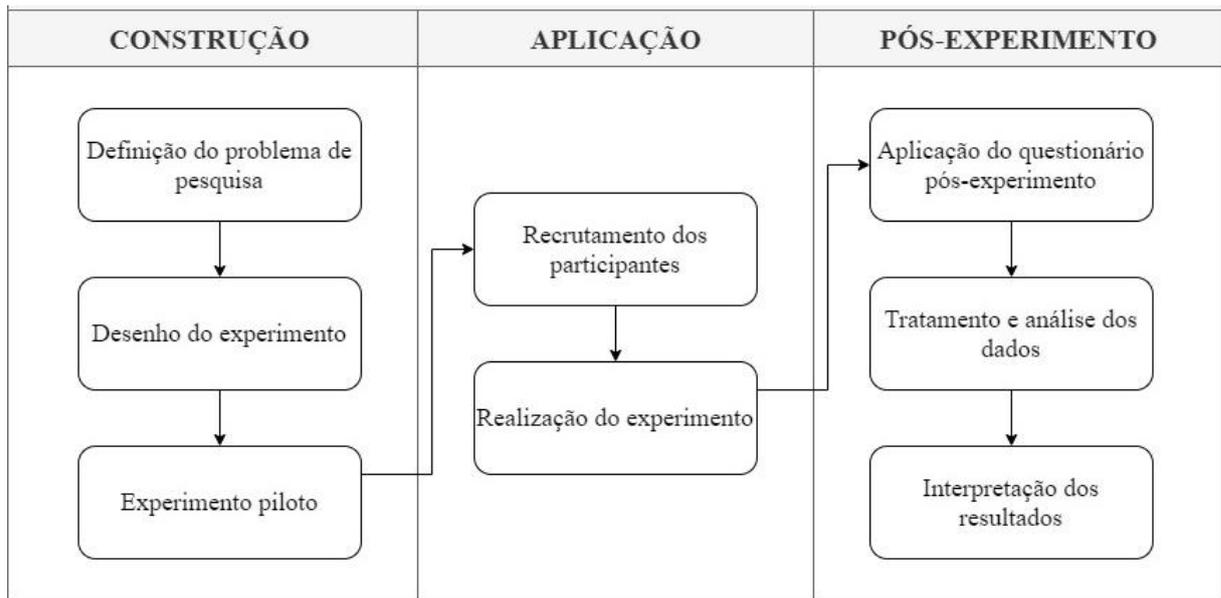
Fonte: O autor (2021)

3.2 EXPERIMENTO SOBRE OS PROCESSOS COGNITIVOS: SELEÇÃO VERSUS ELIMINAÇÃO

No SAD FITradeoff, visualizações gráficas e tabulares são usadas para apoiar a avaliação holística. Essas visualizações revelam o desempenho das *potentially optimal alternatives* (POAs) em problemas de MCDM/A. Portanto, utilizando-os, o decisor pode definir relações de dominância entre alternativas. Normalmente, duas ou três alternativas são comparadas nas visualizações, e se os decisores desejarem, podem definir qual é a melhor no grupo de POAs.

Nesse contexto, para avaliar se o decisor prefere selecionar a melhor alternativa ou eliminar a pior alternativa, no grupo de POAs, foi construído um experimento neurocientífico. Este experimento neurocientífico foi conduzido no laboratório NSID. No total, quarenta e quatro indivíduos participaram do experimento. O experimento foi aprovado pelo comitê de ética da universidade. A figura 13 apresenta as etapas para execução do estudo.

Figura 13 - Etapas para execução do experimento



Fonte: O autor (2021)

A execução do experimento foi dividida em três etapas, sendo elas: i) construção do experimento ii) Aplicação do experimento e iii) Pós-experimento. Tais etapas serão explicadas detalhadamente nos próximos tópicos.

3.2.1 Construção do Experimento

A etapa de construção do experimento foi dividida em três subetapas: i) Definição do problema de pesquisa; ii) Desenho do experimento; iii) Experimento piloto. Estas subetapas serão apresentadas em maiores detalhes nos próximos tópicos.

3.2.1.1 Definição do problema de pesquisa

A etapa de avaliação holística, que acontece no FITradeoff devido à presença de visualizações gráficas no SAD, possui um importante papel desempenhado pelas visualizações gráficas no apoio aos decisores para definição da solução dos problemas MCDM/A. Diante disso, quando se trata de encontrar a solução de um problema de decisão multicritério, algumas dificuldades podem aparecer e a visualização gráfica pode facilitar este processo.

O uso de ferramentas de neurociência para auxiliar na melhoria da visualização de dados está se tornando cada vez mais relevante, uma vez que se trata de uma questão importante para a tomada de decisão. (ROSELLI *et al.* 2019). Desse modo, torna-se possível compreender os mecanismos subjacentes ao processo decisório e apoiar o desenvolvimento de métodos, ferramentas e até sistemas de apoio a decisão (SILVA, 2018). Os dados obtidos através desse tipo de experimentação são menos suscetíveis a vieses por parte do decisor, uma vez que se

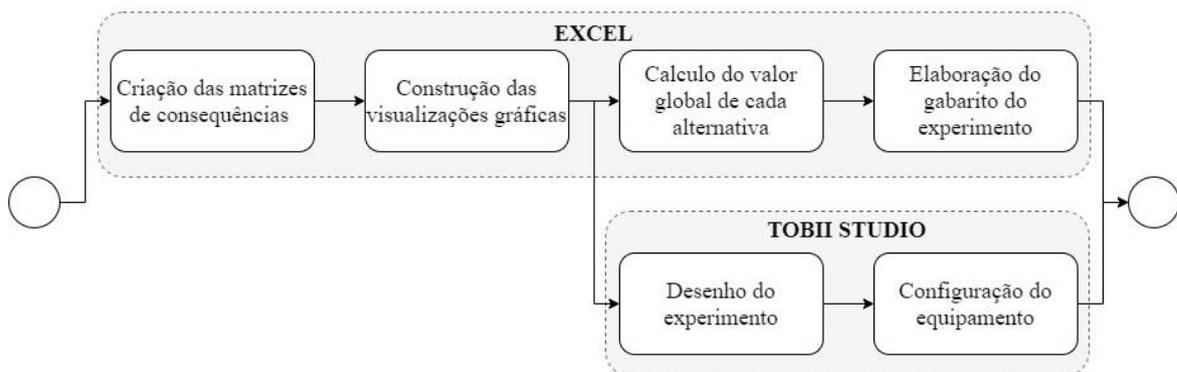
encontram fora do controle do mesmo, representando fonte confiável para múltiplas análises (KHUSHABA *et al.* 2013).

Assim sendo, um experimento de neurociência em *Decision Neuroscience*, foi desenvolvido utilizando de dois equipamentos de Neurociência, o *Eye-tracking* e o Eletroencefalograma (EEG). Tendo como objetivo investigar o comportamento dos decisores quando estes avaliavam problemas MCDM/A representados por gráficos e tabelas, comparando situações em é necessário selecionar a melhor alternativa e/ou eliminar a pior.

3.2.1.2 Desenho do experimento

O experimento conta com estímulos visuais na forma de gráficos de barras e tabelas nos quais cada participante deveria avaliar os gráficos e tabelas e em seguida escolher ou eliminar uma alternativa, conforme solicitado na tela. O processo de desenho do experimento apresentado na figura 14.

Figura 14 - Processo de desenho do experimento



Fonte: O autor (2021)

Na etapa de desenho de experimento, inicialmente foi necessário criar matrizes de consequências fazendo uso do Excel. Estas matrizes foram a base para construção das visualizações gráficas. Elas não tinham nenhuma conexão com um contexto de decisão específico e os valores apresentados eram aleatórios, visto que a ideia era analisar como cada participante poderia tomar decisão levando em consideração apenas o que estava sendo apresentado. Assim, as alternativas foram nomeadas por letras (por exemplo, A, B e C); e os critérios são nomeados por número (por exemplo, Crit 1, Crit2, Crit3, Crit4).

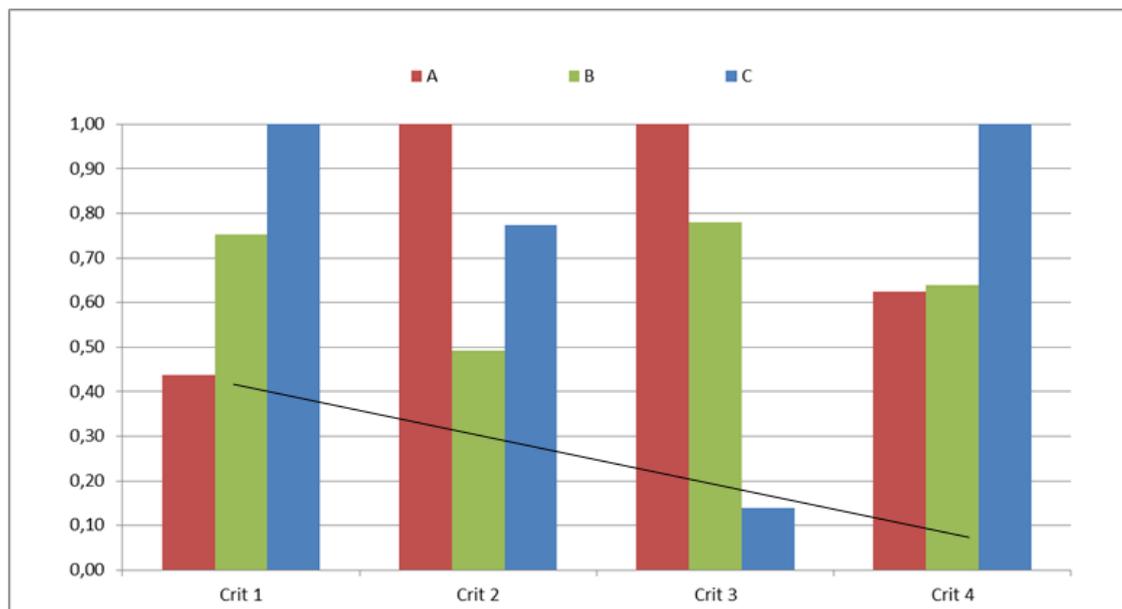
As matrizes foram construídas de modo que cada uma delas possuía três alternativas e o número de critérios poderia variar entre quatro e sete. Dando continuidade ao processo, as matrizes foram normalizadas de acordo com o procedimento tipo 1 (ALMEIDA *et al.* 2015). Neste procedimento de normalização, os valores de y são obtidos na faixa de $0 \leq y \leq 1$ e podem

ser interpretados como sendo uma porcentagem da faixa de variação $X_{\max}-X_{\min}$. Portanto, zero significa apenas o valor mínimo.

Para o cálculo das constantes de escala, duas regras foram consideradas: i) valores iguais ii) valores diferentes para os critérios. No caso de valores diferentes para cada critério, as constantes foram dispostas de maneira decrescentes de maneira proporcional da esquerda para a direita, ou seja, o primeiro critério (esquerda) possui maior peso e o último critério possui menor peso (direita). Os valores das constantes de escala foram calculados utilizando a progressão geométrica, de modo que a soma total das mesmas fosse igual a 1. Em seguida, os gráficos e tabelas foram gerados. Um total de 24 gráficos de barras e tabelas foram construídos, sendo 12 com pesos iguais e 12 com pesos diferentes.

As figuras 15 ilustra um gráfico de barras construídos para o experimento com três alternativas e quatro critérios, que tinham pesos diferentes. A linha foi utilizada para indicar os valores dos pesos, em que Crit 1 apresenta o maior valor para os pesos e Crit 4 apresenta o pior valor para os pesos. A Figura 16 ilustra a respectiva um exemplo de visualização do tipo tabela que foi utilizada no experimento.

Figura 15 - Exemplo de gráfico de barras com pesos diferentes utilizado no experimento



Fonte: O autor (2021)

Figura 16 - Exemplo de gráfico de tabela utilizada no experimento

Decreasing Weights (Pesos Decrescentes)	Crit 1	Crit 2	Crit 3	Crit 4
A	1,00	0,77	0,14	1,00
B	0,75	0,49	0,78	0,64
C	0,44	1,00	1,00	0,63

Fonte: O autor (2021)

Cada figura foi nomeada levando em consideração: O número de alternativas, o número de critérios, o tipo da imagem (gráfico ou tabela) e o peso (igual ou diferente). Assim, para formar o código de cada figura seguiu-se a seguinte regra: Os dois primeiros dígitos dizem respeito a quantidade de alternativas, assim coloca-se o número de alternativas seguido da letra A (EX: 3A). Em seguida, coloca-se o número de critérios seguido da letra C (EX: 4C). Posteriormente, é informado o tipo da imagem inserindo a letra T para tabelas ou G para gráficos. Finalmente, é informação relacionada aos pesos é inserida, de modo que se adiciona a letra D quando os pesos são diferentes ou S quando os pesos são iguais. Por exemplo, 3A7C TD, esse código se refere a imagem de uma tabela que apresenta três alternativas, sete critérios e pesos diferentes.

O valor global de cada alternativa foi calculado utilizando o Modelo Aditivo (Keeney e Raiffa 1976), assim foi possível elaborar o gabarito do experimento que indicava qual era melhor alternativa para primeira etapa do experimento e a pior alternativa para a segunda etapa do experimento.

Após a construção dos gráficos a etapa de desenho do experimento no software Tobii Studio foi executada. O experimento foi construído em duas fases. Na primeira fase, os sujeitos deveriam avaliar cada uma das visualizações e selecionar a melhor alternativa. Na segunda, os sujeitos deveriam avaliar cada uma das visualizações e eliminar a pior alternativa. Essas instruções eram apresentadas ao participante de acordo com a figura 17. Após a apresentação de cada visualização era apresentado um questionário em que o participante deveria fornecer sua resposta, ou seja, indicar qual era a melhor o a pior alternativa.

Figura 17 - Exemplo de instruções apresentadas ao participante

Agora nesta etapa do Experimento, você deve avaliar as alternativas e eliminar a PIOR no grupo.

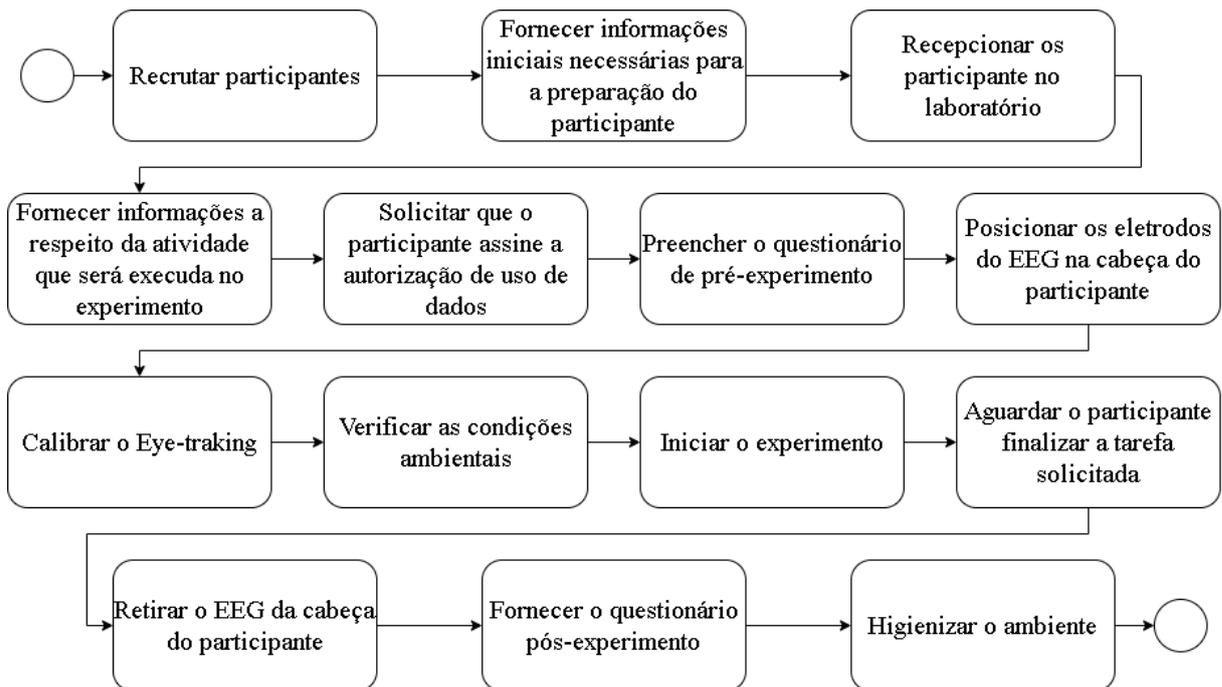
Fonte: O autor (2021)

Segundo Campos (2002), o experimento piloto é aquele que se faz previamente à realização da pesquisa propriamente dita, com o objetivo de testar o método de trabalho e os processos técnicos envolvidos na execução dos experimentos. No decorrer desta pesquisa, o experimento piloto foi executado com o intuito de encontrar possíveis erros para que fossem corrigidos antes da realização do experimento propriamente dito. Para isso, os testes foram realizados com membros da população relevante, mas não aqueles que iriam fazer parte da amostra final.

3.2.2 Aplicação do experimento

Esta etapa diz respeito a interação com os participantes do experimento. Para melhor entendimento desta etapa a figura 18 foi construída, ilustrando todas as etapas do processo de interação com os participantes.

Figura 18 - Processo de Interação com os participantes



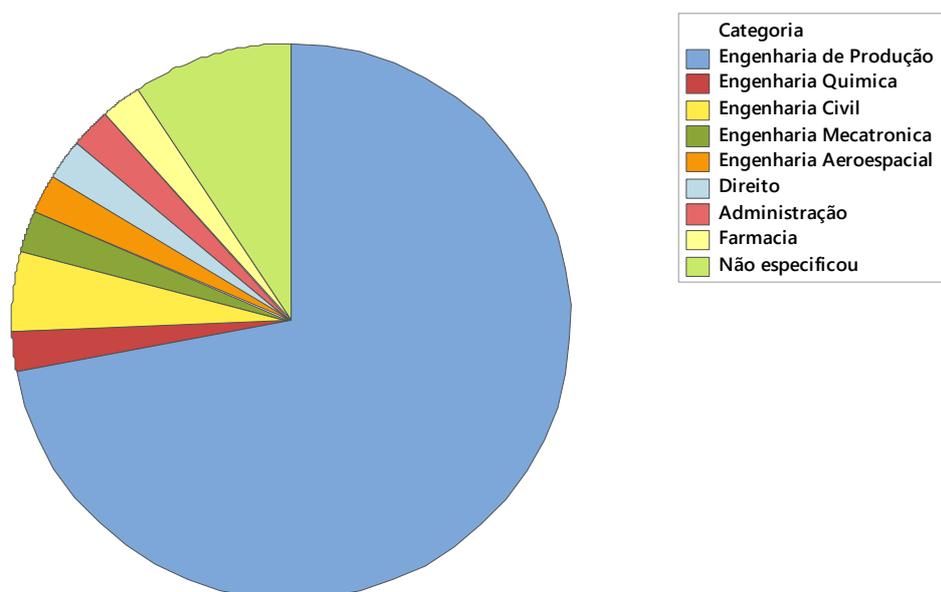
Fonte: O autor (2021)

A etapa de recrutamento dos participantes, consistiu basicamente em buscar pessoas que estivessem interessadas em participar do experimento. Estas pessoas foram informadas de que método é não invasivo, todo o procedimento é completamente isento de dor e que eles não teriam efeitos colaterais como resultado da participação no experimento. Após o recrutamento, cada participante tinha um horário agendado para participação do experimento respeitando as normas de segurança vigentes devido a pandemia do COVID-19.

Como resultado da etapa de recrutamento dos participantes, obteve-se uma amostra de tamanho 46. Dos 46 participantes com idade de 19 a 39 anos, sendo 24 eram homens com idade entre 19 a 35 (Média: 26,7 anos e Desvio Padrão: 4,057 anos), 22 eram mulheres com idade entre 19 a 39 (Média: 26,09 anos e Desvio Padrão: 4,23 anos).

Os participantes possuem ensino superior completo, sendo 72,09% deles formados em engenharia de produção, 11,62% formados em outras áreas de engenharia como civil, química, mecatrônica e aeroespacial e 6,9% formados em outras áreas de conhecimento e o restante não especificou a formação acadêmica (Figura 19). Em relação ao conhecimento em decisão multicritério, 77,27% dos participantes relataram ter algum conhecimento a respeito do tema, enquanto 22,27% deles declararam não ter nenhum conhecimento relacionado ao assunto.

Figura 19 - Formação acadêmica dos participantes



Fonte: O autor (2021)

Eles foram solicitados a comparecer de cabelos limpos (lavados e secos) e sem a aplicação de cremes de pentear, gel, cera e similares, preferencialmente lavados em até 24h antes da realização do experimento. Para as mulheres, foi recomendado que não viessem com rímel nos olhos, para não comprometer a detecção do equipamento *eye-tracking*. Tais informações eram enviadas por e-mail dois dias antes da data agendada para suas respectivas participações.

Ao recepcionar os participantes, um questionário pré-experimento era aplicado, no formato de autorrelato, com o objetivo de obter informações a respeito de cada sujeito. Neste questionário, as seguintes perguntas eram realizadas: Formação acadêmica? Idade? nível de

conhecimento em Decisão multicritério? Quantidade de horas de sono na noite anterior? Faz uso de algum medicamento antidepressivo? Possui algum problema na visão? Entre outras questões que poderia ser relevante para o estudo.

Todos os participantes estavam bem descansados e com boa saúde, conforme indicado em seu autorrelato. Todos relataram ter dormido bem na noite anterior ao experimento. Além disso, todos os participantes tinham visão normal ou corrigida para normal e não relataram qualquer distúrbio neurológico ou psiquiátrico. O consentimento de uso dos dados por escrito foi obtido antes do experimento.

Posteriormente, eram fornecidas instruções descrevendo o protocolo e os procedimentos experimentais. As instruções sobre o experimento são fornecidas por escrito, para garantir um procedimento padronizado. Nenhuma informação sobre os objetivos e resultados esperados do estudo foi fornecida, tendo em vista que os participantes poderiam tentar moldar seu comportamento de acordo com o propósito do estudo.

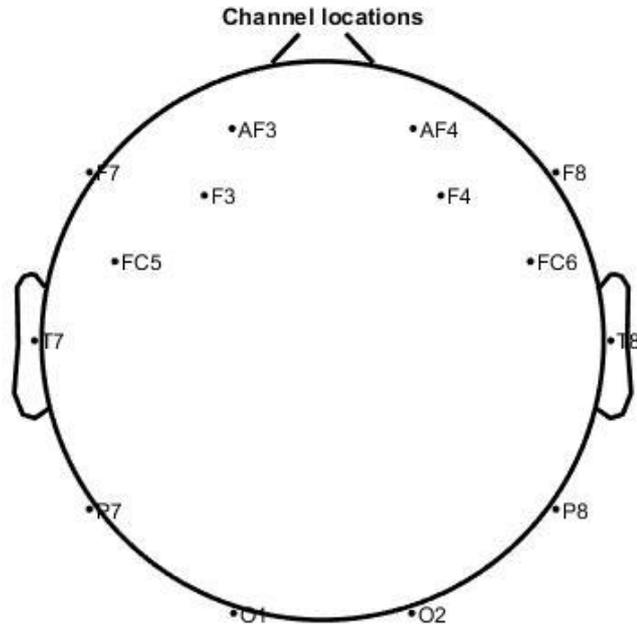
Adiante, os participantes eram conduzidos a sala onde o experimento seria efetivamente executado. Ao chegar neste local, eles se sentavam em uma cadeira que estava posicionada em frente a tela de computador e em frente ao *eye-tracking*. Neste momento, é verificado se o participante está sentado confortavelmente na distância correta para o rastreamento ocular.

Em seguida, o EEG era colocado na cabeça do sujeito, e os eletrodos eram devidamente posicionados de acordo com o sistema 10-20. Originalmente, o sistema 10-20 foi proposto por Jasper (1958), ele propõe que os eletrodos sejam colocados em locais a 10% e 20% de quatro pontos fiduciários, que são chamados de nasion, ínion, mastóide esquerdo e mastóide direito.

A nomenclatura dada ao posicionamento dos eletrodos é uma convenção. Assim, os números ímpares indicam localizações no lado esquerdo da cabeça, os números pares indicam localizações no lado direito (MÜLLER-PUTZ *et al.* 2015). Deste modo, os canais foram localizados seguindo as posições: AF3, AF4, F7, F8, F3, F4, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 e O2 (Figura 20). Assim, de acordo com Reuter e Montag (2016), os eletrodos AF3, AF4 se localizam na região frontal anterior do cérebro; F3, F4, F7 e F8 se posicionam na região frontal; FC5 e FC6 na região frontal central, T7 e T8 na região temporal, P7 e P8 na região parietal e O1 e O2 na região occipital.

Para esta pesquisa foi definido que os ranges de frequência a serem utilizados seriam: Theta 4 - 8 Hz, Alpha 8 - 13 Hz, Beta 13 - 30 Hz de acordo com os autores Pizzagalli (2007), Cooper *et al.* (2017), Smith *et al.* (2017) e Da Silva *et al.* (2021).

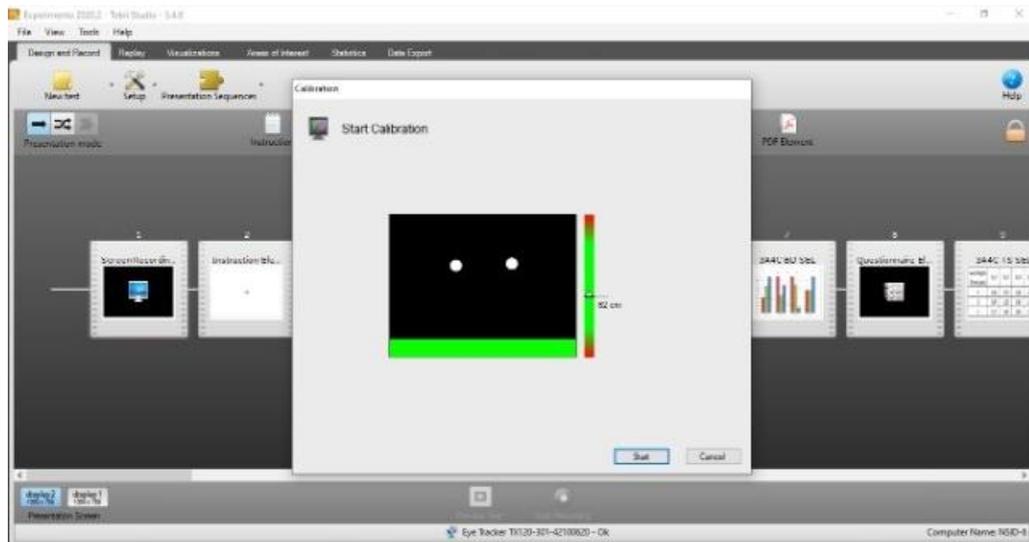
Figura 20 - Posicionamento dos canais (Software do EEGlab)



Fonte: Dolorme A. & Makeig S. (2004)

Dando continuidade ao processo, é realizada a calibração do equipamento do *eye-tracking*. O processo de calibração tem início com a verificação de que o participante está na posição adequada. Para isso, dois pontos brancos que representam os olhos do sujeito são apresentados no centro de um quadro preto na tela computador, a distância indicada deve estar entre 50 e 80cm e a cor da barra na parte inferior do quadro deve ser verde. A figura 21 apresenta a tela de calibração. Antes de iniciar efetivamente o procedimento, é preciso instruir o participante a olhar para os pontos de calibração (ponto vermelho com uma cruz no centro) à medida que se movem pela tela, movimentando apenas os olhos. Quando a calibração é concluída, os resultados da calibração são exibidos e o condutor do experimento pode aceitar ou não. Em caso negativo, é possível repetir o procedimento por completo ou parcialmente.

Figura 21 - Tela de calibração (Software Tobii Studio)



Após a conclusão do procedimento de calibração, é solicitado que o participante permaneça sentado e que reduza o máximo possível seus movimentos corporais. Isso é importante para que a calibração não seja perdida, além de ser útil para reduzir a quantidade de ruídos registrados nas gravações do EEG.

Neste momento cabe ao experimentador verificar as condições ambientais garantindo o bem-estar do participante. Assim alguns pontos são observados, tais como: a iluminação e temperatura da sala, os ruídos (que devem ser minimizados), possíveis interrupções, entre outras questões. Por fim, o experimento é efetivamente iniciado e o participante começa a realizar a tarefa solicitada. Após o início do experimento, o experimentador deve monitorar os *softwares* Emotiv, Open vibe e o trigger para garantir que tudo está ocorrendo conforme o planejado. A tabela 9 apresenta as ferramentas utilizadas nesta etapa do experimento.

Tabela 9 - Ferramentas utilizadas

Ferramenta	Descrição	Função
Monitor	LCD com 48 cm de largura, 26,9cm de altura e 1280x1024 pixels de resolução.	Apresentar os estímulos visuais ao participante.
Notebook	64 bits/ Windows 10/ 4GB de RAM	Utilizado para que o experimentador consiga monitorar os softwares Emotiv, Open vibe e o trigger durante a execução do experimento.
<i>Eye-Tracking</i>	Tobii X120	Coletar dados de rastreamento ocular
EEG	Emotiv EPOCH +	Captar os dados de ondas cerebrais. Os dados capturados são enviados via Bluetooth para um USB conectado a um computador.

Fonte: O autor (2021)

Ao finalizar o experimento, os dados são salvos e o equipamento EEG é retirado da cabeça dos participantes. Informações a respeito do questionário pós-experimento são fornecidas e o sujeito é liberado para responder o questionário em casa. Após a saída do sujeito, a sala é devidamente higienizada para a recepção de outro participante.

3.2.3 Pós-Experimento

O questionário pós-experimento tem o objetivo de captar a percepção dos participantes a respeito do experimento. Este questionário possui as seguintes questões: Achou o experimento cansativo? Com relação as formas de visualização, qual configuração achou melhor para avaliar? Com relação ao peso dos critérios, qual configuração achou melhor para avaliar? Com relação ao número de critérios, qual configuração achou melhor para avaliar? Com relação ao tipo de problemática (selecionar ou eliminar), qual configuração achou melhor para avaliar? Ao final da análise das visualizações em que grau as respostas podem ter sido menos precisas? O que você achou da quantidade de visualizações no experimento (24 visualizações)? Quanto tempo você considera recomendável para fazer o experimento completo de forma confortável? Você sentiu algum desconforto com o uso dos equipamentos? Por fim, um espaço foi aberto para que os participantes dessem um *feedback* a respeito do experimento, caso julgassem necessário. Este questionário foi respondido virtualmente.

3.2.3.1 Processamento dos dados do *Eye-tracking*

Primeiramente os dados são extraídos dos Tobii Studio, no formato de planilha de excel. Uma planilha gerada está associada a um participante e sua calibração exclusiva. Nesta planilha é possível obter as respostas fornecidas pelos usuários para cada uma das perguntas apresentadas ao longo do experimento, o diâmetro da pupila, os tempos gasto para analisar cada visualização, entre outros dados.

Os dados de diâmetro da pupila precisam ser processados tendo em vista que em algumas partes das colunas de diâmetro da pupila podem surgir espaços vazios devido a problemas de captação ou problemas de calibração. Além disso, também é preciso tratar as piscadas, que foram definidas como períodos em que o diâmetro da pupila é zero (ANNERER-WALCHER, 2021).

Para realização do processamento dos dados de *eye-tracking* foi realizada uma vasta pesquisa na literatura buscando identificar o procedimento de tratamento dos dados que era apoiado pela literatura. Com esta pesquisa dois procedimentos foram encontrados, sendo eles:

i) Interpolação e ii) Repetir o último valor capturado. A tabela 10 apresenta os procedimentos e os trabalhos que utilizaram cada um deles.

Tabela 10 - Procedimentos de tratamento dos dados encontrados na literatura

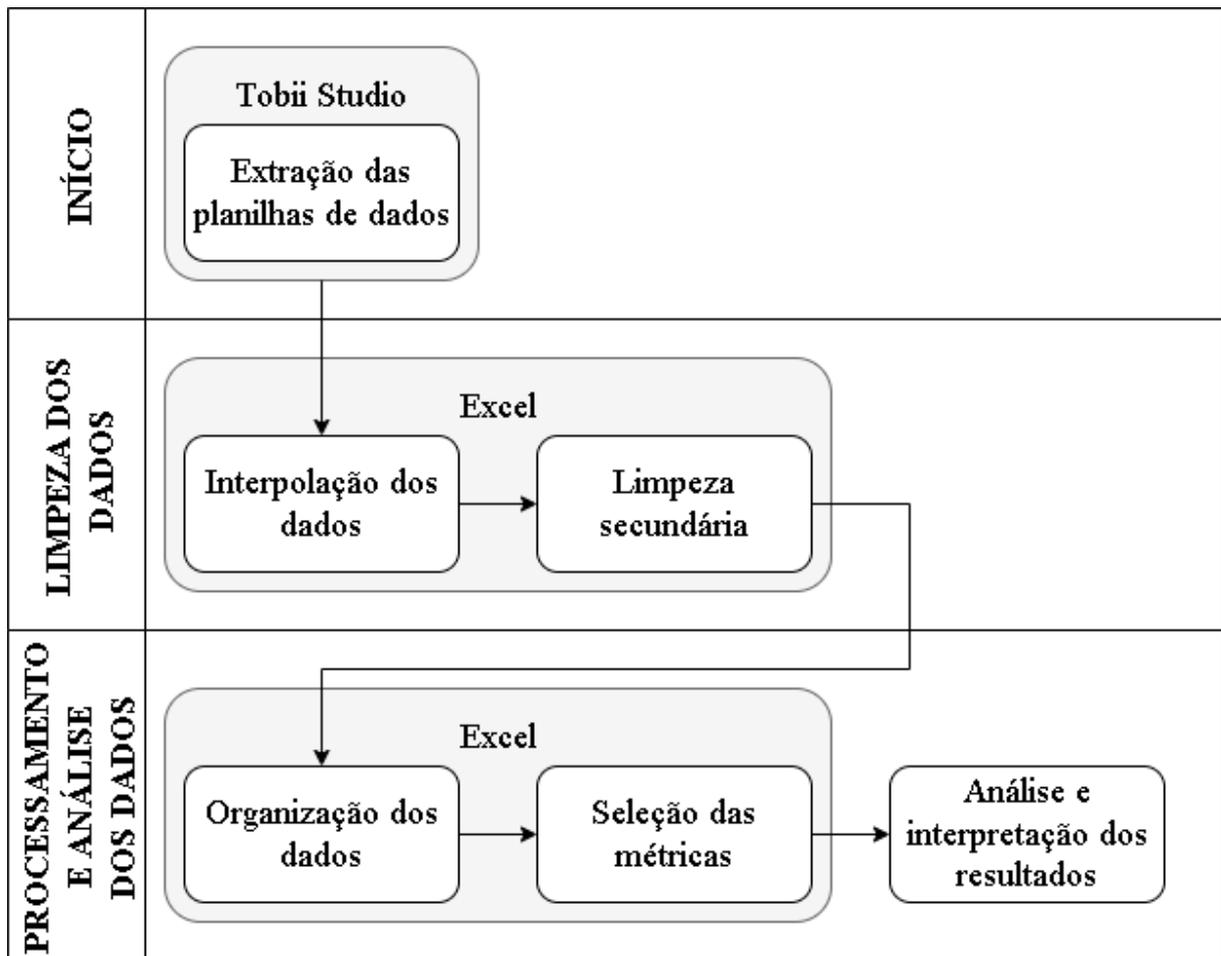
Procedimento	Referências
Interpolação	Zhai e Barreto (2006); Barreto <i>et al.</i> (2007); Bradley <i>et al.</i> (2008); Jepma e Nieuwenhuis (2011); Chen e Epps (2014); Hopstaken <i>et al.</i> (2015a); Hopstaken <i>et al.</i> (2015b); Hopstaken <i>et al.</i> (2016); McGarrigle <i>et al.</i> (2017a); McGarrigle <i>et al.</i> (2017b); Burke <i>et al.</i> (2018); Marandi <i>et al.</i> (2018); Marandi <i>et al.</i> (2019); Pires <i>et al.</i> (2019); Orsi <i>et al.</i> (2019).
Repetir o último valor capturado	Bernhardt <i>et al.</i> (1996); Partala e Surakka (2003); Sharma e Gedeon (2012).

Fonte: O autor (2021)

Assim, foi definido que a primeira etapa da limpeza dos dados seria a interpolação, tendo em vista que os estudos mais recentes utilizaram tal procedimento. A segunda etapa foi chamada de limpeza secundária, que diz respeito a eliminar dados que estão a três desvios padrão além da média do indivíduo, conforme sugerido por Annerer-Walcher (2021), Annerer-Walcher (2020) e Pires *et al.* (2019). Esta segunda etapa tem o objetivo de eliminar possíveis distorções que poderiam ser geradas pelo procedimento de interpolação.

Após a limpeza os dados foram organizados de forma que facilitasse as análises e a aplicação dos testes estatísticos. Em seguida, foi feita seleção das métricas que seriam utilizadas para este estudo. Assim, ficou definido que as métricas utilizadas neste estudo seriam: i) Diâmetro médio da pupila normalizado corrigido pela baseline de 100ms (MATHÔT *et al.* 2014; MATHÔT *et al.* 2018) e ii) o pico de dilatação da pupila (HOPSTAKEN *et al.* (2015a); HOPSTAKEN *et al.* (2015b). Após a escolha das métricas as análises foram feitas. A figura 22 apresenta uma síntese do procedimento de processamento dos dados de *eye-tracking* adotado por esta pesquisa.

Figura 22 - Processo de limpeza dos dados do Eye-Tracker



Fonte: O autor (2021)

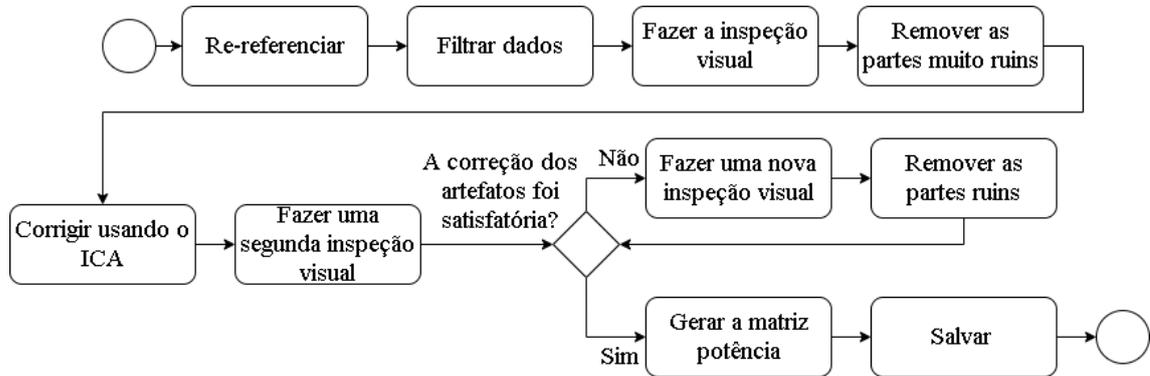
3.2.3.2 Processamento dos dados do EEG

Inicialmente é necessário ressaltar que para coletar os dados diretamente do cérebro, foi utilizado o Emotiv EPOCH+. Todos os dados capturados são enviados via *Bluetooth* para um USB proprietário conectado a um computador. O *software OpenVibe Writer* foi usado para registrar os dados e o EEGLAB, uma caixa de ferramentas do MATLAB, chamada de EEGlab, foi usado para pré-processamento e análise, o Microsoft Excel é utilizado para finalizar o processo.

A figura 23 apresenta o procedimento de limpeza dos dados realizado no EEGlab. Este processo tem início com o re-referenciamento dos dados com base na atividade média calculada ao longo dos eletrodos. Posteriormente, é necessário filtrar os dados de modo que, passa-alta de 40Hz e passa-baixo de 0,1 Hz. Em seguida o analista, realiza uma inspeção visual e remove as partes da gravação que ele julga estar muito ruim. A próxima etapa, é executada a correção dos artefatos utilizando o método *Independent Component Analysis (ICA)*. Após a correção, o

analista deve verificar se a correção foi satisfatória, em caso positivo deve-se seguir para as etapas finais de gerar a matriz potência e salvar. Em caso negativo, é preciso realizar uma nova inspeção visual e remover as partes da gravação que ele ainda considera como ruim, para posteriormente seguir para as etapas de finalização.

Figura 23 - Processo de limpeza dos dados no EEGlab



Fonte: O autor (2021)

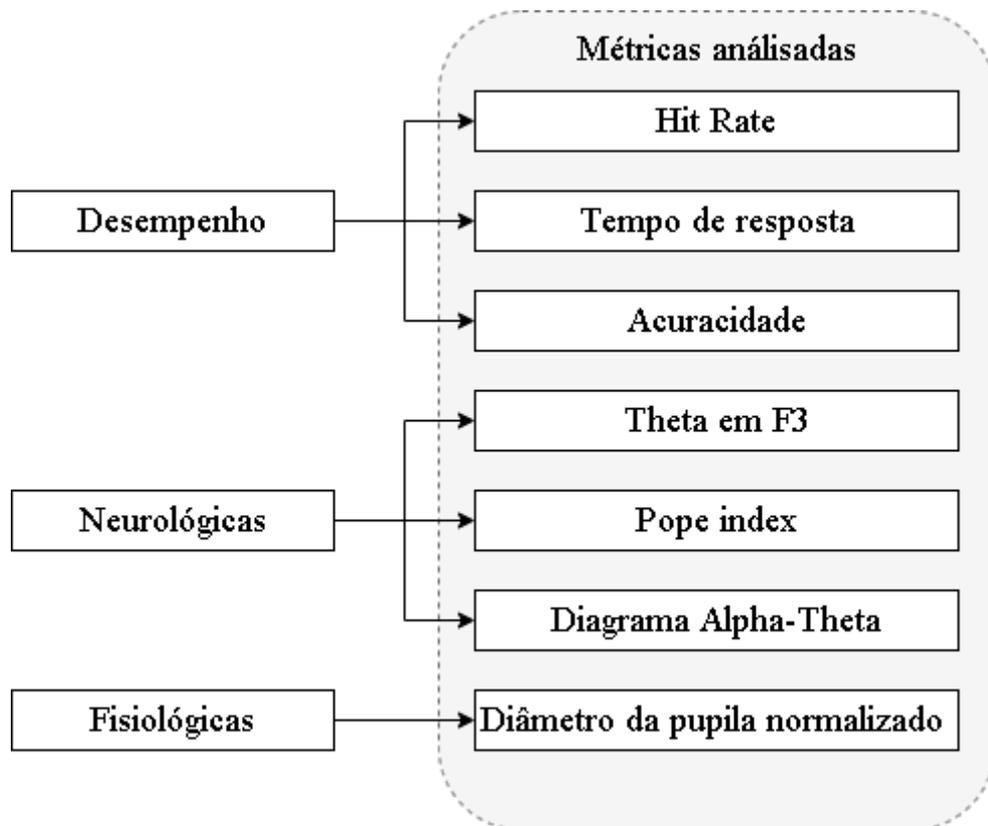
Ao gerar a matriz potência, os dados são copiados em planilhas do excel e a partir deste momento são transformados em logaritmo para normalizar as distribuições dos valores de potência conforme recomendado por Davidson *et al.* (1990). Após a conclusão deste procedimento, os dados estão prontos para realização das devidas análises. Todo o processo levou aproximadamente três meses para ser concluído.

No próximo capítulo, os resultados obtidos com os dados capturados no experimento serão apresentados. Diversas análises descritivas e estatísticas foram desenvolvidas para investigar como os decisores avaliam gráficos de barras e tabelas e tomam decisões sobre a escolha da melhor e eliminação da pior alternativa de forma holística. A partir destas análises, algumas recomendações são sugeridas para apoiar o processo de aconselhamento de analista com o decisor e para promover melhorias no SAD do FITradeoff.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através do experimento comportamental realizado. Os resultados podem ser divididos em três grandes grupos: i) variáveis de desempenho; ii) variáveis neurológicas; iii) variáveis fisiológicas. A figura 24 apresenta as métricas que foram analisadas em cada um dos grupos.

Figura 24 - Estruturação dos resultados



Fonte: O autor (2021)

4.1 VARIÁVEIS DE DESEMPENHO

Os tópicos a seguir apresentam os resultados relacionados às variáveis de desempenho, que foram abordadas a partir de três métricas: Hit Rate, Tempo de resposta e Acuracidade.

4.1.1 Taxa de Acerto (Hit Rate)

A primeira variável é a Taxa de Acerto ou *Hit Rate* (HR), que foi utilizada em estudos comportamentais anteriormente (WICKENS, 2001; ROSELLI *et al.* 2018; ROSELLI *et al.* 2019; ROSELLI e ALMEIDA, 2021). O HR é usado para medir a proporção de respostas

corretas em cada fase do experimento. Com base no HR, os autores Roselli e de Almeida (2021) a probabilidade de sucesso pode ser obtida, gerando regras para recomendar o uso das visualizações durante o processo de decisão do método FITradeoff.

4.1.1.1 Hit Rate por visualização

Inicialmente, o Hit Rate foi calculado para cada visualização de modo que, é feito o somatório da quantidade de respostas corretas fornecidas pelos participantes para cada uma das visualizações gráficas. Assim, para cada resposta correta era somado 1, por outro lado, cada resposta incorreta, era somado 0. Por fim, este somatório foi dividido pelo número total de respostas, isto é, total de participantes no experimento (9).

$$Hit\ Rate_{Visualização} = \frac{\sum Respostas\ corretas\ para\ visualização}{Total\ de\ respostas\ fornecidas} \quad (9)$$

Os valores de HR para cada visualização são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Hit Rate por visualização

Seleção				Eliminação			
Visualização	Qtd. de acertos	Qtd. de erros	Hit Rate	Visualização	Qtd. de acertos	Qtd. de erros	Hit Rate
3A7C TD	21	23	47,72%	3A7C TD	31	13	70,45%
3A4C BD	16	28	36,36%	3A4C BD	37	7	84,09%
3A4C TS	32	12	72,72%	3A4C TS	21	23	47,72%
3A5C TD	32	12	72,72%	3A5C TD	16	28	36,36%
3A5C BS	32	12	72,72%	3A5C BS	36	8	81,81%
3A4C BS	29	15	65,90%	3A4C BS	18	26	40,90%
3A5C BD	32	12	72,72%	3A5C BD	19	25	43,18%
3A5C TS	23	21	52,27%	3A5C TS	38	6	86,36%
3A7C TS	27	17	61,36%	3A7C TS	29	15	65,90%
3A7C BD	29	15	65,90%	3A7C BD	29	15	65,90%
3A4C TD	13	31	29,54%	3A4C TD	30	14	68,18%
3A7C BS	23	21	52,27%	3A7C BS	30	14	68,18%

Fonte: O autor (2021)

Além disso, as estatísticas descritivas foram calculadas, para a quantidade de acertos, quantidades erros e *Hit Rate* conforme é ilustrado na tabela 12. Nesta tabela, N representa o tamanho da amostra, Q1 diz respeito ao primeiro quartil e Q3 ao terceiro quartil.

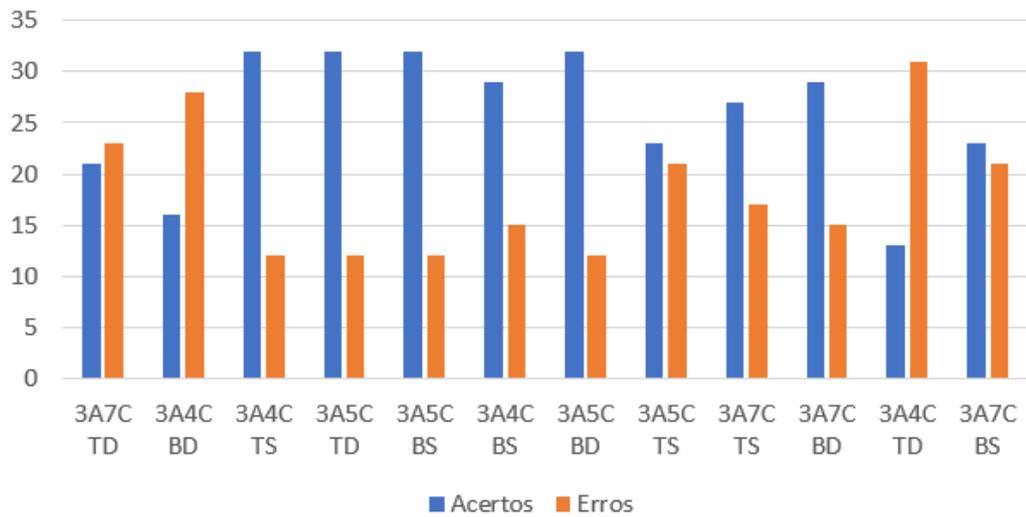
Tabela 12 - Estatísticas descritivas relaciona as quantidades de erros e acertos geral

Tipo de Análise	Variável	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
Seleção	Qtd. de Acertos	12	25,75	28	6,57	13	32	21,50	32
	Qtd. de Erros	12	18,25	16	6,57	12	31	12	22,50
	Hit Rate	12	0,5852	0,6364	0,1492	0,2955	0,7273	0,4886	0,7273
Eliminação	Qtd. de Acertos	12	27,83	29,50	7,61	16	38	19,50	34,75
	Qtd. de Erros	12	16,17	14,50	7,61	6	28	9,25	24,50
	Hit Rate	12	0,6326	0,6705	0,1730	0,3636	0,8636	0,4432	0,8636

Fonte: O autor (2021)

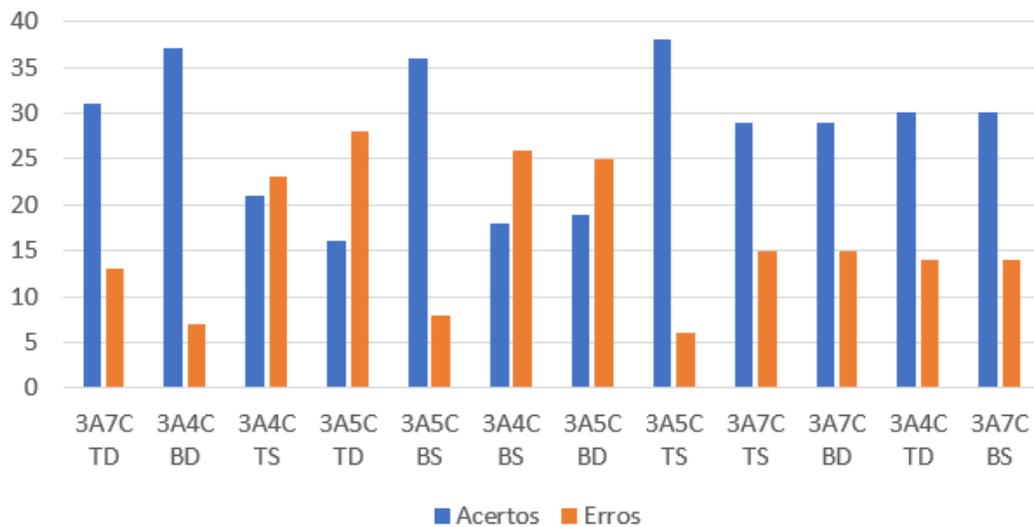
As figuras 25 e 26 ilustram a quantidade de acertos e erros por visualização, para as etapas de seleção e eliminação respectivamente. A ordem de apresentação das visualizações nas figuras 25 e 26 seguiu a ordem de apresentação do realizada durante o experimento.

Figura 25 - Quantidade de acertos e erros por visualização para etapa de seleção



Fonte: O autor (2021)

Figura 26 - Quantidade de acertos e erros por visualização para etapa de eliminação



Fonte: O autor (2021)

Para avaliar os valores de HR, comparações destes valores, a partir de uma análise descritiva foram realizadas. Os dois grupos de visualizações foram comparados. O primeiro grupo seleção *versus* eliminação, o segundo grupo comparou pesos iguais *versus* pesos diferentes, e o terceiro grupo comparou gráficos de barras *versus* tabelas. As comparações são apresentadas nas tabelas 13, 14, 15 e 16.

Tabela 13 - Análise descritiva relacionada ao HR para seleção versus eliminação

Visualização	Seleção	Eliminação	Seleção X Eliminação
3A4C BD	36,36%	84,09%	Seleção < Eliminação
3A4C BS	65,90%	40,90%	Seleção > Eliminação
3A4C TD	29,54%	68,18%	Seleção < Eliminação
3A4C TS	72,72%	47,72%	Seleção > Eliminação
3A5C BD	72,72%	43,18%	Seleção > Eliminação
3A5C BS	72,72%	81,81%	Seleção < Eliminação
3A5C TD	72,72%	36,36%	Seleção > Eliminação
3A5C TS	52,27%	86,36%	Seleção < Eliminação
3A7C BD	65,90%	65,90%	Seleção = Eliminação
3A7C BS	52,27%	68,18%	Seleção < Eliminação
3A7C TD	47,72%	70,45%	Seleção < Eliminação
3A7C TS	61,36%	65,90%	Seleção < Eliminação

Fonte: O autor (2021)

Tabela 14 - Comparação HR para gráficos de barras com pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	BS	BD	BS X BD
Seleção	3A4C	65,90%	36,36%	BS > BD
	3A5C	72,72%	72,72%	BS = BD
	3A7C	52,27%	65,90%	BS < BD
Eliminação	3A4C	40,90%	84,09%	BS < BD
	3A5C	81,81%	43,18%	BS > BD
	3A7C	68,18%	65,90%	BS > BD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 15 - Comparação HR para tabelas com pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	TS	TD	BS X BD
Seleção	3A4C	72,72%	29,54%	TS > TD
	3A5C	52,27%	72,72%	TS > TD
	3A7C	61,36%	47,72%	TS > TD
Eliminação	3A4C	47,72%	68,18%	TS < TD
	3A5C	86,36%	36,36%	TS > TD
	3A7C	65,90%	70,45%	TS < TD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 16 - Comparação HR para gráfico de barras *versus* tabelas

Análise	Peso	Visualização	Barra	Tabela	Gráfico de barras X Tabela
Seleção	Iguais	3A4C	65,90%	72,72%	Gráfico de barras < Tabela
		3A5C	72,72%	52,27%	Gráfico de barras > Tabela
		3A7C	52,27%	61,36%	Gráfico de barras < Tabela
	Diferentes	3A4C	36,36%	29,54%	Gráfico de barras > Tabela
		3A5C	72,72%	72,72%	Gráfico de barras = Tabela
		3A7C	65,90%	47,72%	Gráfico de barras > Tabela
Eliminação	Iguais	3A4C	40,90%	47,72%	Gráfico de barras < Tabela
		3A5C	81,81%	86,36%	Gráfico de barras < Tabela
		3A7C	68,18%	65,90%	Gráfico de barras > Tabela
	Diferentes	3A4C	84,09%	68,18%	Gráfico de barras > Tabela
		3A5C	43,18%	36,36%	Gráfico de barras > Tabela
		3A7C	65,90%	70,45%	Gráfico de barras < Tabela

Fonte: O autor (2021)

Para testar a normalidade dos dados de HR foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (para $\alpha = 5\%$). Para Ghasemi e Zahediasl (2012) e Razali e Wah (2011), tal teste é a melhor escolha

para testar a normalidade dos dados, principalmente quando se trata de amostras pequenas (menor que 30). Para realização deste teste foram utilizadas as seguintes hipóteses:

- (H0) o HR possui distribuição normal;
- (H1) o HR não possui distribuição normal.

Como resultado do teste Shapiro-Wilk foi obtido o p-valor de 0,0713 para a etapa de seleção, e 0,2005 para a etapa de eliminação. Em ambos os casos, a hipótese nula é aceita e a normalidade dos dados é atendida.

Com a necessidade de avaliar se havia diferenças estatísticas entre os valores de HR, para as etapas de seleção e eliminação, sabendo que as amostras atenderam a normalidade, foi preciso fazer o teste de homogeneidade, utilizando o teste Levene, para $\alpha = 5\%$. Para isso, foram dispostas as hipóteses:

- (H0) as variâncias dos grupos são homogêneas
- (H1) as variâncias dos grupos não são homogêneas.

O p-valor obtido foi de 0,6113. Deste modo, a premissa de homogeneidade foi atendida. Conclui-se que o teste mais adequado para avaliar se há diferenças estatísticas entre as médias de HR seria o teste-t para amostras pareadas para $\alpha = 5\%$. Seguindo as hipóteses:

- (H0) a diferença média das observações de HR é estatisticamente igual a zero.
- (H1) a diferença média das observações é diferente de zero.

O resultado do teste-t apresentou um p-valor de 0,4804, o que leva a rejeitar H0.

Os HR por visualização (seleção e eliminação) e o número de critérios foram correlacionadas entre si, usando a Correlação de Spearman (MONTGOMERY *et al.* 2000). Este cálculo tem o intuito de mensurar a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas (MOORE, 2007). Neste primeiro momento, foi calculada a correlação entre a taxa de acerto na etapa de seleção e eliminação. A correlação encontrada foi de -0,57.

4.1.1.2 Hit Rate por participante

O Hit Rate por participante foi calculado de modo que, inicialmente é feito o somatório da quantidade de respostas corretas fornecidas por cada participante. Assim, para cada resposta correta era somado 1, por outro lado, cada resposta incorreta, era somado 0. Por fim, este somatório era dividido pelo número total de respostas por participante. Dessa forma, é possível observar a performance do participante no experimento, isto é, quantos acertos eles/elas tiveram em cada uma das etapas, conforme ilustrado na tabela 17.

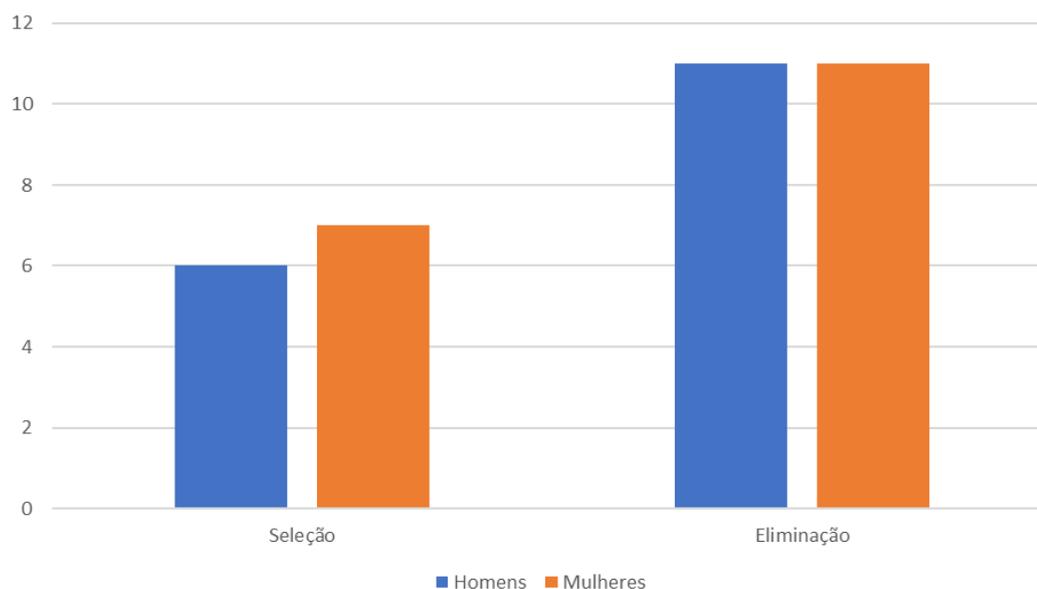
Tabela 17 - HR por participante

Participante			Hit rate		
Identificação	Idade	Sexo	Seleção	Eliminação	Geral
1	23	Masculino	0,417	0,667	54%
2	23	Masculino	0,667	0,667	67%
3	26	Feminino	0,417	0,417	42%
4	24	Feminino	0,583	0,833	71%
5	29	Feminino	0,583	0,667	63%
6	31	Masculino	0,417	0,417	42%
7	23	Feminino	0,500	0,417	46%
8	21	Feminino	0,583	0,583	58%
9	24	Masculino	0,750	0,833	79%
10	24	Feminino	0,750	0,667	71%
11	25	Feminino	0,666	0,833	75%
12	21	Masculino	0,500	0,667	58%
13	28	Feminino	0,750	0,583	67%
14	25	Feminino	0,417	0,333	38%
15	24	Feminino	0,666	0,833	75%
16	28	Masculino	0,583	0,667	63%
17	35	Masculino	0,500	0,583	54%
18	35	Masculino	0,250	0,250	25%
19	31	Feminino	0,416	0,667	54%
20	25	Feminino	0,666	0,750	71%
21	27	Feminino	0,667	0,667	67%
22	24	Masculino	0,500	0,583	54%
23	27	Masculino	0,500	0,916	71%
24	26	Masculino	0,750	0,916	83%
25	27	Masculino	0,750	0,750	75%
26	30	Masculino	0,666	0,750	71%
27	25	Masculino	0,583	0,416	50%
28	23	Masculino	0,833	0,750	79%
29	39	Feminino	0,583	0,500	54%
30	23	Masculino	0,666	0,833	75%
31	25	Masculino	0,750	0,667	71%
32	32	Feminino	0,750	0,583	67%
33	32	Masculino	0,333	0,333	33%
34	26	Feminino	0,333	0,583	46%
35	25	Feminino	0,500	0,583	54%
36	27	Masculino	0,750	0,583	67%
37	29	Masculino	0,666	0,833	75%
38	19	Masculino	0,833	0,667	75%
39	28	Masculino	0,583	0,583	58%
40	19	Feminino	0,500	0,667	58%
41	24	Feminino	0,666	0,833	75%
42	28	Masculino	0,833	0,667	75%
43	23	Feminino	0,250	0,500	38%
44	30	Feminino	0,4166	0,333	38%

Fonte: O autor (2021)

A figura 27 apresenta um gráfico que indica a quantidade de homens e mulheres que acertaram mais em cada tipo de análise. Para montagem deste gráfico, não foi levado em consideração os cinco participantes que tiveram o mesmo valor de HR para as duas etapas.

Figura 27 - Quantidade de homens e mulheres que tiveram maior HR em cada uma das etapas



Fonte: O autor (2021)

A tabela 18 apresenta as estatísticas descritivas para a taxa de acerto por participante, dividido por sexo e por tipo de análise.

Tabela 18 - Estatísticas descritivas relacionadas ao HR por participante

Tipo de Análise	Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
Seleção	Feminino	0,5554	0,5830	0,1427	0,2500	0,7500	0,4170	0,6660
	Masculino	0,6110	0,5830	0,1566	0,3330	0,8330	0,5000	0,7085
Eliminação	Feminino	0,6122	0,6660	0,1639	0,2500	0,8330	0,5000	0,7500
	Masculino	0,6521	0,6670	0,1734	0,2500	0,9160	0,5830	0,7500

Fonte: O autor (2021)

Buscando verificar se há diferenças significativas entre as medianas dos valores de HR entre os participantes divididos por sexo (feminino e masculino), foi realizado um teste não-paramétrico de Mann-Whitney, dado que não exige que os dados, se distribuam normalmente. Além disso, a amostra neste caso foi considerada independente, pois neste caso os dados estão organizados por participante, ou seja, o HR por participantes do sexo masculino não depende do HR das participantes de sexo feminino e vice e versa.

Para isso foi construída as seguintes hipóteses: Hipótese nula (H0) a mediana da taxa de acerto para o sexo feminino é igual a mediana da taxa de acerto para o sexo masculino (H1) a mediana da taxa de acerto para o sexo feminino é diferente da mediana da taxa de acerto para o sexo masculino. Este teste foi aplicado para as diferentes etapas (seleção e eliminação).

A partir do teste de Mann-Whitney, o p-valor = 0,188 foi obtido para a etapa de seleção e o p-valor = 0,327 para etapa de eliminação. Assim, pode-se afirmar que em ambos os casos o que leva a aceitar H0, visto que os p-valores são maiores que 0,05, o nível de significância.

A Correlação de Spearman foi calculada para as variáveis HR por participante e a idade dos participantes. A correlação encontrada -0,316 foi encontrada.

4.1.2 Tempo de Resposta

O tempo de resposta diz respeito ao tempo exato em segundos, que cada participante leva para avaliar cada visualização antes de prosseguir para o questionário, no qual ele fornece a sua resposta (ROSELLI, 2020).

4.1.2.1 Tempo de resposta por visualização

Os valores de tempo de resposta por participante foram agrupados por visualização, para que fossem realizados os cálculos de estatística descritivas para cada uma das visualizações nas diferentes etapas. As estatísticas descritivas são apresentadas em cada uma das etapas na tabela 19.

Tabela 19 - Tempo de resposta (s) por visualização

Análise	Visualização	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SELEÇÃO	3A7C TD	65,50	53,64	43,43	6,53	207,59	38,62	207,59
	3A4C BD	55,48	42,58	41,35	7,13	183,10	23,94	183,10
	3A4C TS	54,13	52,58	33,37	15,22	177,59	30,11	62,66
	3A5C TD	56,69	40,65	51,65	11,16	233,48	23,63	66,87
	3A5C BS	58,53	52,20	35,13	9,41	169,88	31,00	82,14
	3A4C BS	52,35	50,92	31,60	10,76	118,33	23,27	75,39
	3A5C BD	49,28	35,14	35,95	6,90	144,52	21,92	71,79
	3A5C TS	50,72	28,71	56,00	8,08	325,36	19,73	63,60
	3A7C TS	69,16	59,48	48,86	12,37	226,14	28,45	99,16
	3A7C BD	79,52	63,32	59,92	16,06	298,34	34,35	99,73
	3A4C TD	65,30	40,90	82,90	9,10	537,70	25,20	79,90
3A7C BS	55,07	35,95	48,49	13,97	274,30	29,64	62,96	
ELIMINAÇÃO	3A7C TD	57,48	44,23	42,79	6,05	190,15	24,20	83,90
	3A4C BD	46,82	28,29	42,33	5,32	206,62	16,18	65,69
	3A4C TS	55,01	50,26	32,43	10,33	131,85	25,53	81,37
	3A5C TD	58,16	42,09	45,98	6,63	203,75	22,57	93,82
	3A5C BS	43,35	33,07	36,90	7,73	156,74	17,10	42,41
	3A4C BS	48,91	37,82	37,32	4,39	137,40	20,52	75,66
	3A5C BD	54,20	36,96	45,05	8,30	216,29	19,75	72,31
	3A5C TS	51,33	48,22	34,26	7,54	177,30	22,72	71,48
	3A7C TS	63,13	58,80	41,77	6,37	179,24	28,75	92,73
	3A7C BD	45,76	37,55	36,19	4,94	208,90	21,41	60,15
	3A4C TD	45,40	38,83	32,79	10,23	142,91	16,57	63,71
3A7C BS	53,99	45,83	33,68	8,46	146,89	29,25	65,67	

Fonte: O autor (2021)

Para avaliar o tempo de resposta, comparações destes valores foram realizadas a partir de uma análise descritiva baseadas na média. Grupos de visualizações foram comparados. O

primeiro grupo seleção versus eliminação, o segundo grupo comparou pesos iguais versus pesos diferentes, e o terceiro grupo comparou gráficos de barras versus tabelas. As comparações são apresentadas nas tabelas 20, 21, 22 e 23.

Tabela 20 - Comparação do tempo de resposta (s) entre as etapas de seleção *versus* eliminação

Visualização	Seleção	Eliminação	Seleção X Eliminação
3A4C BS	52,35	48,91	Seleção > Eliminação
3A4C TS	54,13	55,01	Seleção < Eliminação
3A4C BD	55,48	46,82	Seleção > Eliminação
3A4C TD	65,30	45,40	Seleção > Eliminação
3A5C BS	58,53	43,35	Seleção > Eliminação
3A5C TS	50,72	51,33	Seleção < Eliminação
3A5C BD	49,28	54,20	Seleção < Eliminação
3A5C TD	56,69	58,16	Seleção < Eliminação
3A7C BS	55,07	53,99	Seleção > Eliminação
3A7C TS	69,16	63,13	Seleção > Eliminação
3A7C BD	79,52	45,76	Seleção > Eliminação
3A7C TD	65,50	57,48	Seleção > Eliminação

Fonte: O autor (2021)

Tabela 21 - Comparação do tempo de resposta (s) para gráficos de barras pesos iguais versus diferentes

	Visualização	BS	BD	BS X BD
Seleção	3A4C	52,35	55,48	BS < BD
	3A5C	58,53	49,28	BS > BD
	3A7C	55,07	79,52	BS < BD
Eliminação	3A4C	48,91	46,82	BS > BD
	3A5C	43,35	54,20	BS < BD
	3A7C	53,99	45,76	BS > BD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 22 - Comparação do tempo de resposta (s) para tabelas pesos iguais versus diferentes

	Visualização	TS	TD	BS X BD
Seleção	3A4C	54,13	65,30	TS < TD
	3A5C	50,72	56,69	TS < TD
	3A7C	69,16	65,50	TS > TD
Eliminação	3A4C	55,01	45,40	TS > TD
	3A5C	51,33	58,16	TS < TD
	3A7C	63,13	57,48	TS > TD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 23 - Comparação tempo de resposta (s) para gráfico de barras *versus* tabelas

Análise	Peso	Visualização	Barra	Tabela	Gráfico de barras X Tabela
Seleção	Iguais	3A4C	52,35	54,13	Barra < Tabela
		3A5C	58,53	50,72	Barra > Tabela
		3A7C	55,07	69,16	Barra < Tabela
	Diferentes	3A4C	55,48	65,30	Barra < Tabela
		3A5C	49,28	56,69	Barra < Tabela
		3A7C	79,52	65,50	Barra > Tabela
Eliminação	Iguais	3A4C	48,91	55,01	Barra < Tabela
		3A5C	43,35	51,33	Barra < Tabela
		3A7C	53,99	63,13	Barra < Tabela
	Diferentes	3A4C	46,82	45,40	Barra > Tabela

		3A5C	54,20	58,16	Barra < Tabela
		3A7C	45,76	57,48	Barra < Tabela

Fonte: O autor (2021)

Para testar a normalidade dos dados de tempo de resposta foi o utilizado o teste de Shapiro-Wilk (para $\alpha = 5\%$). Para isso, foram utilizadas as seguintes hipóteses:

- (H0) os dados possuem distribuição normal;
- (H1) os dados não possuem distribuição normal.

Como resultado do teste foi obtido o p-valor de 0,9842 para a etapa de seleção, e 0,3092 para a etapa de eliminação. Em ambos os casos, a hipótese nula é aceita e a normalidade dos dados é atendida.

Com a necessidade de avaliar se havia diferenças estatísticas entre os valores de tempo de resposta, para as etapas de seleção e eliminação, sabendo que as amostras atenderam a normalidade, foi preciso fazer o teste de homogeneidade, utilizando o teste levene, para $\alpha = 5\%$. Para isso, foram dispostas as hipóteses:

- (H0) as variâncias dos grupos são homogêneas
- (H1) as variâncias dos grupos não são homogêneas.

O p-valor obtido foi de 0,2464. Assim, temos que a premissa de homogeneidade foi atendida. Conclui-se que o teste mais adequado para avaliar se há diferenças estatísticas entre as médias de tempo de resposta seria o teste-t para amostras pareadas para $\alpha = 5\%$. Seguindo as hipóteses:

- (H0) A média do tempo de resposta para etapa de seleção é igual a média de tempo de resposta para etapa de eliminação.
- (H1) A média do tempo de resposta para etapa de seleção é diferente da média de tempo de resposta para etapa de eliminação.

Assim, o teste-t para amostras pareadas apresentou um p-valor de 0,04118. Indicando que deve-se rejeitar H0.

O teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para $\alpha = 5\%$ foi realizado com o intuito de investigar possíveis diferenças entre o tempo de resposta quando comparado: Pesos iguais *versus* pesos diferentes e gráficos de barras *versus* tabelas. Este teste foi usado pois não exige a conformidade com a distribuição normal para os valores de tempo de resposta. Além disso a, amostra foi classificada como dependente. Para isso, as seguintes hipóteses foram utilizadas:

- (H0) correspondeu à similaridade dos valores de tempo de resposta entre as visualizações comparadas e a hipótese alternativa;

- (H1) a não similaridade destes valores.

Os resultados dos testes são apresentados na tabela 24.

Tabela 24 - Resultados dos testes de Wilcoxon das comparações para os valores de tempo de resposta

Análise	Visualização	Comparação	p-valor	Resultado
Seleção	3A4C	BS X BD	0,7179	Aceita H0
		TS X TD	0,839	Aceita H0
		BD X TD	0,3151	Aceita H0
		BS X TS	0,5802	Aceita H0
	3A5C	BS X BD	0,2832	Aceita H0
		TS X TD	0,06579	Aceita H0
		BD X TD	0,2359	Aceita H0
		BS X TS	0,01092	Rejeita H0
	3A7C	BS X BD	0,002779	Rejeita H0
		TS X TD	0,752	Aceita H0
		BD X TD	0,1792	Aceita H0
		BS X TS	0,04452	Rejeita H0
Eliminação	3A4C	BS X BD	0,6435	Aceita H0
		TS X TD	0,04823	Rejeita H0
		BD X TD	0,7179	Aceita H0
		BS X TS	0,3317	Aceita H0
	3A5C	BS X BD	0,06097	Aceita H0
		TS X TD	0,4099	Aceita H0
		BD X TD	0,1362	Aceita H0
		BS X TS	0,04952	Rejeita H0
	3A7C	BS X BD	0,7095	Aceita H0
		TS X TD	0,1685	Aceita H0
		BD X TD	0,9012	Aceita H0
		BS X TS	0,3097	Aceita H0

Fonte: O autor (2021)

A Correlação de Spearman entre o Tempo de resposta e o *Hit Rate* por visualização, os resultados obtidos foram -0,147 e -0,383 para as etapas de seleção e eliminação respectivamente.

4.1.2.2 Tempo de resposta por participante

Foi registrado o tempo exato que cada participante levou para avaliar cada visualização antes de prosseguir para o questionário, no qual ele fornece a sua resposta. A tabela 25 apresenta as estatísticas descritivas referente aos dados de cada participante.

Tabela 25 - Estatísticas descritivas dos tempos de resposta (s) de cada participante

Participante	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
1	73,37	62,13	38,48	14,01	164,42	49,75	96,85
2	58,37	49,71	30,68	18,52	138,47	37,24	78,59

3	95,81	103,65	32,16	33,30	147,97	73,38	123,12
4	57,40	33,50	52,10	13,90	194,30	16,80	89,40
5	64,38	63,05	29,97	22,88	134,38	38,43	81,97
6	25,26	21,10	12,55	8,30	53,26	16,07	37,90
7	22,76	21,36	11,94	6,37	57,40	13,11	28,03
8	91,82	83,76	37,59	41,08	208,90	64,35	119,14
9	80,04	71,64	43,15	22,26	207,59	51,86	92,84
10	44,36	38,04	16,79	2036	85,57	33,56	57,80
11	40,31	34,21	28,37	10,38	122,02	22,34	43,83
12	94,45	92,78	45,59	28,58	216,29	60,67	120,89
13	34,92	29,40	22,58	10,23	132,50	18,80	46,67
14	32,71	27,57	18,12	10,23	70,01	17,63	48,71
15	45,26	34,88	27,83	12,72	108,11	21,92	64,37
16	34,53	33,51	12,94	13,22	59,94	24,85	42,37
17	22,55	17,55	11,90	6,90	52,82	13,87	29,53
18	21,22	19,48	8,40	7,50	37,30	14,61	28,23
19	26,80	22,29	19,50	6,63	75,01	10,42	38,02
20	64,81	58,40	32,56	28,96	156,74	39,56	70,72
21	21,24	20,45	10,59	7,73	44,90	14,24	26,08
22	79,61	79,30	34,14	20,98	175,54	55,62	93,54
23	14,35	14,12	7,22	4,94	39,01	10,36	17,80
24	43,81	39,49	17,34	16,06	74,94	30,66	62,25
25	67,46	67,70	22,65	34,73	109,98	45,04	85,07
26	55,77	54,41	38,25	4,39	149,88	23,26	75,43
27	22,87	22,98	7,42	9,08	39,87	16,21	27,62
28	74,63	72,86	32,54	17,37	131,04	51,82	101,33
29	92,91	86,79	42,46	36,40	206,62	54,62	121,08
30	68,06	58,02	40,06	9,11	179,24	35,70	97,76
31	28,27	25,11	13,96	9,61	70,77	18,95	33,80
32	146,80	22,40	112,20	33,10	537,70	65,90	179,10
33	42,62	40,99	25,10	10,76	98,61	23,29	55,52
34	26,43	24,07	12,92	10,33	68,64	19,09	32,23
35	128,90	107,50	73,90	36,50	324,60	68,60	178,20
36	98,73	99,07	25,36	60,24	141,32	75,74	120,52
37	62,24	42,52	43,70	19,17	189,59	31,51	88,82
38	36,51	30,13	20,56	6,53	81,38	20,31	52,19
39	25,91	23,63	8,56	11,61	47,34	20,03	32,62
40	89,09	83,43	45,14	25,59	193,33	49,40	114,56
41	59,82	57,84	36,89	11,65	156,30	26,63	86,79
42	34,77	32,36	18,30	12,28	103,00	19,67	41,76
43	43,63	41,20	24,55	7,95	120,62	29,22	50,89
44	55,10	52,02	13,21	29,69	90,96	46,13	63,34

Fonte: O autor (2021)

Buscando verificar se há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos valores de tempo de resposta entre os participantes divididos por sexo (feminino e masculino), foi realizado um teste não-paramétrico de Mann-Whitney, dado que não exige que os dados, se distribuam normalmente. Além disso, a amostra neste caso foi considerada independente.

Para isso foi construída as seguintes hipóteses: Hipótese nula (H0) a mediana da taxa de acerto para o sexo feminino é igual a mediana da taxa de acerto para o sexo masculino (H1) a mediana da taxa de acerto para o sexo feminino é diferente da mediana da taxa de acerto para

o sexo masculino. Encontrou-se, com o teste de Mann-Whitney, o p-valor = 0,398. Assim, pode-se afirmar que a H0 foi aceita, visto que o p-valor é maior que 0,05, o nível de significância.

A correlação de Spearman entre o tempo de resposta e o Hit Rate por participante foi calculada, tendo como resultado uma correlação de 0,137. Além disso, a correlação entre a idade dos participantes e o tempo de resposta foi -0,122.

4.1.3 Acuracidade

A terceira medida de desempenho utilizada nesta pesquisa foi a acuracidade, que por definição é uma métrica que diz respeito ao tempo médio de resposta demandado para chegar a uma decisão correta (WAGENMAKERS *et al.* 2007).

4.1.3.1 Acuracidade por visualização

Para encontrar a acuracidade por visualização foram utilizadas as médias dos tempos gastos (ms) até fornecer apenas respostas corretas para cada visualização. Assim, para construção desta análise, foi verificado os participantes que forneceram respostas corretas em cada visualização e o tempo que eles demandaram até chegar a esta resposta. Os participantes que forneceram resposta errada foram desconsiderados para esta análise.

A Tabela 26 apresenta as estatísticas descritivas associadas a cada uma das visualizações.

Tabela 26 - Estatísticas descritivas da acuracidade por visualização

Análise	Visualização	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SELEÇÃO	3A7C TD	65,40	53,30	47,20	6,50	207,60	38,60	66,20
	3A4C BD	49,26	43,44	26,33	13,38	102,14	26,15	69,90
	3A4C TS	53,31	52,91	27,49	15,98	163,07	37,49	62,66
	3A5C TD	59,60	39,20	56,80	12,30	233,50	26,60	75,20
	3A5C BS	61,79	53,40	38,26	9,41	169,88	30,08	82,50
	3A4C BS	52,15	50,60	30,34	13,22	113,74	24,97	73,58
	3A5C BD	46,72	32,78	35,97	6,90	144,52	20,67	66,29
	3A5C TS	60,20	26,10	74,00	8,10	325,40	17,60	72,10
	3A7C TS	81,70	70,80	52,80	16,20	226,10	34,10	114,70
	3A7C BD	68,75	62,69	42,47	16,06	194,29	33,46	97,23
	3A4C TD	49,48	30,13	35,98	17,34	140,54	25,15	78,77
	3A7C BS	53,71	45,38	35,71	16,33	164,42	33,28	63,95
ELIMINAÇÃO	3A7C TD	58,46	46,19	41,33	6,05	176,11	23,58	86,85
	3A4C BD	55,47	31,41	57,55	10,09	324,62	21,29	73,87
	3A4C TS	56,88	49,27	41,59	5,32	167,95	19,33	90,26
	3A5C TD	43,30	38,12	24,79	15,26	89,57	19,84	64,81
	3A5C BS	55,49	42,47	40,06	6,63	148,23	24,43	89,53
	3A4C BS	43,60	33,72	31,32	12,88	118,80	21,75	54,55
	3A5C BD	46,50	36,11	32,57	4,39	131,74	22,28	71,38
	3A5C TS	57,30	38,55	46,14	9,61	216,29	22,77	74,28
	3A7C TS	57,05	60,95	37,14	7,54	177,30	25,71	77,81
	3A7C BD	69,28	65,03	46,05	6,37	179,24	30,01	106,43
	3A4C TD	45,71	37,55	38,47	4,94	208,90	23,25	56,18
	3A7C BS	44,35	38,63	29,59	10,23	107,50	16,36	67,16

Fonte: O autor (2021)

Para avaliar a acuracidade de forma descritiva, comparações baseadas na média foram realizadas. Grupos de visualizações foram comparados. O primeiro grupo seleção versus eliminação, o segundo grupo comparou pesos iguais versus pesos diferentes, e o terceiro grupo comparou gráficos de barras versus tabelas. As comparações são apresentadas nas tabelas 27, 28, 29 e 30.

Tabela 27 - Análise descritiva relacionada a acuracidade para seleção *versus* eliminação

Visualização	Seleção	Eliminação	Seleção X Eliminação
3A4C BS	52,15	43,60	Seleção > Eliminação
3A4C TS	53,31	56,88	Seleção > Eliminação
3A4C BD	49,26	55,47	Seleção < Eliminação
3A4C TD	49,48	45,71	Seleção > Eliminação
3A5C BS	61,79	55,49	Seleção > Eliminação
3A5C TS	60,20	57,30	Seleção > Eliminação
3A5C BD	46,72	46,50	Seleção > Eliminação
3A5C TD	59,60	43,30	Seleção > Eliminação
3A7C BS	53,71	44,35	Seleção > Eliminação
3A7C TS	81,70	57,05	Seleção > Eliminação
3A7C BD	68,75	69,28	Seleção < Eliminação
3A7C TD	65,40	58,46	Seleção > Eliminação

Fonte: O autor (2021)

Tabela 28 - Comparação dos valores de acuracidade para gráficos de barras pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	BS	BD	BS X BD
Seleção	3A4C	52,15	49,26	BS > BD
	3A5C	61,79	46,72	BS > BD
	3A7C	53,71	68,75	BS < BD
Eliminação	3A4C	43,60	55,47	BS < BD
	3A5C	55,49	46,50	BS > BD
	3A7C	44,35	69,28	BS < BD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 29 - Comparação dos valores de acuracidade para tabelas pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	TS	TD	TS X TD
Seleção	3A4C	53,31	49,48	TS > TD
	3A5C	60,20	59,60	TS > TD
	3A7C	81,70	65,40	TS > TD
Eliminação	3A4C	56,88	45,71	TS > TD
	3A5C	57,30	43,30	TS > TD
	3A7C	57,05	58,46	TS < TD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 30 - Comparação acuracidade para gráficos de barras *versus* tabelas

Análise	Peso	Visualização	Barra	Tabela	Gráfico de barras X Tabela
Seleção	Iguais	3A4C	52,15	53,31	Barra < Tabela
		3A5C	61,79	60,20	Barra < Tabela
		3A7C	53,71	81,70	Barra < Tabela
	Diferentes	3A4C	49,26	49,48	Barra < Tabela
		3A5C	46,72	59,60	Barra < Tabela
		3A7C	68,75	65,40	Barra > Tabela

Eliminação	Iguais	3A4C	43,60	56,88	Barra < Tabela
		3A5C	55,49	57,30	Barra < Tabela
		3A7C	44,35	57,05	Barra < Tabela
	Diferentes	3A4C	55,47	45,71	Barra > Tabela
		3A5C	46,50	43,30	Barra > Tabela
		3A7C	69,28	58,46	Barra > Tabela

Fonte: O autor (2021)

Para testar a normalidade dos dados de acuracidade foi o utilizado o teste de Shapiro-Wilk (para $\alpha = 5\%$). Para isso, foram utilizadas as seguintes hipoteses:

- (H0) os dados possuem distribuição normal;
- (H1) os dados não possuem distribuição normal.

Como resultado do teste foi obtido o p-valor de 0,233 para a etapa de seleção, e 0,084 para a etapa de eliminação. Assim, temos que no caso da eliminação normalidade não foi atendida. Deste modo, um teste não paramétrico deve ser utilizado para verificar se há diferenças estatísticas nos valores de acuracidade para cada um dos pares de visualizações comparados.

O teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para $\alpha = 5\%$ foi realizado. A escolha do teste é justificada pela não exigência de normalidade dos dados de acuracidade. Além disso, a amostra foi classificada como dependente visto que os mesmos indivíduos avaliavam todas as visualizações (MONTGOMERY *et al.* 2000).

Para este teste, a hipótese nula (H0) correspondeu à similaridade dos valores de acuracidade entre as visualizações comparadas e a hipótese alternativa (H1) a não similaridade destes valores. Como resultado do teste que comparava os valores de acuracidade par cada uma das etapas foi obtido um p-valor de 0,03418, o que indica que deve-se rejeitar H0.

Adicionalmente, o mesmo teste foi realizado com o intuito de investigar possíveis diferenças nos valores de acuracidade quando comparado: Pesos iguais *versus* pesos diferentes e gráficos de barras *versus* tabelas. Os resultados dos testes são apresentados na tabela 31.

Tabela 31 - Resultados dos testes de Wilcoxon das comparações para os valores de acuracidade

Análise	Visualização	Comparação	p-valor	Resultado
Seleção	3A4C	BS X BD	0,4637	Aceita H0
		TS X TD	0,4143	Aceita H0
		BD X TD	0,4548	Aceita H0
		BS X TS	0,7172	Aceita H0
	3A5C	BS X BD	0,0406	Rejeita H0
		TS X TD	0,8462	Aceita H0
		BD X TD	0,21	Aceita H0
		BS X TS	0,4274	Aceita H0
	3A7C	BS X BD	0,04153	Rejeita H0
		TS X TD	0,2428	Aceita H0
		BD X TD	0,4733	Aceita H0

		BS X TS	0,02542	Rejeita H0
Eliminação	3A4C	BS X BD	0,9661	Aceita H0
		TS X TD	0,2572	Aceita H0
		BD X TD	0,6263	Aceita H0
		BS X TS	0,2288	Aceita H0
	3A5C	BS X BD	0,9217	Aceita H0
		TS X TD	0,4037	Aceita H0
		BD X TD	0,3225	Aceita H0
		BS X TS	0,822	Aceita H0
	3A7C	BS X BD	0,01132	Rejeita H0
		TS X TD	0,8983	Aceita H0
		BD X TD	0,3357	Aceita H0
		BS X TS	0,247	Aceita H0

Fonte: O autor (2021)

Os valores médios de acuracidade foram correlacionados com os dados de *Hit Rate* por visualização para as etapas de seleção e eliminação. Assim, para a etapa de seleção a correlação apontada foi 0,199 e para eliminação foi 0,493.

4.1.4 Análise da banda Theta

Para o desenvolvimento desta análise com os dados coletados pelo EEG. Para isto, foi considerado o valor médio da potência cerebral no canal frontal F3 para Theta, referente ao agrupamento das frequências de 4-8 Hz.

A banda Theta foi analisada com base nos estudos de Wascher *et al.* (2014), de Loof *et al.* (2019), Macdonald *et al.* (2011), Holm (2009), Klimesch *et al.* (2005), visto que tais autores sugeriram que um valor mais alto em Theta, nos canais frontais, pode sugerir uma maior dificuldade nas operações mentais e um maior grau de complexidade.

A escolha do canal F3, para análise da banda Theta, se deu com base nos estudos de Wascher *et al.* (2014), de Loof *et al.* (2019), Holm (2009), Klimesch *et al.* (2005). A tabela 32 apresenta as estatísticas descritivas dos valores de Theta em F3 associadas a cada uma das visualizações.

Tabela 32 - Estatísticas descritivas associadas aos valores de Theta em F3 (Hz) por visualização

Análise	Visualização	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SELEÇÃO	3A7C TD	0,3944	0,3518	0,4820	-0,3770	2,5472	0,1097	0,6020
	3A4C BD	0,2658	0,2617	0,3364	-0,3455	0,9061	-0,0278	0,5573
	3A4C TS	0,3386	0,3849	0,4678	-1,0466	1,4801	0,1118	0,5960
	3A5C TD	0,3136	0,3763	0,3589	-0,7880	0,9839	0,1436	0,5060
	3A5C BS	0,2853	0,3494	0,4192	-1,0318	0,9177	0,0574	0,5379
	3A4C BS	0,3997	0,4220	0,5705	-1,0545	1,9485	0,0177	0,8024
	3A5C BD	0,3392	0,3384	0,4547	-0,7416	1,0532	-0,0750	0,7141
	3A5C TS	0,3801	0,3481	0,4505	-0,3857	1,2420	-0,0014	0,7338

	3A7C TS	0,4211	0,5016	0,4651	-0,7345	1,2070	0,0951	0,7527
	3A7C BD	0,4422	0,5513	0,4264	-0,5588	1,1393	0,0912	0,6986
	3A4C TD	0,4293	0,5246	0,4091	-0,4405	1,5501	0,0825	0,6789
	3A7C BS	0,4364	0,5491	0,4226	-0,5681	1,3938	0,2150	0,6813
ELIMINAÇÃO	3A7C TD	0,3832	0,3828	0,4249	-0,7322	1,3415	0,1441	0,6239
	3A4C BD	0,4188	0,4253	0,5056	-0,6124	2,0233	0,0276	0,6784
	3A4C TS	0,3607	0,2962	0,4021	-0,3558	1,1093	0,0391	0,6558
	3A5C TD	0,3314	0,3559	0,4327	-0,5876	1,2542	-0,0237	0,6626
	3A5C BS	0,3317	0,3818	0,4047	-0,5757	0,9814	0,0445	0,5866
	3A4C BS	0,3898	0,3388	0,3888	-0,5839	1,0126	0,0695	0,7315
	3A5C BD	0,3632	0,4077	0,4501	-0,6002	0,9891	0,0342	0,7877
	3A5C TS	0,3906	0,4117	0,4594	-0,7786	1,0227	0,2212	0,7326
	3A7C TS	0,4228	0,4443	0,5033	-0,6784	1,5862	0,1113	0,7675
	3A7C BD	0,4462	0,4138	0,5997	-0,7206	1,9290	0,2033	0,6684
	3A4C TD	0,4762	0,4715	0,5900	-0,6586	2,3187	0,0701	0,8602
	3A7C BS	0,500	0,525	0,650	-0,779	2,727	0,117	0,775

Fonte: O autor (2021)

Para avaliar os valores de theta em F3, comparações dos valores de média, a partir de uma análise descritiva, foram realizadas a fim de investigar se visualizações apresentaram maior ou menor esforço cognitivo quando comparadas entre si nos dois grupos de comparação. Assim como para as demais métricas apresentadas anteriormente, os dois grupos de visualizações foram comparados. As comparações são apresentadas nas tabelas 33, 34, 35 e 36.

Tabela 33 - Comparação valores de Theta em F3 (Hz) entre as etapas de seleção *versus* eliminação

Visualização	Seleção	Eliminação	Seleção X Eliminação
3A4C BS	0,3997	0,3898	Seleção > Eliminação
3A4C TS	0,3386	0,3607	Seleção < Eliminação
3A4C BD	0,2658	0,4188	Seleção < Eliminação
3A4C TD	0,4293	0,4762	Seleção < Eliminação
3A5C BS	0,2853	0,3317	Seleção < Eliminação
3A5C TS	0,3801	0,3906	Seleção < Eliminação
3A5C BD	0,3392	0,3632	Seleção < Eliminação
3A5C TD	0,3136	0,3314	Seleção < Eliminação
3A7C BS	0,4364	0,500	Seleção < Eliminação
3A7C TS	0,4211	0,4228	Seleção < Eliminação
3A7C BD	0,4422	0,4462	Seleção < Eliminação
3A7C TD	0,3944	0,3832	Seleção > Eliminação

Fonte: O autor (2021)

Tabela 34 - Comparação dos valores de Theta em F3 (Hz) para pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	BS	BD	BS X BD
Seleção	3A4C	0,3997	0,2658	BS > BD
	3A5C	0,2853	0,3392	BS < BD
	3A7C	0,4364	0,4422	BS < BD
Eliminação	3A4C	0,3898	0,4188	BS < BD
	3A5C	0,3317	0,3632	BS < BD
	3A7C	0,500	0,4462	BS < BD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 35 - Comparação dos valores de Theta em F3 (Hz) para tabelas pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	TS	TD	TS X TD
Seleção	3A4C	0,3386	0,4293	TS < TD
	3A5C	0,3801	0,3136	TS > TD
	3A7C	0,4211	0,3944	TS > TD
Eliminação	3A4C	0,3607	0,4762	TS < TD
	3A5C	0,3906	0,3314	TS > TD
	3A7C	0,4228	0,3832	TS > TD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 36 - Comparação Theta em F3 (Hz) para gráficos de barras *versus* tabelas

Análise	Peso	Visualização	Barra	Tabela	Gráfico de barras X Tabela
Seleção	Iguais	3A4C	0,3997	0,3386	Barra > Tabela
		3A5C	0,2853	0,3801	Barra < Tabela
		3A7C	0,4364	0,4211	Barra > Tabela
	Diferentes	3A4C	0,2658	0,4293	Barra < Tabela
		3A5C	0,3392	0,3136	Barra > Tabela
		3A7C	0,4422	0,3944	Barra > Tabela
Eliminação	Iguais	3A4C	0,3898	0,3607	Barra > Tabela
		3A5C	0,3317	0,3906	Barra < Tabela
		3A7C	0,500	0,4228	Barra > Tabela
	Diferentes	3A4C	0,4188	0,4762	Barra < Tabela
		3A5C	0,3632	0,3314	Barra > Tabela
		3A7C	0,4462	0,3832	Barra > Tabela

Fonte: O autor (2021)

Para testar a normalidade dos dados de Theta em F3 foi o utilizado o teste de Shapiro-Wilk (para $\alpha = 5\%$). Para isso, foram utilizadas as seguintes hipóteses:

- (H0) os dados possuem distribuição normal;
- (H1) os dados não possuem distribuição normal.

Como resultado do teste foi obtido o p-valor de 0,296 para a etapa de seleção, e 0,652 para a etapa de eliminação. Em ambos os casos, a hipótese nula é aceita e a normalidade dos dados é atendida.

Com a necessidade de avaliar se havia diferenças estatísticas entre os valores de theta em F3, para as etapas de seleção e eliminação, visto que as amostras atenderam a normalidade, foi preciso fazer o teste de homogeneidade, utilizando o teste levene, para $\alpha = 5\%$. Para isso, foram dispostas as hipóteses:

- (H0) as variâncias dos grupos são homogêneas
- (H1) as variâncias dos grupos não são homogêneas.

O p-valor obtido foi de 0,464. Diante disso, a premissa de homogeneidade foi atendida. Conclui-se que o teste mais adequado para avaliar se há diferenças estatísticas entre as médias

dos valores de Theta em F3 seria o teste-t para amostras pareadas para $\alpha = 5\%$. Seguindo as hipóteses:

- (H0) a diferença média das observações de diâmetro da pupila é estatisticamente igual a zero.
- (H1) a diferença média das observações é diferente de zero.

Assim, o p-valor obtido foi 0,2017. Este resultado sugere a aceitação de H0.

Com a necessidade de avaliar se havia diferenças estatísticas nos valores de Theta em F3, para as demais comparação foi realizado teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para $\alpha = 5\%$. Tendo em vista que, não exige que os dados se distribuam normalmente. Somado a isso, a amostra foi classificada como dependente visto que os mesmos indivíduos avaliavam todas as visualizações (MONTGOMERY *et al.* 2000). Os resultados dos testes são apresentados na tabela 37.

Tabela 37 - Resultados dos testes de Wilcoxon das comparações para os valores de Theta em F3 (Hz)

Análise	Visualização	Comparação	p-valor	Resultado
Seleção	3A4C	BS X BD	0,407	Aceita H0
		TS X TD	0,4551	Aceita H0
		BD X TD	0,1338	Aceita H0
		BS X TS	0,2956	Aceita H0
	3A5C	BS X BD	0,942	Aceita H0
		TS X TD	0,4735	Aceita H0
		BD X TD	0,8092	Aceita H0
		BS X TS	0,5876	Aceita H0
	3A7C	BS X BD	0,5764	Aceita H0
		TS X TD	0,3855	Aceita H0
		BD X TD	0,3341	Aceita H0
		BS X TS	0,7524	Aceita H0
Eliminação	3A4C	BS X BD	0,8739	Aceita H0
		TS X TD	0,1756	Aceita H0
		BD X TD	0,774	Aceita H0
		BS X TS	0,5722	Aceita H0
	3A5C	BS X BD	0,9596	Aceita H0
		TS X TD	0,5429	Aceita H0
		BD X TD	0,5189	Aceita H0
		BS X TS	0,5876	Aceita H0
	3A7C	BS X BD	0,3499	Aceita H0
		TS X TD	0,7457	Aceita H0
		BD X TD	0,9201	Aceita H0
		BS X TS	0,9505	Aceita H0

Fonte: O autor (2021)

Os valores de theta em F3 por visualização foram correlacionados com os dados de *Hit Rate*, Tempo de resposta e Acuracidade fazendo uso da Correlação de Spearman (MONTGOMERY *et al.* 2000). Os resultados são apresentados na tabela 38.

Tabela 38 - Resultado das análises de correlação relacionadas aos valores de theta em F3

Variáveis	Correlação
Theta em F3 X <i>Hit Rate</i> (por visualização) – Seleção	-0,215
Theta em F3 X <i>Hit Rate</i> (por visualização) – Eliminação	0,320
Theta em F3 X Tempo de resposta (por visualização) - Seleção	0,502
Theta em F3 X Tempo de resposta (por visualização) - Eliminação	-0,146
Theta em F3 X Acuracidade (por visualização) – Seleção	0,332
Theta em F3 X Acuracidade (por visualização) - Eliminação	0,004

Fonte: O autor (2021)

4.1.5 Pope Index

Este índice foi introduzido por Pope *et al.* (1995), com o objetivo de mensurar o grau de envolvimento na tarefa determinado com base nos dados de EEG. Ao longo dos anos diversos trabalhos utilizaram este índice em seus estudos, sendo alguns deles: Kamzanova *et al.* (2011), McMahan *et al.* (2015), Calvert (2019), Wu *et al.* (2021) e Demazure *et al.* (2019).

O *Pope index* (PI) é calculado através da equação 10. Este utiliza os valores de beta, alpha e theta dado que tais bandas estão associadas a estados de atenção e viglância. Assim, ele pode ser tratado com um índice de engajamento cognitivo.

$$Pope\ Index = \frac{Beta}{(Alpha+Theta)} \quad (10)$$

Os trabalhos que utilizaram o PI apresentaram diversas abordagens. Tais abordagens diferiam quanto aos canais utilizados, quanto a utilização de janelas de tempo ou não, quanto a agregação por bloco (utilizando a soma ou a média) e por último quanto ao tipo de potência utilizada (potência relativa, potência absoluta ou Transformada Rápida de Fourier (FFT)).

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram considerados os dados coletados por todos os canais disponíveis no EEG utilizado, conforme foi executado anteriormente em estudos recentes como Wu *et al.* (2021) e McMahan *et al.* (2015) que também utilizaram os canais AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1 e O2. Esses mesmos autores utilizaram a média, para encontrar a potência combinada de todos os canais, o mesmo procedimento foi realizado nesta pesquisa, os valores de potência combinada estão disponíveis nos apêndices deste trabalho. A tabela 39 apresenta dos valores do PI para cada visualização.

Tabela 39 - *Pope Index*

Seleção		Eliminação	
Visualização	Pope Index	Visualização	Pope Index
3A7C TD	0,7638	3A7C TD	0,7215
3A4C BD	0,7938	3A4C BD	0,6770
3A4C TS	0,7408	3A4C TS	0,7321
3A5C TD	0,7661	3A5C TD	0,7307
3A5C BS	0,7436	3A5C BS	0,7501
3A4C BS	0,7240	3A4C BS	0,7237
3A5C BD	0,7481	3A5C BD	0,7397
3A5C TS	0,7731	3A5C TS	0,7449
3A7C TS	0,7029	3A7C TS	0,7061
3A7C BD	0,6670	3A7C BD	0,6918
3A4C TD	0,7115	3A4C TD	0,6727
3A7C BS	0,7242	3A7C BS	0,6517

Fonte: O autor (2021)

Para testar a normalidade dos dados de PI foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (para $\alpha = 5\%$). Para este teste, foram utilizadas as seguintes hipóteses:

- (H0) os dados possuem distribuição normal;
- (H1) os dados não possuem distribuição normal.

Como resultado do teste foi obtido o p-valor de 0,9842 para a etapa de seleção, e 0,3092 para a etapa de eliminação. Em ambos os casos, a hipótese nula é aceita e a normalidade dos dados é atendida.

Com a necessidade de avaliar se havia diferenças estatísticas entre os valores de PI, para as etapas de seleção e eliminação, sabendo que as amostras atenderam a normalidade, foi preciso fazer o teste de homogeneidade, utilizando o teste Levene, para $\alpha = 5\%$. Para isso, foram dispostas as hipóteses:

- (H0) as variâncias dos grupos são homogêneas
- (H1) as variâncias dos grupos não são homogêneas.

O p-valor obtido foi de 0,9694. Assim, temos que a premissa de homogeneidade foi atendida. Conclui-se que o teste mais adequado para avaliar se há diferenças estatísticas entre as médias de PI seria o teste-t para amostras pareadas para $\alpha = 5\%$. Seguindo as hipóteses:

- (H0) a diferença média das observações de PI é estatisticamente igual a zero.
- (H1) a diferença média das observações é diferente de zero.

Assim, o teste-t para amostras pareadas apresentou um p-valor de 0,0384. Indicando que deve-se rejeitar H0. Para melhor entendimento de como se comportam os dados de PI para cada uma das etapas foram apresentadas as estatísticas descritivas associadas a cada uma das etapas na tabela 40.

Tabela 40 - Estatísticas descritivas relacionadas aos valores de *Pope Index*

Análise	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
Seleção	0,7382	0,7422	0,0348	0,6670	0,7938	0,7146	0,7655
Eliminação	0,7118	0,7378	0,0318	0,6517	0,7501	0,6807	0,7378

Fonte: O autor (2021)

Para avaliar os valores do PI, comparações foram realizadas, a partir de uma análise descritiva. Assim como para as demais métricas apresentadas anteriormente, os dois grupos de visualizações foram comparados. O primeiro grupo seleção versus eliminação, o segundo grupo comparou pesos iguais versus pesos diferentes, e o terceiro grupo comparou gráficos de barras versus tabelas. As comparações são apresentadas nas Tabelas 41, 42, 43 e 44.

Tabela 41 - Comparação valores do Pope Index entre as etapas de seleção *versus* eliminação

Visualização	Seleção	Eliminação	Seleção X Eliminação
3A7C TD	0,7638	0,7215	Seleção > Eliminação
3A4C BD	0,7938	0,6770	Seleção > Eliminação
3A4C TS	0,7408	0,7321	Seleção > Eliminação
3A5C TD	0,7661	0,7307	Seleção > Eliminação
3A5C BS	0,7436	0,7501	Seleção < Eliminação
3A4C BS	0,7240	0,7237	Seleção > Eliminação
3A5C BD	0,7481	0,7397	Seleção > Eliminação
3A5C TS	0,7731	0,7449	Seleção > Eliminação
3A7C TS	0,7029	0,7061	Seleção < Eliminação
3A7C BD	0,6670	0,6918	Seleção > Eliminação
3A4C TD	0,7115	0,6727	Seleção > Eliminação
3A7C BS	0,7242	0,6517	Seleção > Eliminação

Fonte: O autor (2021)

Tabela 42 - Comparação dos valores de Pope Index para pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	BS	BD	BS X BD
Seleção	3A4C	0,7240	0,7938	BS < BD
	3A5C	0,7436	0,7481	BS < BD
	3A7C	0,7242	0,6670	BS > BD
Eliminação	3A4C	0,7237	0,6770	BS > BD
	3A5C	0,7501	0,7397	BS > BD
	3A7C	0,6517	0,6918	BS < BD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 43 - Comparação dos valores de Pope Index para tabelas pesos iguais *versus* diferentes

	Visualização	TS	TD	TS X TD
Seleção	3A4C	0,7408	0,7115	TS < TD
	3A5C	0,7731	0,7661	TS > TD
	3A7C	0,7029	0,7638	TS > TD
Eliminação	3A4C	0,7321	0,6727	TS < TD
	3A5C	0,7449	0,7307	TS > TD
	3A7C	0,7061	0,7215	TS > TD

Fonte: O autor (2021)

Tabela 44 - Comparação Pope Index para gráficos de barras *versus* tabelas

Análise	Peso	Visualização	Barra	Tabela	Gráfico de barras X Tabela
Seleção	Iguais	3A4C	0,7240	0,7408	Barra > Tabela
		3A5C	0,7436	0,7731	Barra < Tabela
		3A7C	0,7242	0,7029	Barra > Tabela
	Diferentes	3A4C	0,7938	0,7115	Barra < Tabela
		3A5C	0,7481	0,7661	Barra > Tabela
		3A7C	0,6670	0,7638	Barra > Tabela
Eliminação	Iguais	3A4C	0,7237	0,7321	Barra > Tabela
		3A5C	0,7501	0,7449	Barra < Tabela
		3A7C	0,6517	0,7061	Barra > Tabela
	Diferentes	3A4C	0,6770	0,6727	Barra < Tabela
		3A5C	0,7397	0,7307	Barra > Tabela
		3A7C	0,6918	0,7215	Barra > Tabela

Fonte: O autor (2021)

Os valores de *Pope index* por visualização (seleção e eliminação) foram correlacionados com os dados de *Hit Rate* por visualização (seleção e eliminação), tempo de resposta, acuracidade e Theta em f3 usando da Correlação de Spearman (MONTGOMERY *et al.* 2000). Conforme apresentado na tabela 45.

Tabela 45 - Resultado das análises de correlação relacionadas à Acuracidade

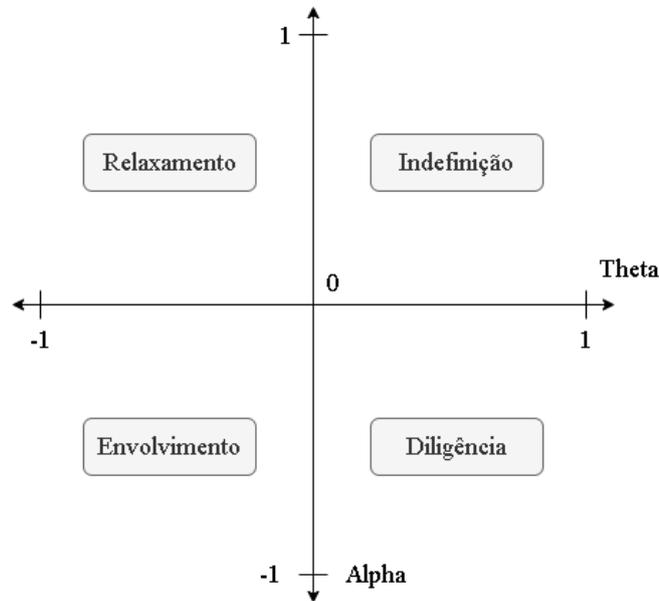
Variáveis	Correlação
<i>Hit Rate</i> (por visualização) X <i>Pope Index</i> – Seleção	-0,166
<i>Hit Rate</i> (por visualização) X <i>Pope Index</i> – Eliminação	-0,229
<i>Pope Index</i> X Tempo de Resposta – Seleção	-0,686
<i>Pope Index</i> X Tempo de Resposta – Eliminação	0,133
Acuracidade – Seleção X <i>Pope Index</i> – Seleção	-0,394
Acuracidade – Eliminação X <i>Pope Index</i> – Eliminação	0,094
<i>Pope Index</i> – Seleção X Theta em F3- Seleção	-0,738
<i>Pope Index</i> – Eliminação X Theta em F3 – Eliminação	-0,909

Fonte: O autor (2021)

4.1.6. Diagramas Alpha-Theta para cada visualização

O diagrama Alpha-Theta (Figura 28) foi introduzido por Roselli (2020), e é elaborado de modo que no eixo x são apresentados os valores da banda Theta, para o canal F3, e no eixo y os valores da banda Alpha, para o canal P7. O objetivo deste diagrama é classificar o comportamento dos participantes considerando o engajamento, que se relaciona com os valores da banda Alpha no canal P7, e o esforço cognitivo, que tem relação com os valores de Theta em F3.

Figura 28 - Diagrama Alpha-Theta



Fonte: Adaptado de Roselli, 2020

Para construção dos diagramas os valores precisam ser normalizados, tendo como o valor mínimo -1 e o valor máximo 1. Esta normalização é necessária para que os valores de potência tenham uma mesma escala. A tabela 46 foi construída com base nas definições propostas por Roselli (2020).

Tabela 46 - Definições do comportamento associado aos quadrantes do diagrama Alpha-Theta

Localização do quadrante	Comportamento associado	Interpretação
Superior esquerdo	Relaxamento	Baixo esforço cognitivo realizado pelo participante (valor negativo para Theta) e baixo engajamento (valor positivo para Alpha).
Superior direito	Indefinição	Alto esforço cognitivo (valor positivo para Theta) e baixo engajamento (valor positivo para Alpha).
Inferior esquerdo	Envolvimento	Baixo esforço cognitivo (valor negativo para Theta) e alto engajamento (valor negativo para Alpha).
Inferior direito	Diligência	Alto esforço cognitivo (valor positivo para Theta) e alto engajamento, (valor negativo para Alpha).

Fonte: O autor (2021)

Para construção de cada diagrama, foi extraída da matriz potência do EEGlab através do *plugin* Darbeliai, nessas matrizes são obtidos os dados de potência absoluta em μV^2 . Posteriormente, o diagrama de quadrantes Alpha-Theta foi construído para cada uma das visualizações.

Com base nos diagramas de quadrantes Alpha-Theta construídos para cada um dos tipos de visualização, a tabela 47 foi construída para sintetizar as informações obtidas indicando a quantidade de participantes que apresentaram um dado comportamento durante a avaliação das visualizações. Os diagramas estão disponíveis no apêndice deste trabalho.

Tabela 47 - Comportamentos apresentados por nos diagramas Alpha-Theta por visualização

Análise	Visualização	Relaxamento	Indefinição	Envolvimento	Diligência
SELEÇÃO	3A7C TD	3	28	2	7
	3A4C BD	6	18	3	8
	3A4C TS	7	24	2	7
	3A5C TD	4	24	2	10
	3A5C BS	4	20	3	9
	3A4C BS	3	25	4	7
	3A5C BD	5	24	5	5
	3A5C TS	3	20	6	8
	3A7C TS	3	24	2	7
	3A7C BD	3	25	4	4
	3A4C TD	3	25	3	8
ELIMINAÇÃO	3A7C BS	2	26	4	7
	3A7C TD	4	24	3	8
	3A4C BD	5	21	4	7
	3A4C TS	2	25	5	7
	3A5C TD	3	24	7	5
	3A5C BS	3	19	4	8
	3A4C BS	2	26	4	2
	3A5C BD	3	25	5	3
	3A5C TS	3	22	3	7
	3A7C TS	3	25	4	8
	3A7C BD	3	28	4	5
3A4C TD	4	27	3	6	
3A7C BS	3	27	3	3	

Fonte: O autor (2021)

4.1.6.1 Diagramas Alpha-Theta para cada participante

O diagrama Alpha-Theta foi construído para cada um dos participantes. Com base nos diagramas de quadrantes Alpha-Theta construídos para cada um dos tipos de visualização, a tabela 48 foi construída para sintetizar as informações obtidas indicando o comportamento foi seguido durante todo o experimento.

Tabela 48 - Resumo dos diagramas Alpha-Theta por participante

Usuário	Relaxamento	Indefinição	Envolvimento	Diligência
1	0	27	4	3
2	2	25	3	0
3	0	29	0	0
4	0	27	0	0
5	0	29	0	0
6	4	34	2	0
7	0	36	0	0

8	0	24	1	0
9	2	17	1	5
10	4	25	6	4
11	3	20	1	7
12	2	23	0	1
13	2	29	0	0
14	0	22	0	4
15	1	25	0	1
16	0	25	0	0
17	2	21	0	3
18	0	21	2	2
19	0	20	0	6
20	0	25	0	0
21	0	24	0	1
22	0	26	0	0
23	0	24	0	0
24	0	24	0	0
25	0	27	0	8
26	3	26	6	4
27	0	28	0	0
28	2	42	3	0
29	2	42	3	0
30	1	24	0	1
31	0	25	0	0
32	3	39	0	5
33	2	35	0	0
34	2	31	0	2
35	2	26	0	2
36	0	28	0	2
37	2	24	0	3
38	0	36	2	0
39	0	31	0	0
40	0	28	0	0

Fonte: O autor (2021)

4.2 RESULTADOS SOBRE OS PROCESSOS COGNITIVOS ENCONTRADOS COM O EYE-TRACKER

Nesta sessão serão apresentadas as análises feitas a partir de dados coletados com o Eye-Tracking. Para isso, foi utilizada a métrica de diâmetro da pupila normalizado e corrido pela *baseline*. Os valores de diâmetro de pupila estão disponíveis nos apêndices deste trabalho.

4.2.1 Diâmetro médio da pupila normalizado

A variação da pupila ocorre devido aos estímulos recebidos pelo sujeito e, uma vez que essa resposta não pode ser controlada voluntariamente, ela se torna uma fonte confiável de dados comportamentais (LAENG *et al.* 2012; GONÇALVES *et al.* 2019). Estudos sugerem que há uma relação entre o diâmetro da pupila aos estados de controle de engajamento.

Os resultados obtidos pelos experimentos realizados por Jepma e Nieuwenhuis (2011) sugeriram que o engajamento na tarefa estava relacionado a um diâmetro intermediário da

pupila. Tal estudo também sugeriu que, o desligamento da tarefa na forma de distração foi relacionado ao aumento do diâmetro da pupila. Adicionalmente, o estudo de Hopstaken *et al.* (2015a), identificou que diâmetros de pupila pequenos correspondem ao estado de baixa excitação e desengajamento geral sugerindo ainda que esta reação seria consequência comportamental de fadiga.

A métrica considerada para este estudo foi o diâmetro médio da pupila normalizado corrigido pela baseline de 100ms (MATHÔT *et al.* 2018; MATHÔT *et al.* 2014). A correção pela *baseline* é útil em experimentos que investigam o efeito de alguma manipulação experimental no tamanho da pupila pois, melhora o poder estatístico, levando em consideração flutuações aleatórias no tamanho da pupila ao longo do tempo (MATHÔT *et al.* 2018). A fórmula utilizada para fazer o cálculo foi Diâmetro da pupila corrigido pela baseline é indicada na equação 11.

$$\text{Diâmetro da pupila corrigido} = \frac{\text{Diâmetro da pupila}}{\text{Baseline}} \quad (11)$$

Para o desenvolvimento desta análise foram considerados os dados de pupila esquerda, de acordo com o que foi feito em outros estudos que também utilizaram os dados de tal pupila (PARTALA e SURAKKA (2003); BARRETO *et al.* (2007); JEPMA e NIEUWENHUIS (2011); HOPSTAKEN *et al.* (2015a), HOPSTAKEN *et al.* (2015b), HOPSTAKEN *et al.* (2016); BURKE *et al.* (2018); ORSI *et al.* (2019)).

A tabela 49 apresenta as estatísticas descritivas da mesma métrica para cada uma das etapas.

Tabela 49 - Estatísticas descritivas do diâmetro médio da pupila normalizado (mm) por visualização

Análise	Visualização	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
SELEÇÃO	3A7C TD	0,95027	0,94339	0,06122	0,85266	1,14925	0,90705	0,99025
	3A4C BD	0,97937	0,97912	0,05412	0,90029	1,10292	0,93312	1,00775
	3A4C TS	0,94161	0,93744	0,05287	0,81568	1,05560	0,89624	0,98478
	3A5C TD	0,93112	0,93075	0,04994	0,84901	1,05549	0,88710	0,95656
	3A5C BS	0,97972	0,98157	0,04456	0,87991	1,05181	0,96024	1,01898
	3A4C BS	0,97957	0,97686	0,05372	0,88793	1,18609	0,94764	1,00222
	3A5C BD	0,9514	0,9703	0,1565	0,0000	1,1284	0,9359	1,0071
	3A5C TS	0,95086	0,94716	0,05412	0,85172	1,13979	0,91933	0,97520
	3A7C TS	0,93131	0,93378	0,04018	0,81019	1,00134	0,89935	0,95974
	3A7C BD	0,98608	0,98507	0,04760	0,89443	1,10398	0,95660	1,01438
	3A4C TD	0,93581	0,93523	0,03902	0,81906	1,03222	0,91413	0,95941
3A7C BS	0,97607	0,97107	0,06199	0,86106	1,18513	0,93545	1,00651	
ELIMINAÇÃO	3A7C TD	0,96332	0,96322	0,04363	0,85848	1,08585	0,94103	0,99092
	3A4C BD	0,98362	0,98761	0,04929	0,90054	1,14378	0,94418	1,00866
	3A4C TS	0,96511	0,95452	0,05624	0,87508	1,12093	0,92016	1,00905
	3A5C TD	0,94016	0,93050	0,04964	0,85638	1,09019	0,91004	0,97131
	3A5C BS	0,98554	0,98975	0,05108	0,89975	1,12740	0,94831	1,01619
	3A4C BS	1,0034	1,0073	0,0557	0,8659	1,1404	0,9727	1,0397

	3A5C BD	0,98597	0,97964	0,05167	0,85225	1,11671	0,95609	1,01686
	3A5C TS	0,95202	0,95156	0,05742	0,84556	1,08677	0,90610	0,98271
	3A7C TS	0,93610	0,93401	0,03825	0,82814	1,01251	0,91265	0,96027
	3A7C BD	0,98216	0,98302	0,04289	0,88413	1,07691	0,94828	1,01218
	3A4C TD	0,94061	0,94016	0,04033	0,84153	1,03943	0,91193	0,97152
	3A7C BS	0,96753	0,96967	0,04447	0,86497	1,05625	0,93720	0,99184

Fonte: O autor (2021)

Conforme relatado anteriormente, estudos sugerem que há uma relação entre o diâmetro da pupila aos estados de controle de engajamento e valores intermediários de diâmetro médio da pupila estão relacionados a níveis de engajamento ideais.

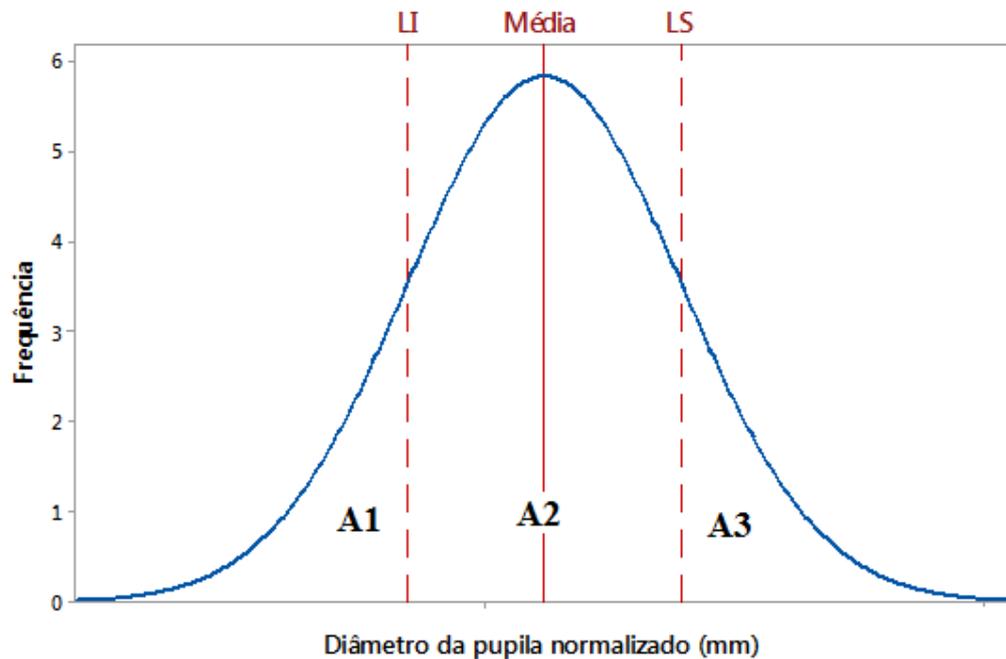
Então, para realizar a análise foi preciso primeiramente testar a normalidade dos dados. Para isso, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (para $\alpha = 5\%$) que, de acordo com Ghasemi e Zahediasl (2012) e Razali e Wah (2011), é melhor escolha para testar a normalidade dos dados, principalmente quando se trata de amostras pequenas (menor que 30). Para este teste, as seguintes hipóteses foram utilizadas:

- (H0) os dados possuem distribuição normal
- (H1) os dados não possuem distribuição normal.

Como resultado do teste foi obtido o p-valor de 0,1542 para a etapa de seleção, e 0,3831 para a etapa de eliminação. Em ambos os casos, a hipótese nula é aceita e a normalidade dos dados é atendida.

Então foi sugerido uma curva de comportamento baseada no diâmetro da pupila normalizado, que associa os dados de dilatação da pupila a diferentes estados de engajamento. Esta curva é apresentada na figura 29. A linha central representa a média dos dados e os limites superior e inferior foram calculados com a variação de mais ou menos um desvio padrão a partir da média. Neste caso, a probabilidade de uma observação se encontrar dentro do intervalo de mais ou menos um desvio padrão é de 69,22%.

Figura 29 - Definição da curva de comportamento de maneira generica



Fonte: O autor (2021)

Assim, esta curva comportamental baseada no diâmetro da pupila normalizado apresenta a delimitação de 3 estados sendo eles descritos na tabela 50.

Tabela 50 - Definição dos estados da curva de comportamento baseado no diâmetro da pupila normalizado

Estado	Limites	Definição
A1	$X < \text{Limite inferior}$	Baixa excitação e desengajamento sugerindo uma consequência comportamental de fadiga.
A2	$\text{Limite inferior} \leq X \leq \text{Limite superior}$	Valores intermediários de excitação que gera engajamento e desempenhos ideias.
A3	$X > \text{Limite superior}$	Baixa excitação e desligamento da tarefa na forma de distração.

Fonte: O autor (2021)

Com a necessidade de avaliar se havia diferenças estatísticas entre os valores do diâmetro médio da pupila normalizado, para as etapas de seleção e eliminação, sabendo que as amostras atenderam a normalidade, foi preciso fazer o teste homogeneidade, que neste caso foi utilizado o teste levene, para $\alpha = 5\%$. Para isso, foram dispostas as hipóteses:

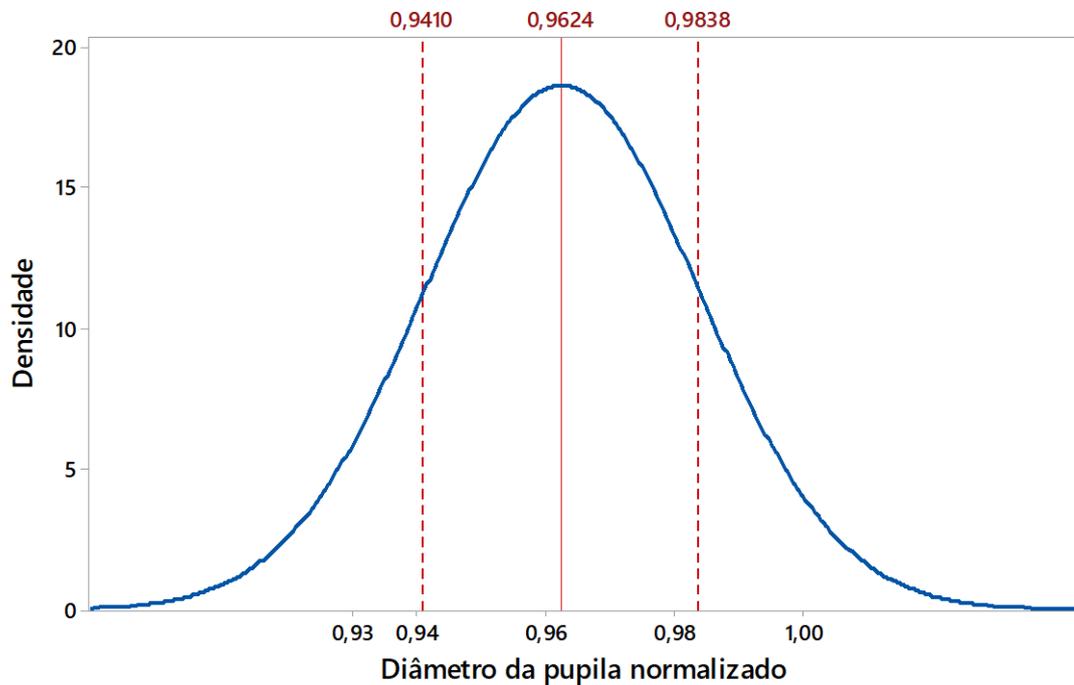
- (H0) as variâncias dos grupos são homogenias
- (H1) as variâncias dos grupos não são homogenias.

O p-valor obtido foi de 0,3871. Assim, a premissa de homogeneidade foi atendida. Conclui-se que o teste mais adequado para avaliar se as diferenças estatísticas entre os valores do diâmetro médio da pupila normalizado seria o teste-t para amostras independentes. Assim, o teste t para amostras independentes para $\alpha = 5\%$ foi realizado. Seguindo as hipóteses:

- (H0) a diferença média das observações de diâmetro da pupila é estatisticamente igual a zero.
- (H1) a diferença média das observações é diferente de zero.

O resultado obtido foi um p-valor de 0,1182, o que indica que se deve aceitar H0. Como o resultado do teste t indicou que não havia diferença significativa entre as médias de diâmetro de dilatação da pupila normalizado, apenas uma curva de comportamento foi construção levando em consideração a média das duas etapas. Esta curva é apresentada na figura 30. A linha vermelha representa a média dos dados 0,96245mm, as linhas pontilhadas representam os limites inferior (2,9618mm) e superior (3,0986mm).

Figura 30 - Curva de comportamento relacionada com os dados do experimento de 2020



Fonte: O autor (2021)

Dando continuidade a análise cada um os valores de diâmetro médio da pupila normalizado foram classificados de acordo com a sua posição da curva de comportamento. A tabela 51, apresenta tal classificação.

Tabela 51 - Resultado da curva de comportamento

Seleção			Eliminação		
Visualização	Média	Estado	Visualização	Média	Estado
3A7C TD	0,95027	A2	3A7C TD	0,96332	A1
3A4C BD	0,97937	A2	3A4C BD	0,98362	A2
3A4C TS	0,94161	A2	3A4C TS	0,96511	A2
3A5C TD	0,93112	A1	3A5C TD	0,94016	A1
3A5C BS	0,97972	A2	3A5C BS	0,98554	A3
3A4C BS	0,97957	A2	3A4C BS	1,0034	A3

3A5C BD	0,9514	A2	3A5C BD	0,98597	A3
3A5C TS	0,95086	A2	3A5C TS	0,95202	A2
3A7C TS	0,93131	A1	3A7C TS	0,93610	A1
3A7C BD	0,98608	A3	3A7C BD	0,98216	A2
3A4C TD	0,93581	A1	3A4C TD	0,94061	A1
3A7C BS	0,97607	A2	3A7C BS	0,96753	A2

Fonte: O autor (2021)

Os dados diâmetro da pupila normalizado por visualização, Hit Rate por visualização, tempo de resposta, acuracidade, Theta em F3 e *Pope index* foram correlacionadas entre si, utilizando da Correlação de Spearman. Conforme apresentado na tabela 52.

Tabela 52 - Resultado das análises de correlação relacionadas às métricas de diâmetro da pupila

Variáveis	Correlação
<i>Hit rate</i> X diâmetro da pupila normalizado- Seleção	0,206
<i>Hit rate</i> X diâmetro da pupila normalizado- Eliminação	-0,095
Tempo de resposta X diâmetro da pupila normalizado- Seleção	-0,239
Tempo de resposta X diâmetro da pupila normalizado- Eliminação	-0,554
Acuracidade X Diâmetro médio da pupila normalizado – Seleção	- 0,461
Acuracidade X Diâmetro médio da pupila normalizado – Eliminação	- 0,114
Theta em F3 X Diâmetro médio da pupila normalizado – Seleção	- 0,366
Theta em F3 X Diâmetro médio da pupila normalizado – Eliminação	- 0,110
Pope Index X diâmetro da pupila normalizado- Seleção	0,067
Pope Index X diâmetro da pupila normalizado- Eliminação	0,028

Fonte: O autor (2021)

4.3 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

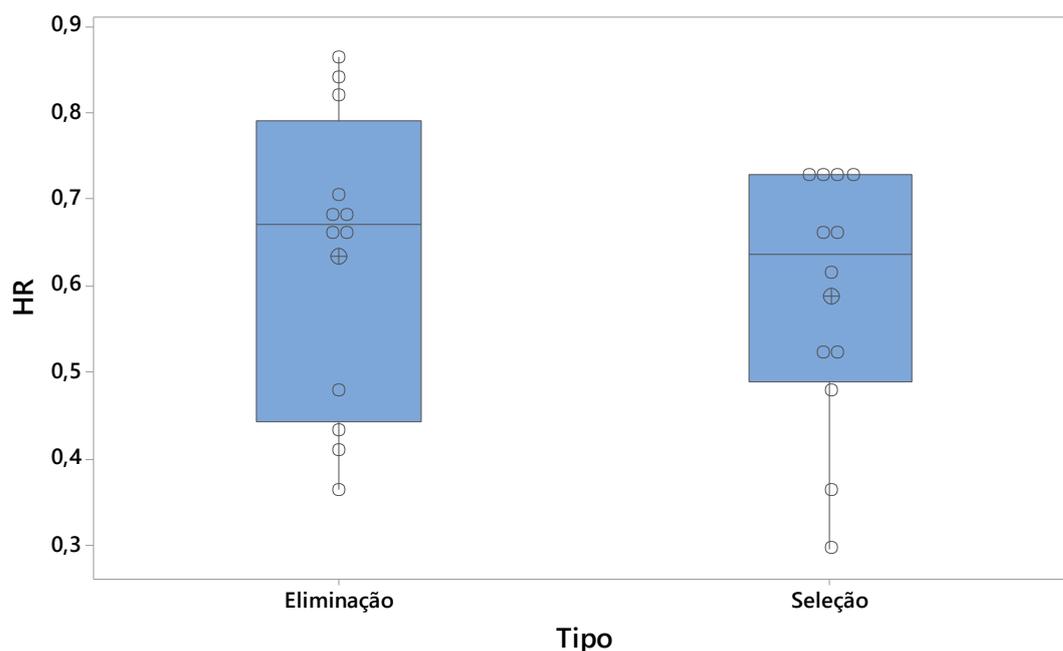
Neste tópico serão apresentadas interpretações dos resultados obtidos a partir das análises realizadas neste capítulo.

4.3.1 Resultados relacionados ao Hit Rate

O resultado do teste-t de amostras pareadas indica que não há diferenças estatisticamente significativas entre o *Hit Rate* para as duas etapas. Tendo em visto que o p-valor é menor que 0,05, o nível de significância.

A figura 31 ilustra o *boxplot* do HR nas fases de seleção e de eliminação, nesta figura o círculo com a cruz simboliza a média dos dados, os círculos vazios simbolizam a posição de cada observação.

Figura 31 - Boxplot dos dados de Hit Rate relacionados as etapas de eliminação versus seleção



Fonte: O autor (2021)

Em ambos os casos pode-se dizer que os dados se comportam de maneira assimétrica negativa tendo em vista que, a posição da linha da mediana ficou próxima do terceiro quartil. Adicionalmente, não há presença de valores discrepantes uma vez que nenhum ponto foi localizado abaixo ou acima dos limites de detecção de outliers.

Embora o teste-t tenha indicado que não há diferenças estatisticamente significativas entre os valores de HR entre as etapas, é possível observar que a etapa de eliminação apresenta uma maior dispersão dos dados uma vez que, a sua caixa de amplitude interquartílica, a qual apresenta a distância entre o primeiro e o terceiro quartis (Q3-Q1) é maior que a caixa de amplitude interquartílica da etapa de seleção.

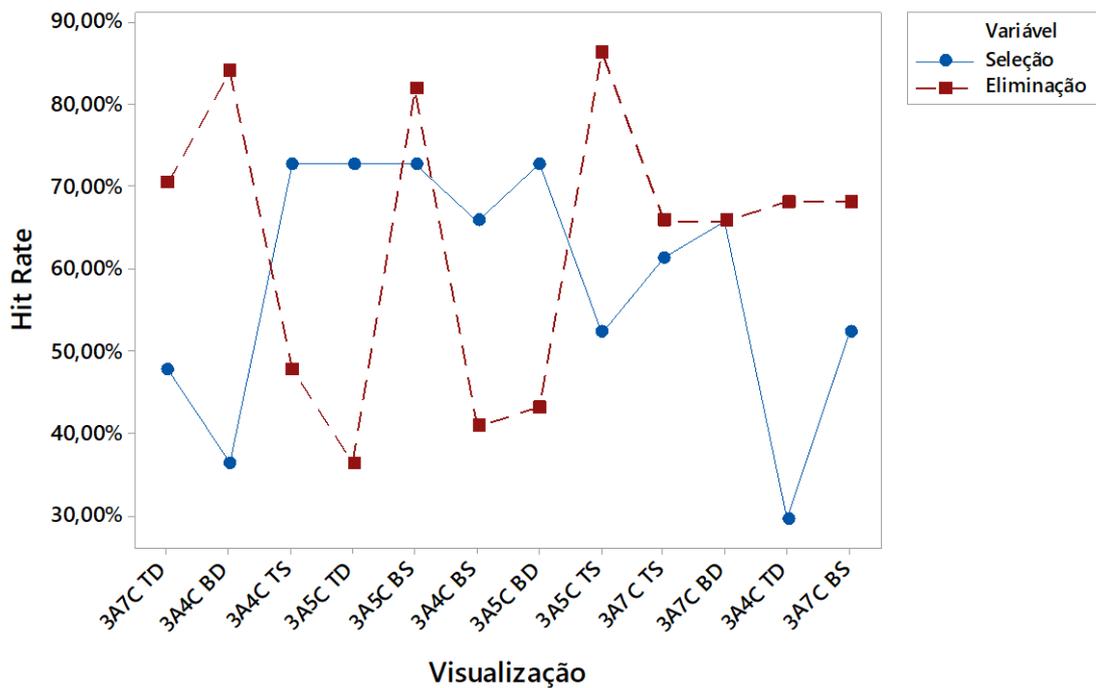
Também pode-se atentar que a amplitude dos dados é maior na etapa de eliminação. Como é ilustrado na figura 31, para a etapa de seleção o menor valor de HR foi 0,2955 (29,55%) e o maior foi 0,7273 (72,73%). Já no caso da etapa de eliminação, o menor valor de HR obtido foi de 0,3636 (36,36%) o maior foi 0,8636 (86,36%).

Além disso, a etapa de seleção obteve uma média 0,5882 (58,52%) de Hit Rate e 0,6326 (63,26%) na etapa de eliminação. O desvio padrão das etapas de seleção e eliminação, foi de 0,1492 e 0,1730 respectivamente.

Mesmo não apresentando diferenças significativas, 82,05% dos participantes julgaram ser mais fácil selecionar a melhor alternativa, enquanto 17,95% deles consideraram mais fácil eliminar a pior alternativa.

Se tratando da primeira comparação descritiva, que comparou a taxa de acerto da mesma visualização para as diferentes etapas, observou-se que sete das doze visualizações tiveram menor HR associado a seleção da melhor alternativa (Figura 32). Enquanto quatro das doze visualizações tiveram menor HR associado a eliminação da pior alternativa. Um resultado interessante desta análise foi o fato que a visualização 3A7C BD possui o mesmo valor de HR para as duas etapas (65,90%).

Figura 32 - Comparação do Hit Rate eliminação versus seleção



Fonte: O autor (2021)

A segunda comparação descritiva, fez o confrontamento de visualizações com pesos iguais e pesos diferente, foi possível observar que os gráficos de barras e tabelas com pesos iguais apresentam melhor desempenho em termos de HR. Este resultado está em concordância com o que foi informado pelos participantes no questionário pós-experimento, onde 89,74% deles afirmaram que visualizações que apresentavam pesos iguais eram mais fáceis de analisar. Por outro lado, 10,25% dos participaram consideraram mais fácil analisar visualizações com pesos diferentes

Quanto a terceira análise, gráficos de barras versus tabelas, percebe-se que os melhores índices de HR foram associados aos gráficos. Adicionalmente, fazendo uso das respostas dadas pelos participantes o questionário pós-experimento, 71,80% dos participantes afirmaram achar

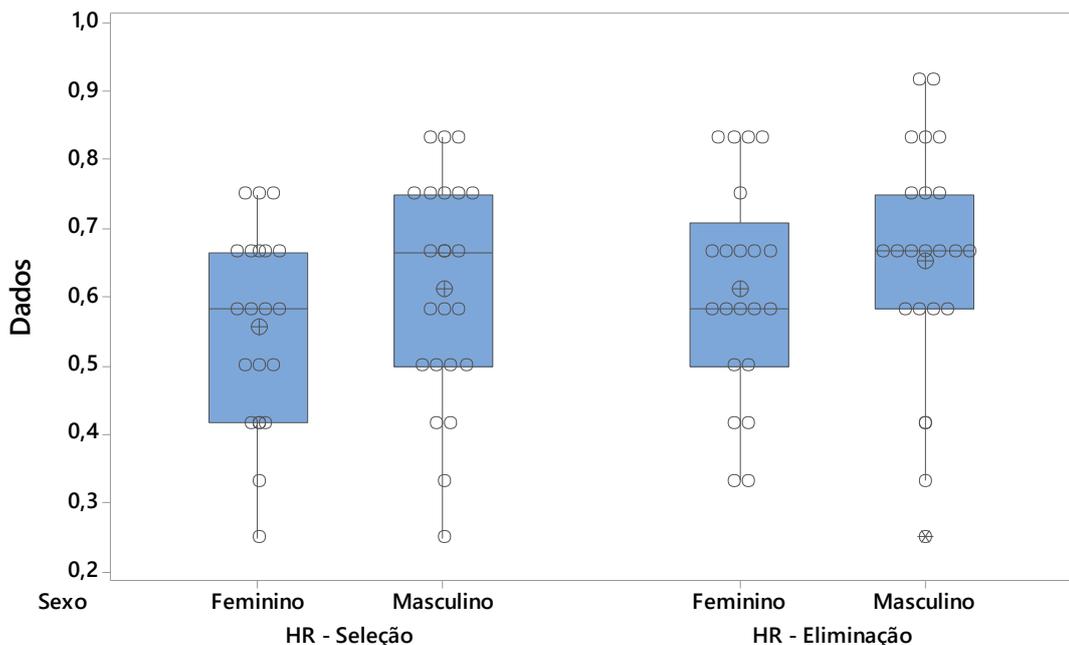
melhor analisar gráficos ao invés de tabelas. Enquanto 28,20% consideram as tabelas melhores de analisar.

Quando se trata do HR por participante, foi possível concluir que a quantidade mulheres que acertaram mais na etapa de seleção superou a quantidade de homens que acertou mais nesta mesma etapa. Por outro lado, as quantidades foram iguais entre os homens e mulheres que obtiveram maiores índices de taxa de acerto para etapa de eliminação.

O teste não-paramétrico de Mann-Whitney foi executado com intuito de verificar se havia diferenças significativas entre as medianas dos valores de HR entre os participantes divididos por sexo (feminino e masculino). Encontrou-se, com o teste de Mann-Whitney, o p-valor = 0,188 para a etapa de seleção e o p-valor = 0,327 para etapa de eliminação. Assim, pode-se afirmar que em ambos os casos a diferença entre as medianas da população não é estatisticamente significativa, visto que os p-valores são maiores que 0,05, o nível de significância.

A figura 33 explana o *boxplot* do HR dividido entre o sexo dos participantes para as etapas de seleção e de eliminação. Assim como indicado anteriormente, os círculos com a cruz simbolizam a média dos dados, os círculos vazios simbolizam a posição de cada observação e o traço representa *outliers*.

Figura 33 - Boxplot dos dados de Hit Rate por sexo dos participantes para as etapas de eliminação versus seleção



Fonte: O autor (2021)

Primeiramente analisando a etapa de seleção quanto ao sexo, é possível concluir que em ambos os casos os dados se comportam de maneira assimétrica negativa tendo em vista que, a posição da linha da mediana ficou próxima do terceiro quartil. Também não há presença de valores discrepantes uma vez que nenhum ponto foi localizado abaixo ou acima dos limites de detecção de *outliers* em nenhum dos dois grupos observados.

Embora o teste de Mann-Whitney tenha indicado que não há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos grupos femininos e masculinos na etapa de eliminação. Os dados referentes a HR para os participantes do sexo masculino possuem maior amplitude.

Agora analisando a etapa de eliminação, observou-se que os dados referentes ao sexo feminino se comportam de maneira assimétrica positiva, tendo em vista que, a posição da linha da mediana ficou próxima do primeiro quartil. Por outro lado, os dados referentes ao sexo masculino se comportam de maneira simétrica dado que a linha da mediana (segundo quartil) se encontra centralizada na caixa de amplitude interquartílica.

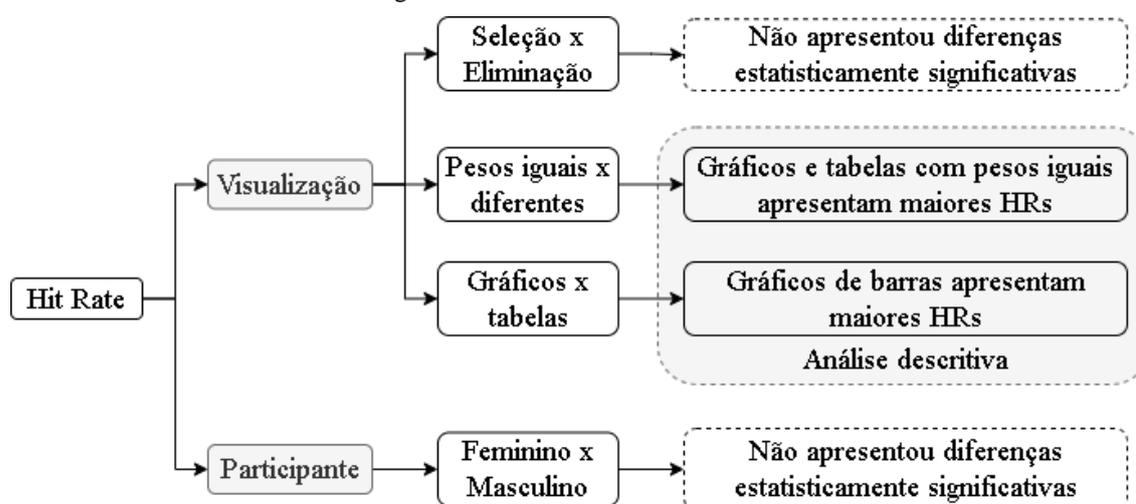
De forma complementar, foi verificado que na etapa de eliminação os dados das participantes de sexo feminina apresentam maior dispersão pois, sua caixa de amplitude interquartílica, é maior que a caixa de amplitude interquartílica dos participantes de sexo masculino para esta etapa

Um *outlier* foi detectado nos dados dos participantes de sexo masculino para etapa de eliminação. Pois, conforme apresentado na figura 33, uma das observações ficou abaixo do limite de detecção de *outliers*.

O HR correspondente aos participantes do sexo masculino apresentou uma média 58,30% na etapa de seleção e 65,21% na etapa de eliminação. Se tratando das participantes do sexo feminino a média obtida para etapa de seleção foi de 58,54% e 61,22% para a etapa de eliminação.

A figura 34 apresenta uma síntese dos resultados obtidos a partir da análise do HR por visualização e por participante.

Figura 34 - Síntese dos resultados do Hit Rate



Fonte: O autor (2021)

Com base na correlação de Spearman calculada entre HR (visualização/seleção) e HR (visualização/eliminação), um valor de igual a $-0,57$ foi encontrado, apresentando uma correlação negativa entre as duas variáveis. Em outras palavras, pela correlação calculada foi sugerido que quanto maior o HR (visualização/seleção), menor o HR (visualização/eliminação), ou vice-versa.

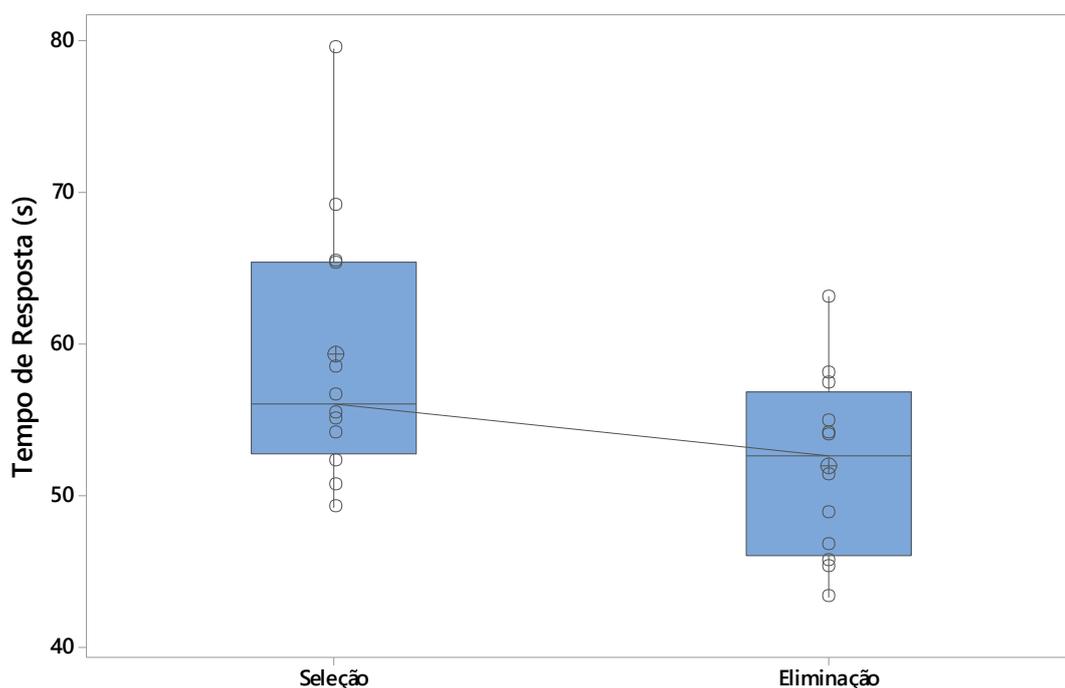
Se tratando da correlação de Spearman calculada entre HR (por participante) e a idade, um valor de igual a $-0,316$ foi encontrado, apresentando uma correlação negativa baixa entre as duas variáveis. Isto sugere que, quanto maior o HR (participante), menor a idade do participante, ou vice-versa. Porém, é necessário lembrar que, como valor desta correção foi baixo, pode-se subentender que o HR (participante) é influenciado por outros fatores.

4.3.2 Resultados relacionados ao Tempo de resposta

Primeiramente foi observado que o tempo de resposta divergiu entre as visualizações, de maneira geral é maior para as visualizações na fase de seleção do que na fase de eliminação.

A diferença entre os valores de tempo de resposta para as fases de seleção e eliminação foi confirmada com o teste-t de amostras pareadas. Tendo em visto que o p-valor é menor que 0,05, o nível de significância.

Figura 35 - Boxplot dos dados de Tempo de resposta relacionados as fases de eliminação vs seleção



Fonte: O autor (2021)

A figura 35 ilustra o *boxplot* do tempo de resposta para as etapas de seleção e de eliminação, nesta figura o círculo com a cruz simboliza a média dos dados, os círculos vazios simbolizam a posição de cada observação e a linha transversal representa a conexão entre as medianas dos dois grupos.

O tempo de resposta para fase eliminação é em média 59,31s enquanto na fase de seleção a média passa a ser de 51,96s. Então, conforme indicado pelo teste-t, a diferença média entre as etapas para o tempo de resposta é de 7,35s. Fazendo uma análise das estatísticas descritivas associadas a cada etapa, bem como seus respectivos *boxplots*, foi possível concluir a diferença entre os grupos foi uma diminuição, ou seja, os participantes levaram 7,35s a menos para fornecer uma resposta quando eles são solicitados a eliminar a pior alternativa ao invés de selecionar a melhor.

Conforme é apresentado na figura 35, em ambos os casos pode-se dizer que os dados se comportam de maneira assimétrica, mas, na etapa de seleção é observado uma assimetria positiva pois, a posição da linha da mediana ficou próxima do primeiro quartil enquanto a etapa de eliminação possui assimetria negativa uma vez que a posição da linha da mediana ficou próxima do terceiro quartil. Adicionalmente, não há presença de valores discrepantes em nenhum dos dois grupos de analisados.

Analisando a dispersão dos dados, temos que a etapa de seleção apresenta uma maior dispersão dos dados uma vez que, a sua caixa de amplitude interquartílica, é maior que a caixa de amplitude interquartílica da etapa de eliminação.

Também pode-se atentar que à amplitude dos dados é maior na etapa de seleção. Como é ilustrado na figura 35, para a etapa de seleção o menor valor de tempo de resposta foi 49,28s e o maior 79,52s. Já no caso da etapa de eliminação, o menor valor de tempo de resposta obtido foi de 43,35s e o maior 63,13s.

Se tratando das análises descritivas, a primeira comparação, foi possível observar que em oito das doze visualizações tiveram maior tempo de resposta associado a seleção da melhor alternativa. Reforçando que há uma diferença significativa entre o tempo de resposta associado as etapas.

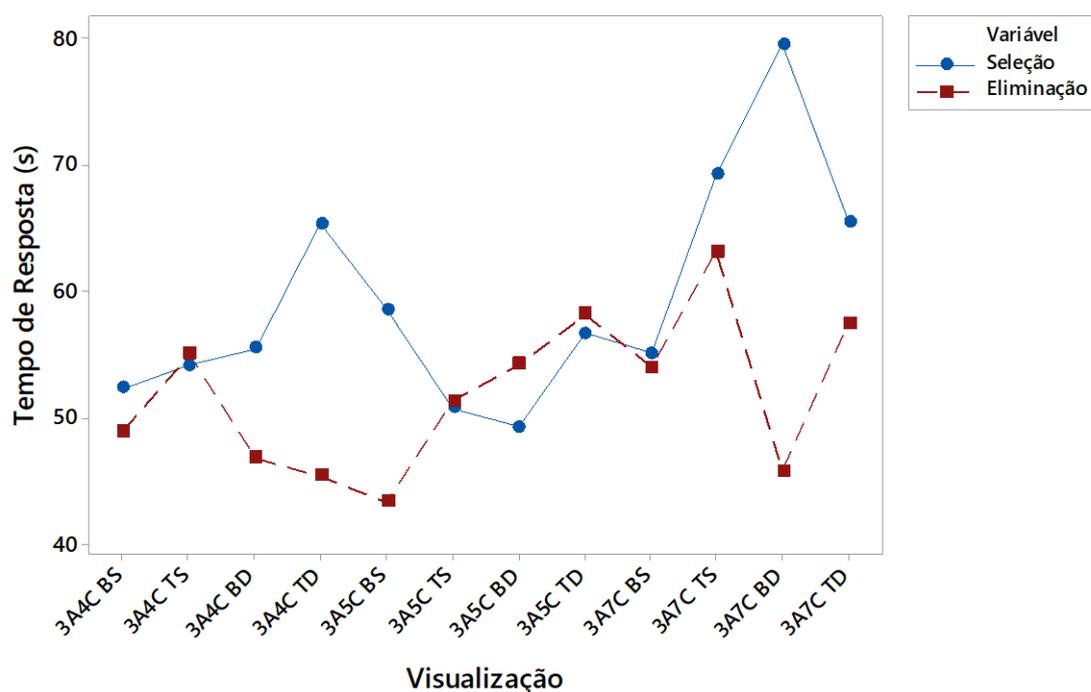
Essa diminuição do tempo de resposta, da primeira para a segunda etapa do experimento, pode ser um indício de que o participante inicia o experimento mais descansado e de certa forma mais ativo, levando mais tempo para analisar o que é apresentado. A medida que o tempo vai passando, os participantes apresentam sinais de cansaço/fadiga e acabam dando respostas mais rápidas.

A fadiga mental é um estado complexo que pode ser caracterizado por motivação reduzida para atividades de esforço, desempenho prejudicado na tarefa, caracterizado por uma relutância para mais esforço e mudanças no humor, motivação e processamento de informações (HOPSTAKEN *et al.* 2015a).

O resultado obtido pode indicar que a partir de um certo momento o participante perde a motivação, ou seja, não está mais disposto a realizar a tarefa solicitada, o que estaria em conformidade com outros estudos que sugerem que, com o tempo, as pessoas tendem a se desvencilhar mais de uma tarefa e se distraírem mais facilmente (VAN DER LINDEN, 2011; KURZBAN *et al.* 2013; HERLAMBANG *et al.* 2019).

A figura 36 apresenta a comparação do tempo de resposta eliminação versus seleção, seguindo a ordem em que as visualizações foram apresentadas durante o experimento. Sendo os valores de tempo de resposta em segundos, representados no eixo vertical e o as visualizações no eixo horizontal.

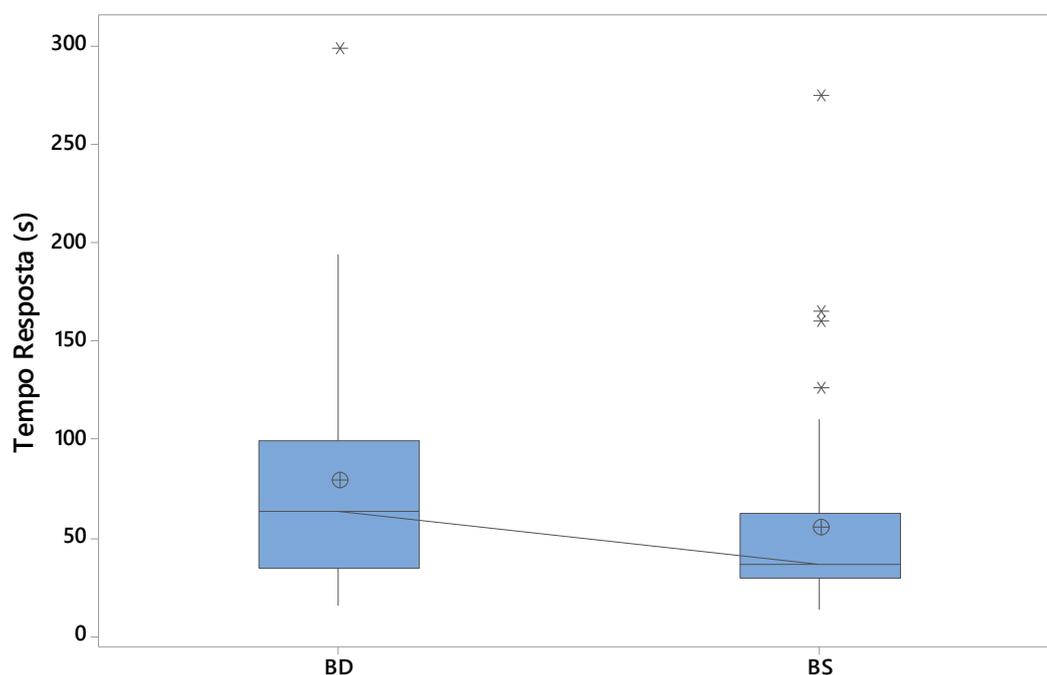
Figura 36 - Comparação do Tempo de resposta eliminação versus seleção



Fonte: O autor (2021)

Com relação a segunda comparação, pesos iguais versus pesos diferentes, quando se trabalha com gráficos de barras pode-se observar que na etapa de seleção os gráficos de barras com pesos iguais apresentaram menores médias para os tempos de resposta. Porém, apenas a visualização 3A7C apresentou diferença estatisticamente significativa. Sendo assim, para melhor entender esta diferença encontrada foi utilizado o boxplot das visualizações (figura 37).

Figura 37 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BS e BD na etapa de seleção



Fonte: O autor (2021)

Fazendo a análise da figura 37, é que a visualização 3A7C BS apresentou menores valores de média (55,07s) e mediana (36,34s), mesmo apresentando outliers. Além de menor dispersão e amplitude, quando comparada com a visualização 3A7C BD. Sendo assim, baseado nas medianas, os participantes levam cerca de 24,45 segundos a menos para analisar uma visualização do tipo 3A7C BS quando comparada com o a 3A7C BD.

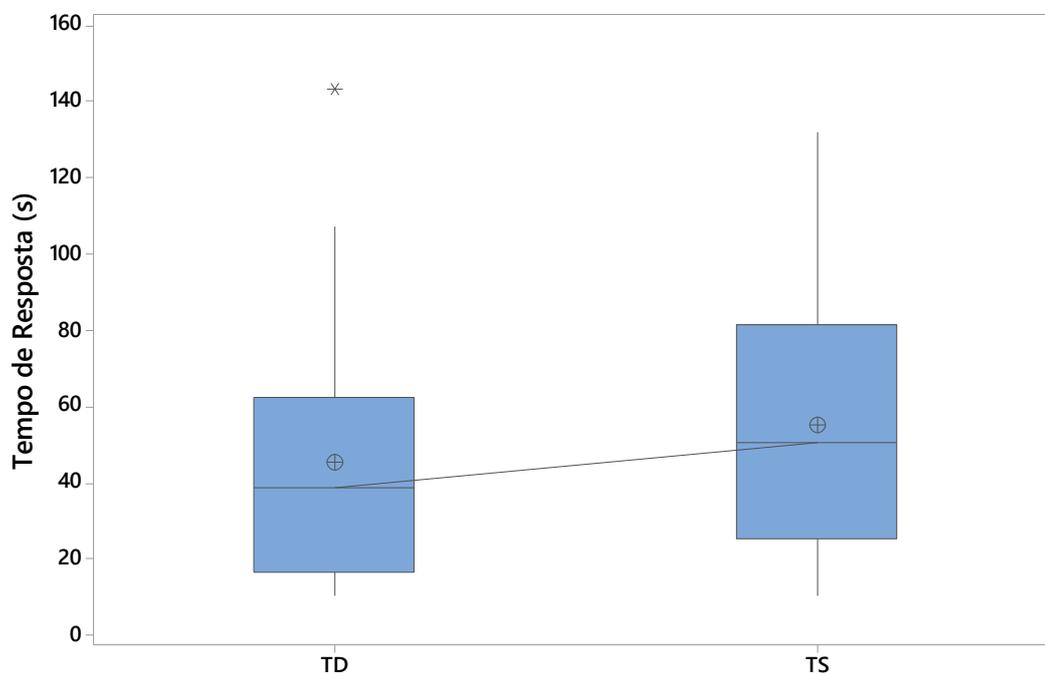
Ainda abordando a comparação pesos iguais versus pesos diferentes para gráficos de barras, neste caso para a etapa de eliminação, foi observado que os gráficos com pesos iguais apresentaram maiores tempos de resposta. Mas, para a etapa de eliminação nenhuma diferença estatisticamente significativa foi detectada com o teste não paramétrico Wilcoxon de postos sinalizados.

Na análise descritiva que comparava pesos iguais versus pesos, para o caso das tabelas foi possível observar que, as tabelas com pesos diferentes obtiveram maiores tempos de resposta, para a etapa seleção. Todavia, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada. A etapa de eliminação retratou valores médios de tempo de resposta maiores para tabelas com pesos iguais, entretanto apenas a visualização 3A4C apresentou diferença estatisticamente significativa.

Explorando a diferença detectada na visualização 3A4C para as comparações TS e TD por meio do boxplot (figura 38), que as tabelas com diferentes apresentaram menores valores

de média (55,01s), mediana (50,80s) e menor dispersão quando comparadas com tabelas com pesos iguais.

Figura 38 - Tempo de resposta para a visualização 3A4C TS e TD



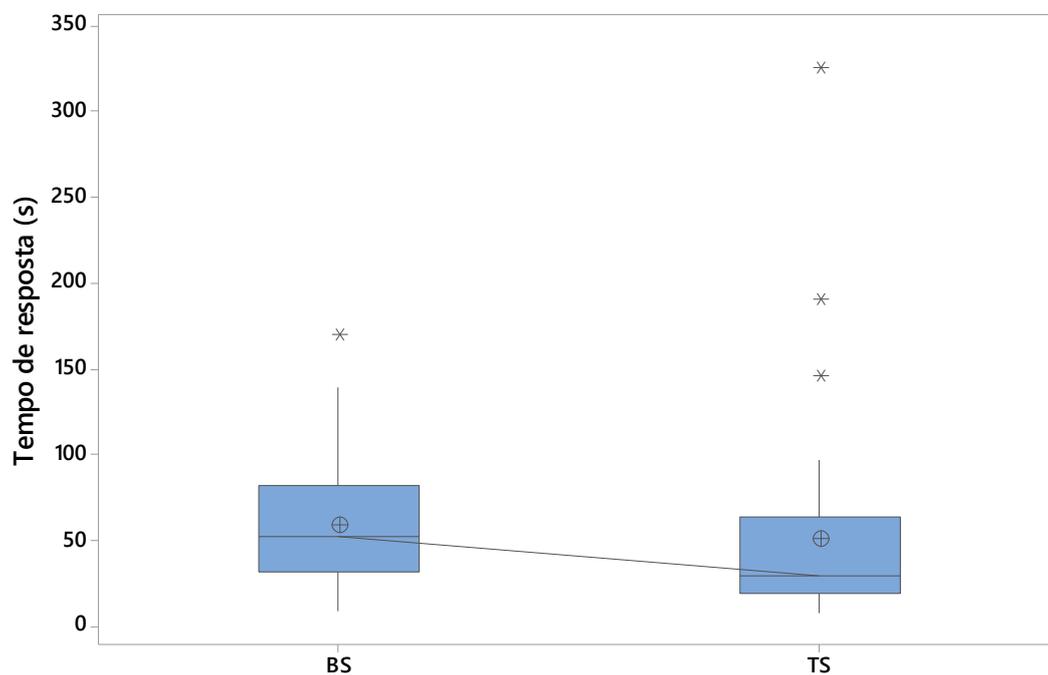
Fonte: O autor (2021)

Se tratando da análise descritiva, gráficos versus tabelas, foi possível observar que para as duas etapas as tabelas apresentaram maiores valores médios de tempo de resposta. Algumas diferenças estatisticamente significativas foram encontradas, sendo elas:

- i) Etapa de seleção a visualização 3A5C BS versus TS;

Neste caso, a visualização 3A5C TS apresentou média (50,72s) e medianas (28,71s) menores que a 3A5C BS. Como há a presença de outliers em ambos os grupos, como é apresentado na figura 39. Assim, pode-se afirmar que os participantes levaram 7,81s a menos para analisar a 3A5C TS quando comparada a BS.

Figura 39 - Tempo de resposta para a visualização 3A5C BS e TS para a etapa de seleção

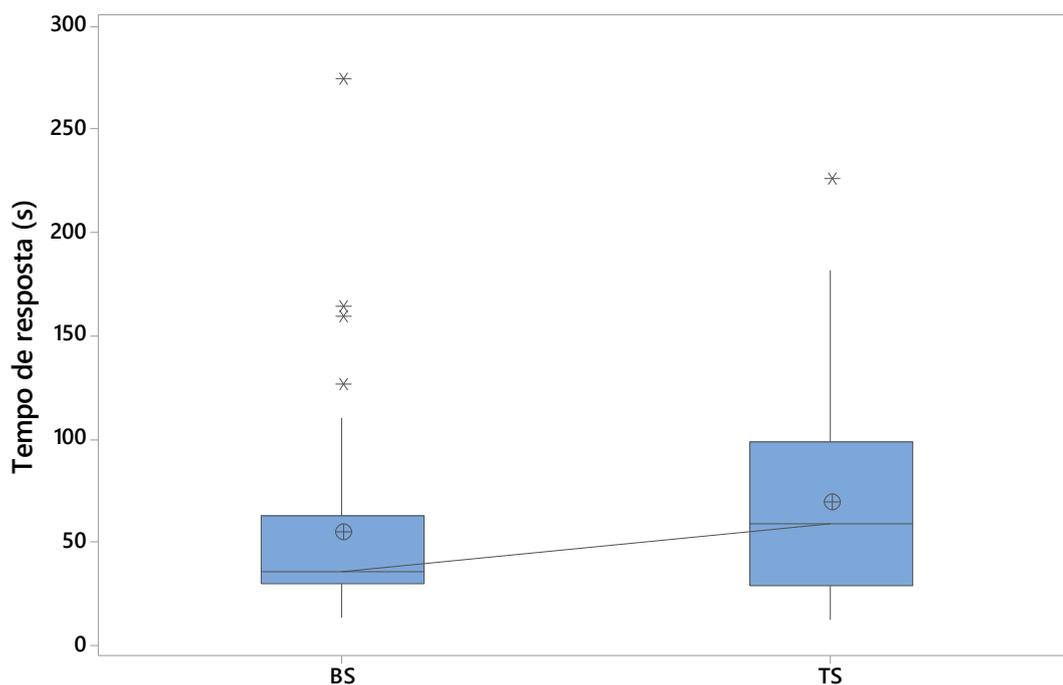


Fonte: O autor (2021)

ii) Etapa de seleção visualização 3A7C BS versus TS;

Conforme é apresentado na figura 40, os gráficos de barras apresentaram menores valores de média (55,07s) e mediana (36,34s). Assim como no caso anterior, os grupos comparados apresentam valores extremos. Sendo assim, baseado na mediana os participantes levaram 23,22 segundos a menos para analisar visualizações do tipo 3A7C BS quando comparadas com 3A7C TS na etapa de seleção.

Figura 40 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BS e BD para etapa de seleção

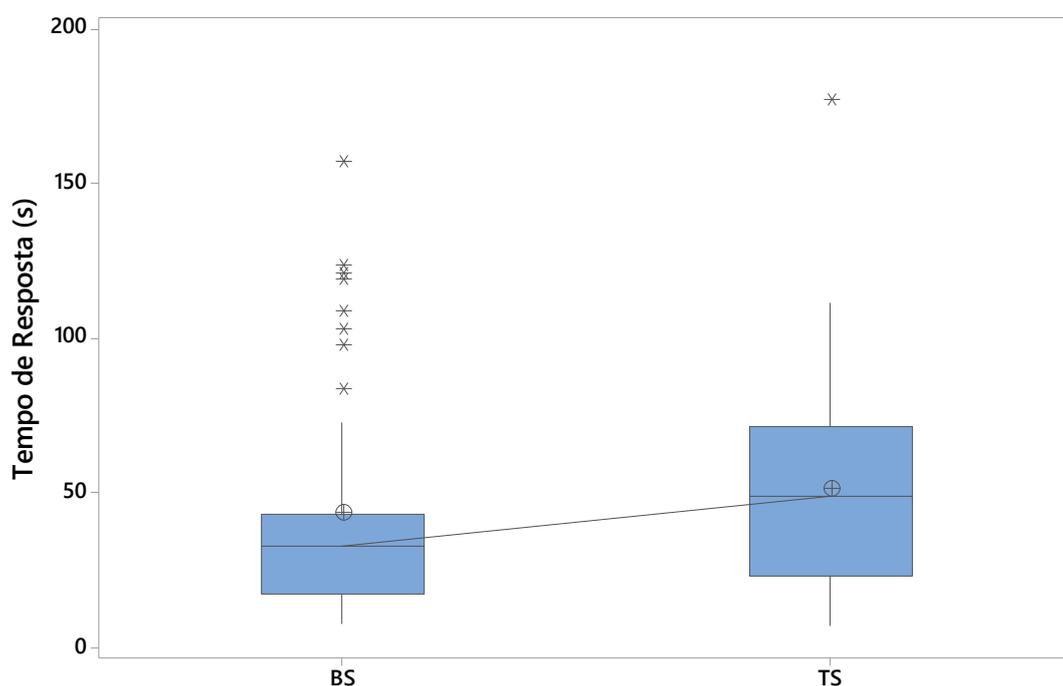


Fonte: O autor (2021)

iii) Etapa de eliminação a visualização 3A5C BS versus TS.

De acordo com o que é ilustrado na figura 41, os gráficos de barras apresentaram menores valores de média (43,35s) e mediana (33,07s). Assim como nos casos anteriores, os grupos comparados apresentam outliers. Então, fazendo uso da mediana os participantes levaram 13,16 segundos a menos para analisar visualizações do tipo 3A5C BS quando comparadas com 3A5C TS na etapa de eliminação.

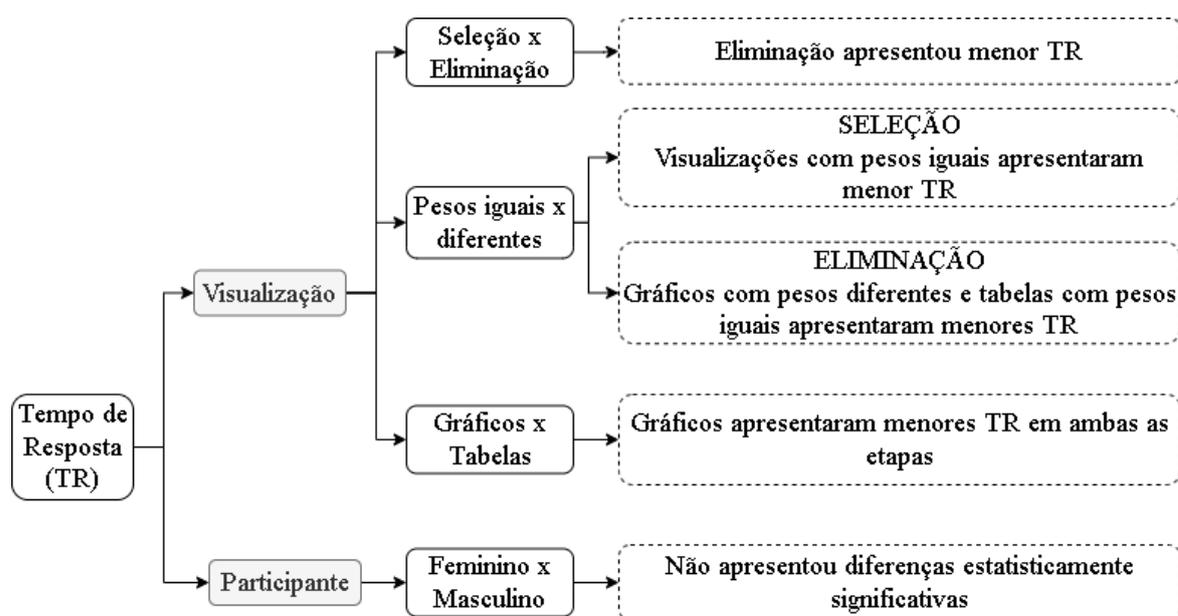
Figura 41 - Tempo de resposta para a visualização 3A5C BS e TD para a etapa de eliminação



Fonte: O autor (2021)

Para sintetizar as informações apresentadas anteriormente nas discussões anteriormente, foi construída a figura 42.

Figura 42 - Síntese dos resultados associados ao Tempo de resposta



Fonte: O autor (2021)

Com base na correlação de Spearman calculada entre o tempo de resposta (visualização/seleção) e o HR (visualização/seleção), o valor encontrado -0,147. No caso, do

tempo de resposta (visualização/eliminação) e o HR (visualização/eliminação), o valor da correlação foi de -0,383, o que indica que em ambos os casos pode-se afirmar que há uma correlação baixa entre estas variáveis, sugerindo que o tempo de resposta (visualização) é influenciado por outros fatores. Este resultado é corroborado pelo estudo de Tops e Boksem (2010) que indica que os participantes são capazes de manter o desempenho da tarefa por um longo tempo, mesmo sob altos níveis de fadiga mental.

Se tratando do tempo de resposta por participante, a correlação de Spearman foi calculada entre as variáveis tempo de resposta (participante) e o HR (participante), o que resultou em um valor de 0,137, sugerindo uma correlação positiva fraca. A correlação também foi calculada entre as variáveis tempo de resposta (participante) e idade, e o valor de - 0,122 foi obtido, sugerindo uma correlação negativa fraca. Conclui-se que, em ambos os casos, tempo de resposta (participante) é influenciado por outros fatores.

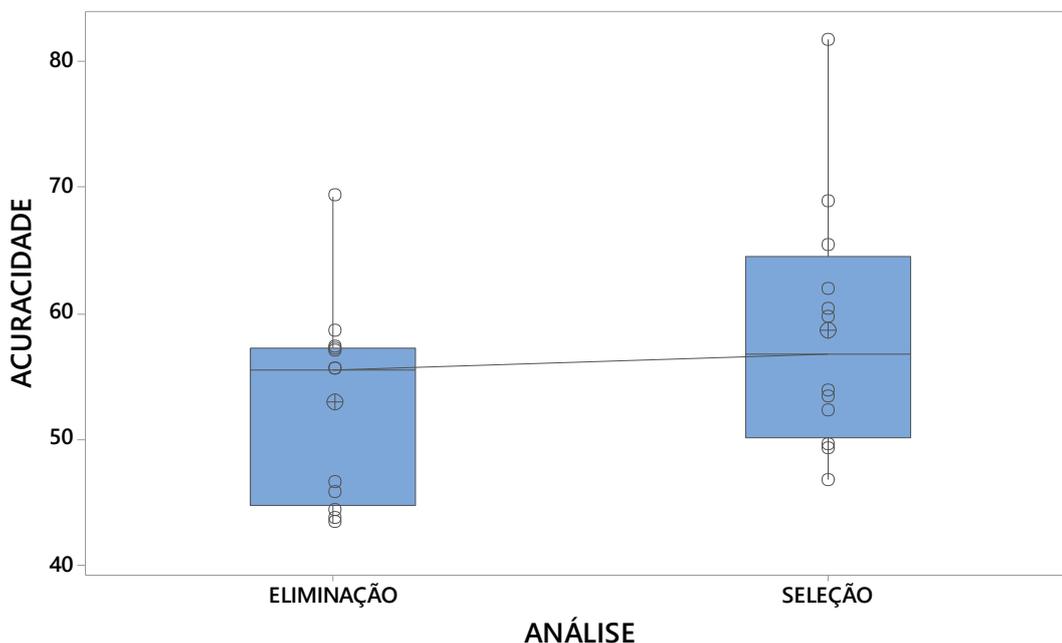
4.3.3 Resultados relacionados a Acuracidade

Buscando analisar se havia similaridade dos valores de acuracidade entre as visualizações comparadas foi realizado teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para $\alpha = 5\%$. Assim, foi obtido um p-valor de 0,03418. O que indica que não há similaridade entre os valores quando comparados por etapas. Tendo em visto que o p-valor é menor que 0,05, o nível de significância.

Deste modo, temos que a etapa de seleção tem a média de 58,51s enquanto a etapa de eliminação tem média de 52,78s, o que indica que os participantes levam em média 5,73s a mais para fornecer uma resposta correta quando estão selecionando a melhor alternativa.

A figura 43 representa o *boxplot* da acuracidade para as etapas de seleção e de eliminação, nesta figura o círculo com a cruz simboliza a média dos dados, os círculos vazios simbolizam a posição de cada observação e a linha transversal representa a conexão entre as medianas dos dois grupos.

Figura 43 - Boxplot dos dados de Acuracidade relacionados as fases de eliminação vs seleção



Fonte: O autor (2021)

Em ambos os casos pode-se dizer que os dados se comportam de maneira assimétrica, mas, na etapa de seleção é observado uma assimetria positiva a posição da linha da mediana ficou próxima do primeiro quartil. Por outro lado, se tratando da etapa de eliminação a assimetria pode ser classificada como negativa uma vez que, a posição da linha da mediana ficou próxima do terceiro quartil. Adicionalmente, não há presença de valores discrepantes em nenhum dos dois grupos de analisados.

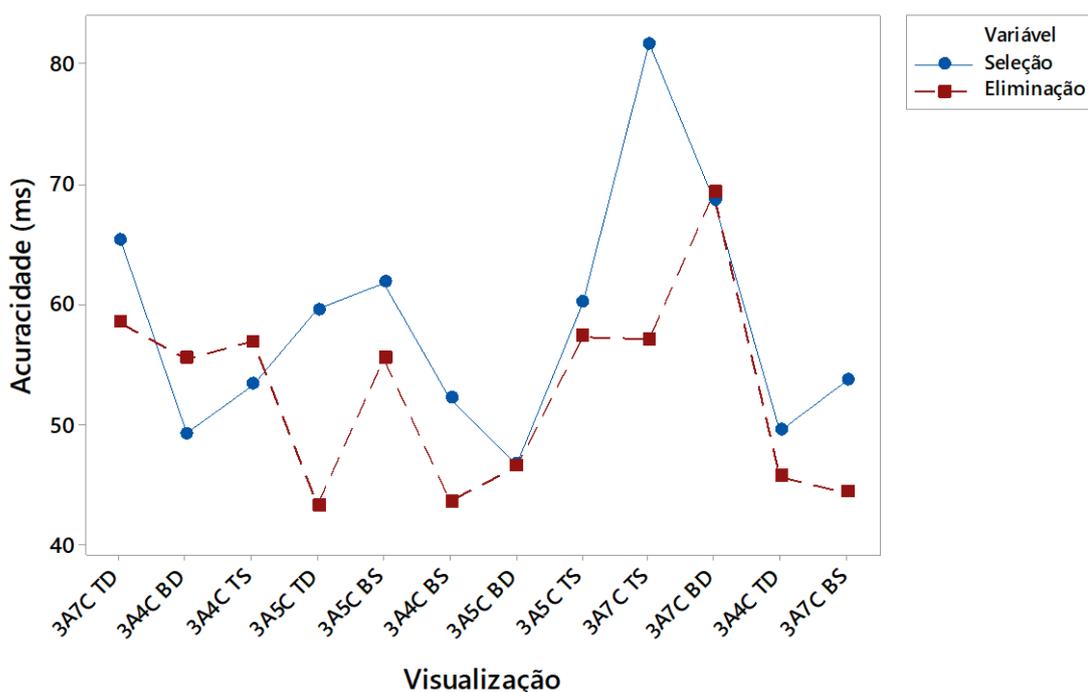
Se tratando da dispersão dos dados, a etapa de seleção apresenta uma maior dispersão dos dados uma vez que, a sua caixa de amplitude interquartílica, é maior que a caixa de amplitude interquartílica da etapa de eliminação.

Também pode-se atentar que a amplitude dos dados é maior na etapa de seleção. Como é ilustrado na figura 43, para a etapa de seleção o menor valor de acuracidade foi 46,72s e o maior 81,70s. Já no caso da etapa de eliminação, o menor valor de acuracidade obtido foi de 43,30s e o maior 69,28s.

Assim, levando em consideração o quesito acuracidade, pode-se afirmar a etapa de eliminação apresentou melhor desempenho. Pois, conforme discutido anteriormente, os valores de média e mediana desta etapa são menores quando comparadas com a etapa de seleção. Além disso, a dispersão dos dados para eliminação foi menor, indicando que os valores observados estavam mais concentrados em torno da média.

Fazendo a análise descritiva entre as etapas (seleção *versus* eliminação) foi observado que em dez das doze visualizações, a etapa de seleção apresentou valores maiores de acuracidade. Este resultado está em concordância com o que foi apontado pelo teste de Wilconxon. A figura 44 representa o comportamento dos dados de acuracidade nas etapas de seleção e eliminação.

Figura 44 - Comparação do Acuracidade eliminação versus seleção



Fonte: O autor (2021)

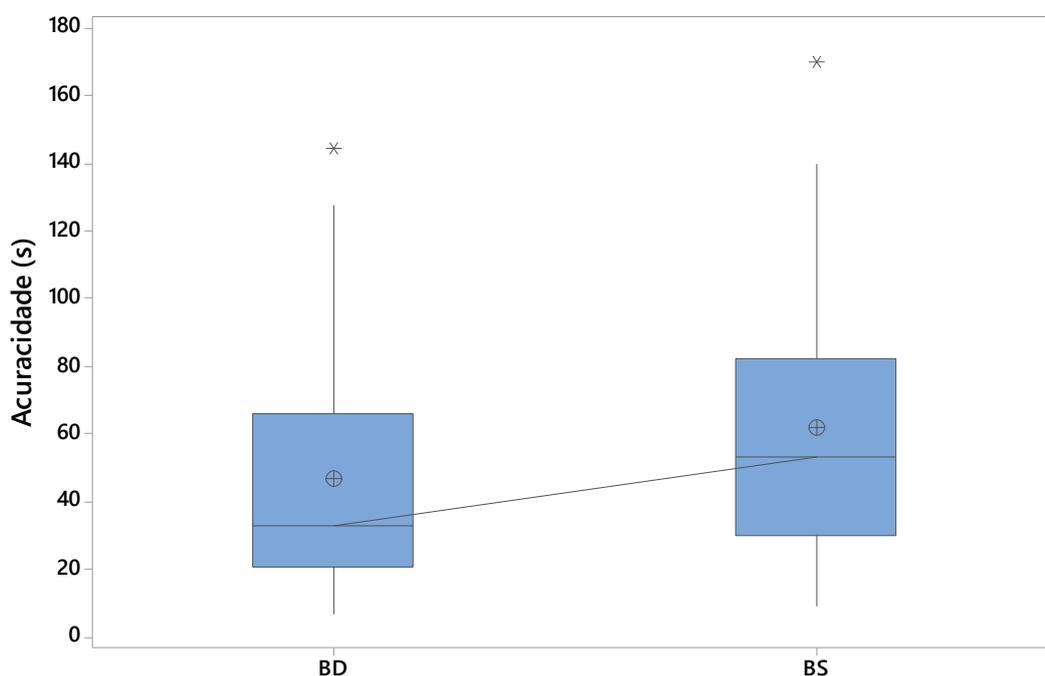
Vale ressaltar que o fato de a segunda etapa do experimento apresentar um menor tempo médio para fornecer uma resposta correta, ou seja, acuracidade, pode estar associado a curva de aprendizado, ou seja, conforme os participantes vão ganhando experiência e se familiarizando com a atividade que é solicitada a eles, o tempo até chegar a uma decisão correta diminui.

Na segunda comparação, pesos iguais *versus* pesos diferentes, para a etapa de seleção os gráficos e as tabelas com pesos diferentes apresentaram melhor desempenho em termos de acuracidade, visto que obtiveram menores valores médios de acuracidade. Assim, é possível interpretar que os participantes levaram menos tempo para avaliar e fornecer respostas corretas quando trabalharam com visualizações de pesos diferentes quando comparados com pesos iguais.

Para a etapa de eliminação, ainda na segunda comparação, foi observado que quando se analisa gráficos os melhores desempenhos foram voltados para pesos iguais. No caso das tabelas o melhor desempenho esteve associado a tabelas com pesos diferentes.

Ao aplicar teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para $\alpha = 5\%$ algumas diferenças estatisticamente significativas foram detectadas, sendo elas nas visualizações 3A5C e 3A7C. A figura 45 apresentam as comparações, para que seja melhor analisadas.

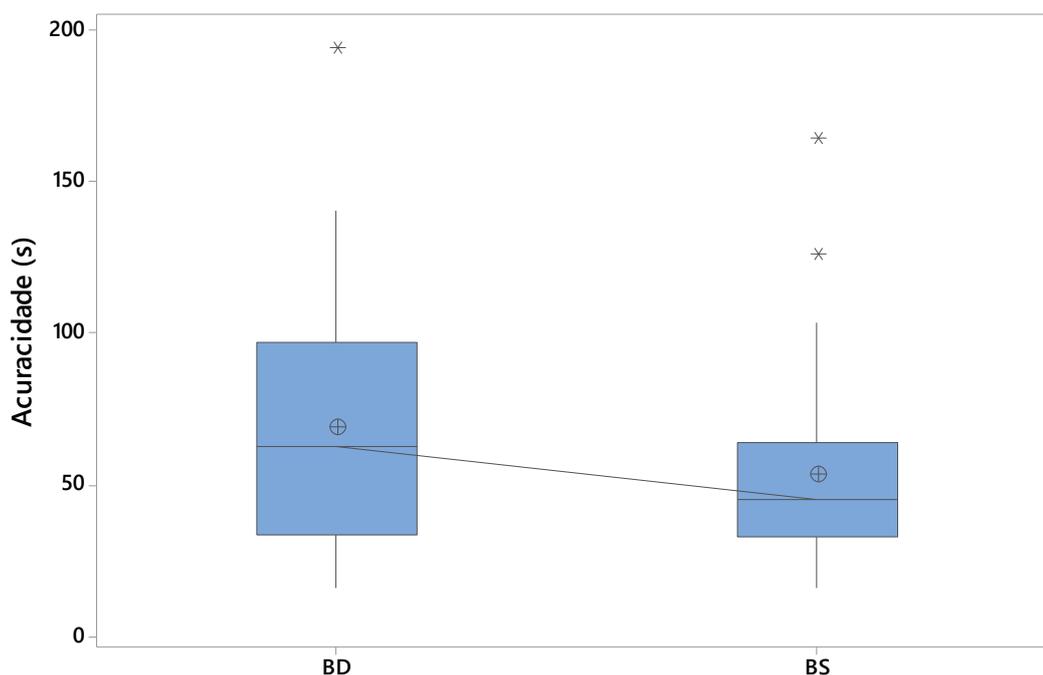
Figura 45 - Acuracidade para a visualização 3A5C BD e BS para a etapa de seleção



Fonte: O autor (2021)

A partir da figura 45 é possível observar que a visualização 3A5C BD apresentou menores valores de média (46,72s) e mediana (32,78s). Além de menor dispersão e amplitude, quando comparada com a visualização 3A5C BS. A partir desta análise é possível entender que, os participantes levam em média 15,07 segundos a menos para fornecer uma resposta correta ao analisar uma visualização do tipo 3A5C BD quando comparada com o a 3A5C BS.

Figura 46 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BD e BS para a etapa de seleção

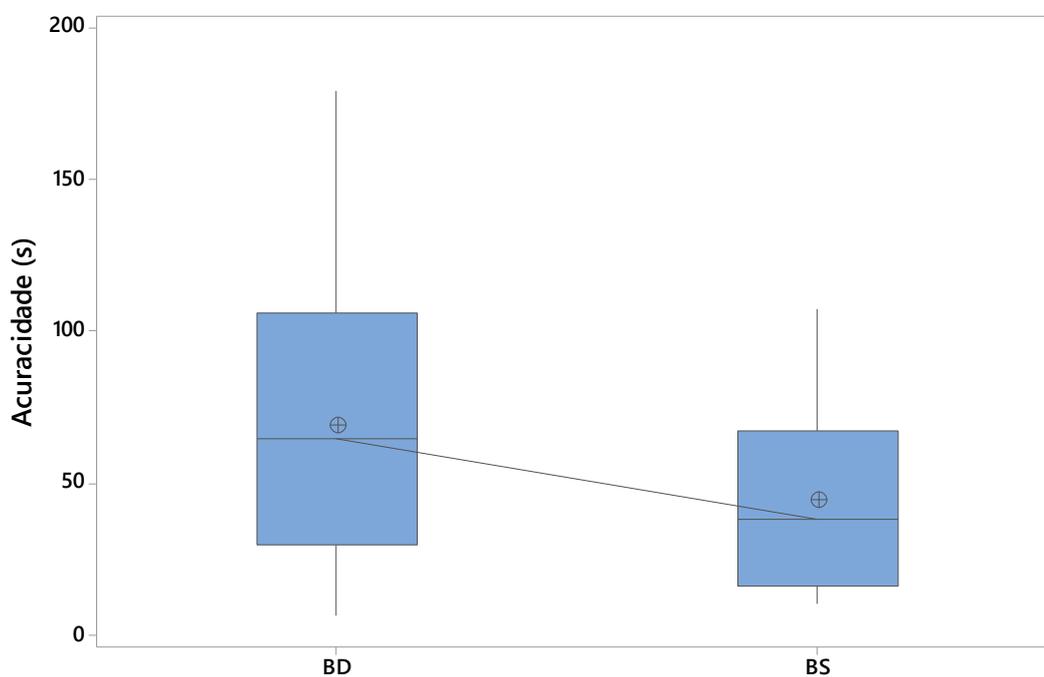


Fonte: O autor (2021)

Fazendo a análise da figura 46 é que a visualização 3A7C BS apresentou menores valores de média (53,71s) e mediana (45,38s). Além de menor dispersão e amplitude, quando comparada com a visualização 3A7C BD. Deste modo, é possível afirmar que os participantes levam em média 15,04 segundos a menos para fornecer uma resposta correta ao analisar uma visualização do tipo 3A7C BS quando comparada com o a 3A7C BD.

Se tratando do terceiro grupo de comparações, é possível observar que para a etapa de seleção os gráficos apresentaram melhor desempenho em termos de acuracidade. Quando se trata da etapa de eliminação, os melhores desempenhos foram associados gráficos com pesos iguais e as tabelas com pesos diferentes. Nesse ultimo grupo de análise, apenas uma diferença estatisticamente significativa foi detectada no caso da comparação entre as visualizações 3A7C BS versus 3A7C BD.

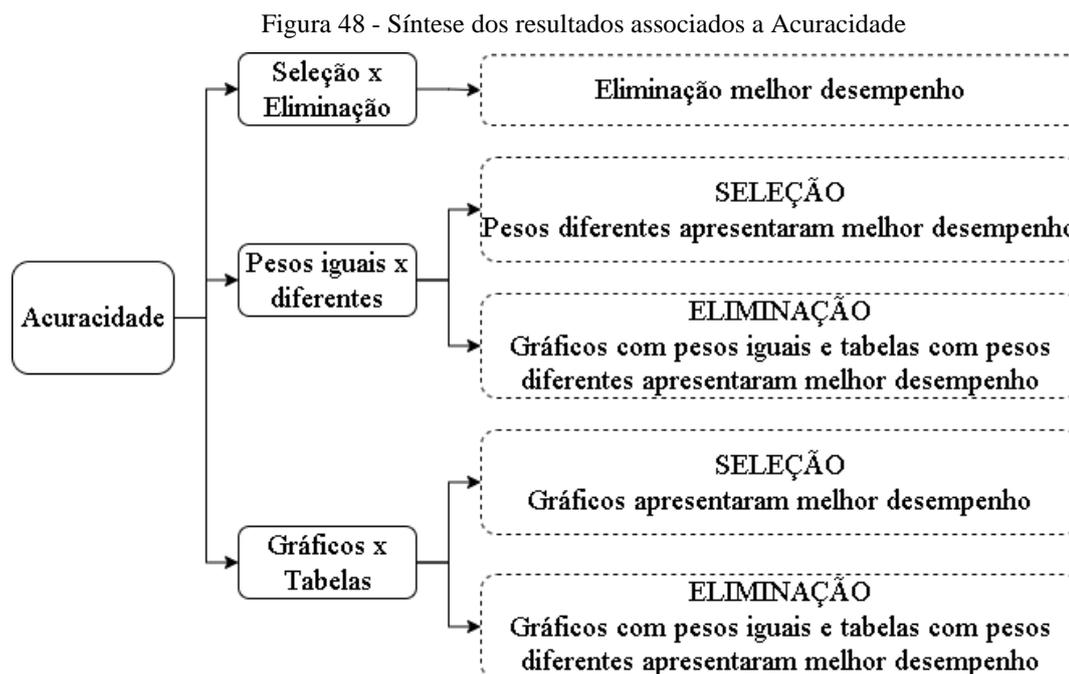
Figura 47 - Tempo de resposta para a visualização 3A7C BD e BS para a etapa de eliminação



Fonte: O autor (2021)

A figura 47 ilustra a comparação entre as visualizações 3A7C BD e 3A7C BS para a etapa de eliminação. É possível observar que apresentou menores valores de média (43,35s) e mediana (38,63s). Além de menor dispersão e amplitude, quando comparada com a visualização 3A7C BD. Sendo assim, pode-se concluir que, os participantes levam em média 15,04 segundos a menos para fornecer uma resposta correta ao analisar uma visualização do tipo 3A7C BS quando comparada com o a 3A7C BD.

Para sintetizar as informações apresentadas anteriormente nas discussões anteriormente, foi construída a figura 48.



Fonte: O autor (2021)

Com base na correlação de Spearman calculada entre acuracidade (visualização/seleção) e o HR (visualização/seleção), o valor encontrado foi 0,199 sugerindo uma correlação positiva fraca. No caso, do acuracidade(visualização/eliminação) e o HR (visualização/eliminação), o valor da correlação foi de -0,493, o que indica que o HR da etapa de eliminação pode sofrer mais influências da acuracidade visto que a correlação entre tais variáveis foi maior.

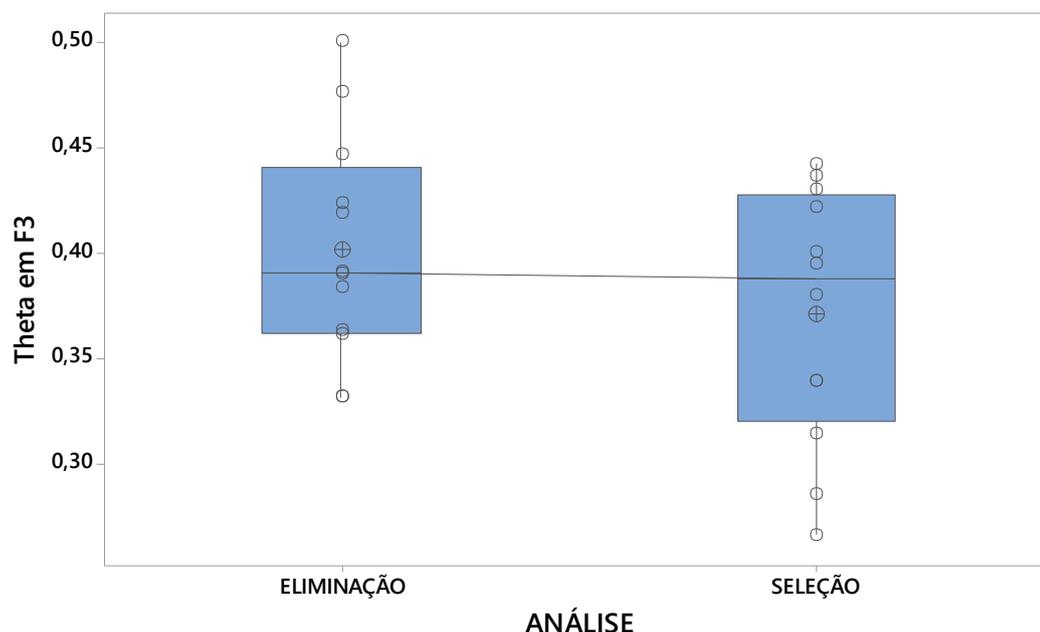
4.3.4 Resultados relacionados aos valores de Theta em F3

De acordo com a análise descritiva, seleção *versus* eliminação, observado que os valores de Theta em F3 divergiu entre as visualizações, de maneira geral é maior para as visualizações na fase de eliminação do que na fase de seleção, pois a primeira análise comparativa, indicou que em dez das doze comparações a etapa de eliminação apresentou maiores valores da banda theta em F3.

Porém, a diferença entre os valores de Theta em F3, para as fases de seleção e eliminação não foi comprovada com o teste-t para amostras pareadas. Tendo em vista, que o p-valor observado é maior que 0,05, o nível de significância.

A figura 49 ilustra o boxplot dos valores de Theta em F3 para as etapas de seleção e de eliminação, nesta figura o círculo com a cruz simboliza a média dos dados, os círculos vazios simbolizam a posição de cada observação e a linha transversal representa a conexão entre as medianas dos dois grupos.

Figura 49 - Boxplot dos valores de theta em F3 eliminação versus seleção



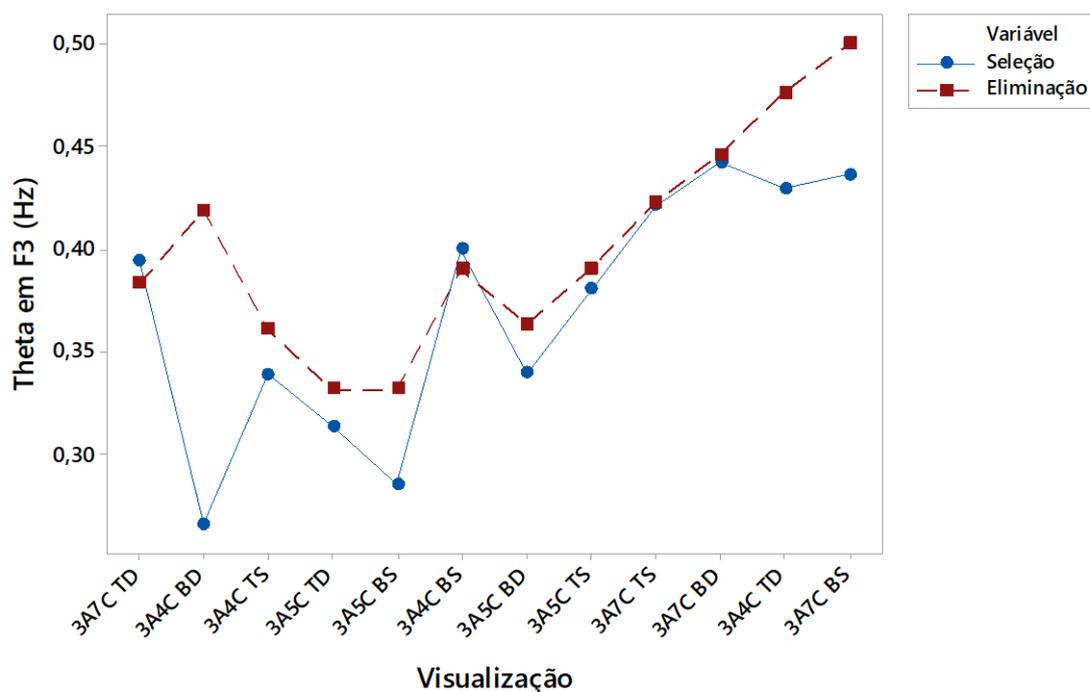
Fonte: O autor (2021)

É possível observar que as medianas dos dois grupos estão bem próximas, sendo ela 0,3902Hz e 0,3872Hz, para as etapas de eliminação e seleção respectivamente. Os dois grupos de dados apresentados se comportam de maneira assimétrica. A eliminação possui assimetria positiva a posição da linha da mediana ficou próxima do primeiro quartil enquanto a etapa de seleção possui assimetria negativa, uma vez que a posição da linha da mediana ficou próxima do terceiro quartil. Adicionalmente, não há presença de valores discrepantes em nenhum dos casos. Além disso, temos que para fase eliminação é em média 0,4012 Hz enquanto na fase de seleção esta média passa a ser de 0,3705 Hz.

A seleção apresenta maior dispersão dos dados, como é observado na figura 49, tendo em vista que a sua caixa de amplitude interquartílica é maior que a caixa da etapa de eliminação.

A figura 50 ilustra o comportamento dos valores. É possível observar que nos últimos seis estímulos do experimento, visualização 3A5C BD até 3A7C na etapa de eliminação, os dados assumem uma posição crescente, sugerindo uma maior dificuldade nas operações mentais.

Figura 50 - Comparação dos Valores de theta em F3 eliminação versus seleção



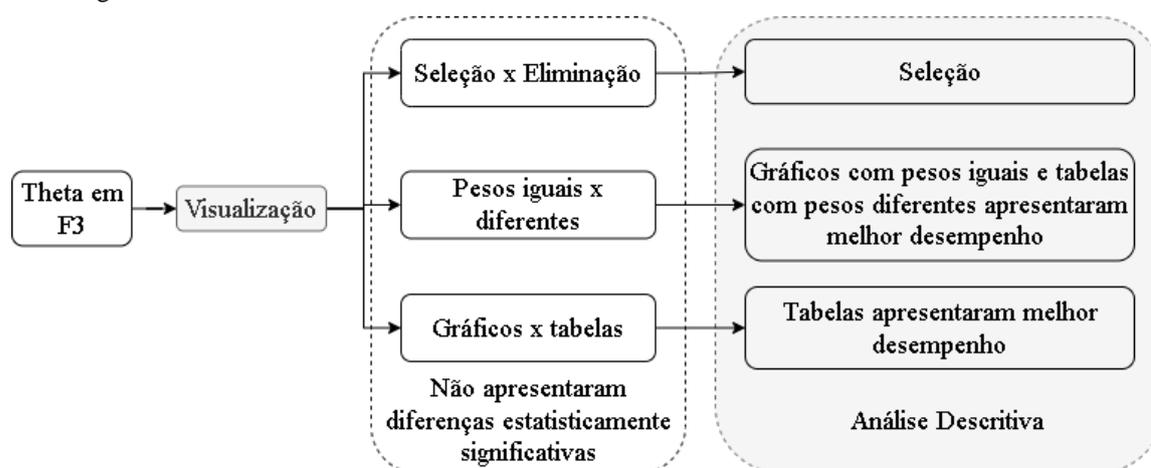
Fonte: O autor (2021)

Abordando a segunda comparação descritiva, nota-se que os gráficos barras com pesos diferentes apresentaram maior grau de complexidade quando relacionados com gráficos de pesos iguais, para ambas as etapas pois, obtiveram maiores valores de médios de Theta em F3 em cinco das seis comparações. Prosseguindo ainda com a mesma análise, as tabelas com pesos iguais obtiveram maiores valores médios de Theta em F3 em ambas etapas, sugerindo uma maior complexidade quando comparadas com tabelas com pesos diferentes. Entretanto, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi detectada pelos testes o que indica similaridade entre os valores.

A última comparação, gráfico versus tabelas, sugeriu pela análise descritiva que as tabelas apresentaram menores valores de Theta em F3, sugerindo que este tipo de visualização apresenta menor grau de complexidade quando confrontada com gráficos. Ainda assim, ao utilizar o teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, nenhuma diferença estatisticamente descritiva foi encontrada.

A figura 51 apresenta o resumo dos resultados obtidos a partir das análises feitas a partir dos dados de Theta em F3.

Figura 51 - Síntese dos resultados associados aos valores de Theta em F3



Fonte: O autor (2021)

Com base na correlação de Spearman calculada entre os valores de Theta em F3 (visualização/seleção) e o HR (visualização/seleção), o valor encontrado foi -0,215 sugerindo uma correlação negativa fraca. No caso, dos valores de Theta em F3(visualização/eliminação) e o HR (visualização/eliminação), o valor da correlação foi de -0,320, apresentando uma correlação positiva baixa, sugerindo que o HR ainda é influenciado por outros fatores.

Se tratando do tempo de resposta, foi apresentado uma correlação de 0,502 com os valores de Theta em F3 para etapa de seleção. Pode-se afirmar que esta correlação é positiva, isso sugere que conforme o grau de dificuldade aumenta, o tempo despendido até fornecer uma resposta tende a aumentar ou vice-versa. O contrário acontece com a eliminação, a correlação apresentada foi -0,146, indicando uma correlação fraca negativa.

Isto indica que, na primeira etapa do experimento os participantes tendem a fazer uma análise mais minuciosa do que é apresentado, então conforme o grau de dificuldade aumenta o tempo de resposta tendem a aumentar. Por outro lado, na segunda etapa do experimento a correlação presente entre as variáveis citadas é baixa, ou seja, o tempo de resposta pode ser influenciado por outros fatores.

A acuracidade na etapa de seleção a correlação com Theta em F3, foi de 0,332 o que pode ser considerada uma relação positiva fraca. Para a etapa de eliminação a correlação com Theta em F3 foi 0,004 podendo ser interpretada como inexistente. Assim, pode-se concluir que os valores de acuracidade são influenciados por outros fatores.

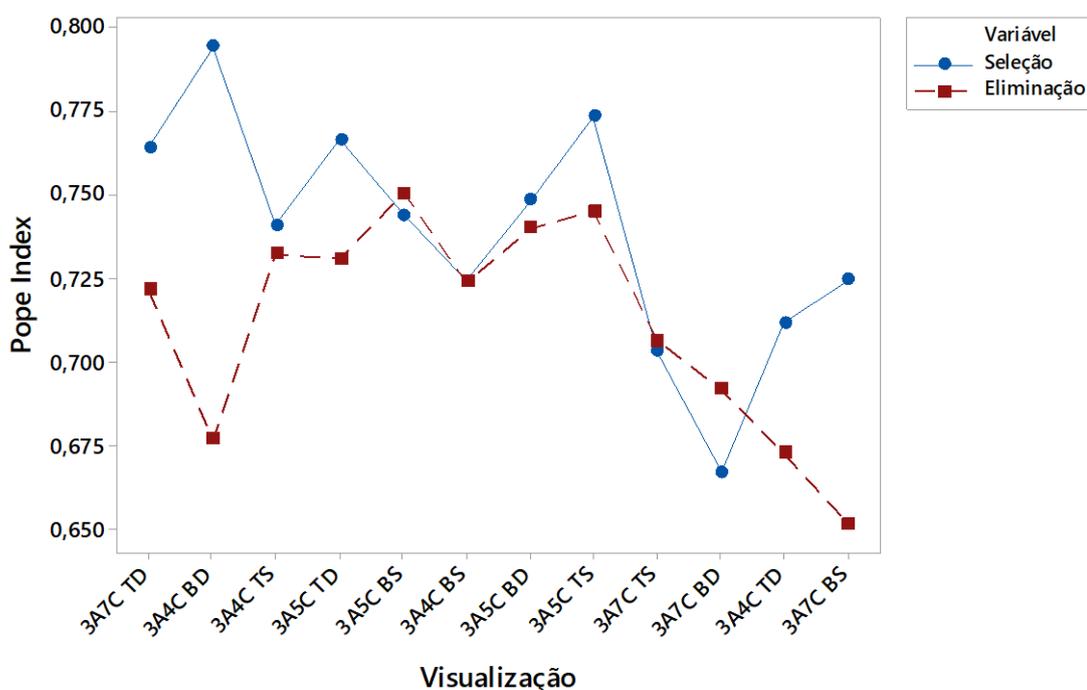
4.3.5 Resultados relacionados ao Pope Index

Primeiramente foi apresentada uma diferença no Pope Index entre as etapas visto que, em oito das doze comparações o PI foi maior para seleção. Esta diferença foi corroborada pelo

teste-t para amostras pareadas, que resultou na rejeição de H_0 , visto que o p-valor atingido foi menor que o nível de significância. A média (0,7382) e a mediana (0,7422) relacionadas a etapa de seleção são maiores que a etapa de eliminação (media: 0,7118; mediana: 0,7226). A diferença indicada pelo teste-t sugere uma diminuição de 0,0264 entre as médias dos grupos, ou seja, o Pope index é em média 0,0264 menor para para etapa de eliminação.

Foi observado que o *Pope index* diminuiu a partir da visualização 3A5C TS na etapa de eliminação, ou seja, momentos finais do experimento. Este fato pode ser visto na figura 52 onde é perceptível que os valores decrescem continuamente. Tal comportamento sugere que a partir de certo ponto, os participantes passam a realizar as atividades de forma mais automática o que é explicado pela queda no índice de engajamento.

Figura 52 - Pope Index Seleção versus Eliminação



Fonte: O autor (2021)

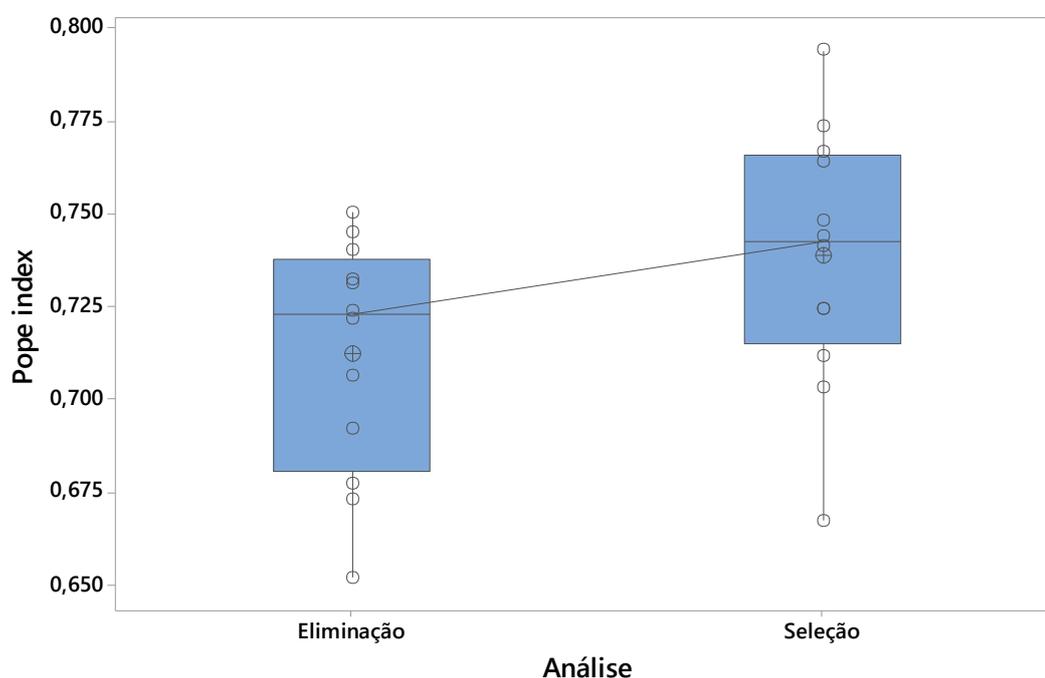
Na etapa de visualização, tiveram dois períodos de crescimento sustentado do *Pope Index*, sendo elas da visualização 3A4C BS até 3A5C TS e 3A7C BD até 3A7C BS. O mesmo aconteceu na etapa de eliminação, partindo da visualização 3A4C BS até 3A5C TS. Este comportamento de crescimento sugere que os participantes capazes de realizar um monitoramento atento.

Vale destacar também que visualizações com mesma configuração quando apresentadas consecutivamente também levam a uma diminuição no PI. Esta situação ocorre entre as visualizações 3A5C BS e 3A4C BS, que são apresentadas uma após a outra, levando o sujeito

a avaliar dois gráficos de barras com pesos iguais seguidamente. O mesmo acontece com as visualizações 3A5C TS e 3A7C TS, ocasionando na análise de duas tabelas com pesos iguais. Assim, diminuição do índice de engajamento devido a repetição da configuração, sugere que a resposta fornecida na segunda análise é dada de forma mais automática.

A figura 53 traz o *boxplot* do *Pope Index* para as etapas de seleção e de eliminação, pode-se dizer que os grupos de dados possuem assimetria negativa uma vez que suas respectivas medianas ficaram mais próximas do terceiro quartil. De forma complementar, não há presença de valores discrepantes em nenhum dos dois grupos de analisados.

Figura 53 - Boxplot dos valores do Pope Index para as etapas eliminação versus seleção



Fonte: O autor (2021)

Abordando a dispersão dos dados, a etapa de eliminação apresenta uma maior dispersão dos dados uma vez que, a sua caixa de amplitude interquartílica, é maior que a caixa de amplitude interquartílica da etapa de seleção.

Também pode-se atentar que a amplitude dos dados é maior na etapa de seleção. Como é ilustrado na figura 53, para a etapa de seleção o menor valor de PI foi 0,6670 e o maior 0,7938. Já no caso da etapa de eliminação, o menor valor de PI obtido foi de 0,6507ms e o maior 0,7501ms.

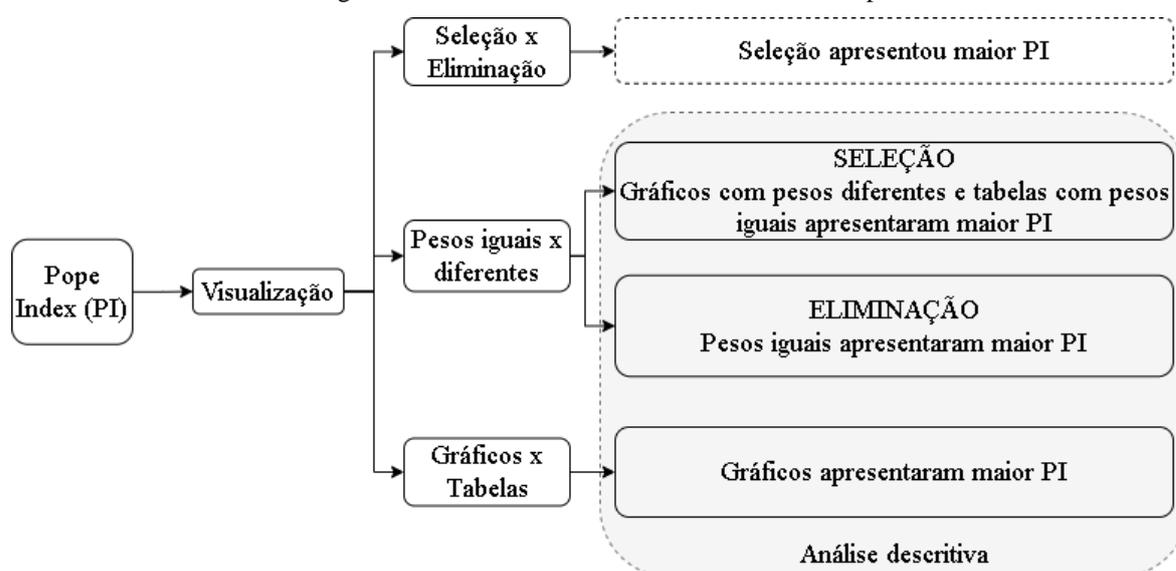
No que diz respeito a comparação de pesos iguais versus pesos diferentes, foi observado que na etapa de seleção os gráficos com pesos diferentes apresentaram maior índice de engajamento. Porém, os pesos iguais apresentaram maiores PIs quando se trabalhou com

tabelas. Para a etapa de eliminação, pesos iguais apresentaram maiores valores de PI tanto para gráficos de barras como para tabelas.

Se tratando da comparação descritiva entre gráficos e tabelas, os gráficos de barras apresentaram melhor desempenho em termos de *Pope Index*, isto é, maiores índices de engajamento.

A figura 54, apresenta um resumo dos resultados obtidos a partir das análises realizadas a partir dos dados de *Pope Index*.

Figura 54 - Síntese dos resultados associados ao Pope Index



Fonte: O autor (2021)

Com base na correlação de Spearman calculada entre os valores de *Pope index* (visualização/seleção) e o HR (visualização/seleção), o valor encontrado foi -0,166. O valor de -0,229 foi obtido para a correlação *Pope index* (visualização/eliminação) e o HR (visualização/eliminação). Em ambos os casos, foram apresentadas correlações negativas baixas, sugerindo que o HR ainda é influenciado por outras questões.

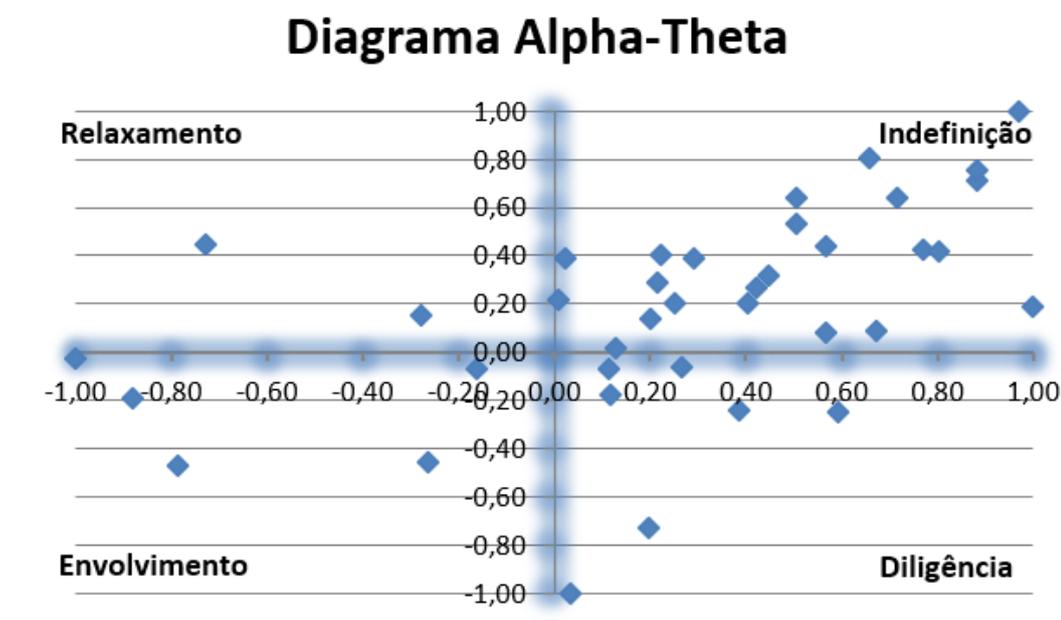
Fazendo a correlação do *Pope index* e o tempo de resposta apresentou um valor de -0,686 para etapa de seleção. Isto pode ser um indício de que conforme o tempo de resposta aumente o índice de engajamento diminui. Para a etapa de eliminação a correlação foi fraca e positiva (0,133) levando a crer que para esta etapa o Tempo de resposta pode ser influenciado por outros fatores.

A correlação entre a acuracidade e o *Pope index* foi calculada também. Para a etapa de seleção, o valor obtido foi -0,394, uma correlação baixa negativa. Enquanto para etapa de eliminação o valor foi 0,094 indicando uma correlação praticamente inexistente.

4.3.6 Alpha-theta

Na etapa de seleção a visualização que apresentou maior índice de diligência foi 3A5C TD (Figura 55), enquanto na etapa de eliminação os maiores índices foram apresentados por 3A7C TD, 3A5C BS e 3A7C TS. Este estado é caracterizado pelo alto esforço cognitivo e alto engajamento. Esta conjuntura apresentou valores de *Hit Rate*, acima da média para cada etapa e bom desempenho em termos de Tempo de resposta e Acuracidade.

Figura 55 - Diagrama Alpha-Theta 3A5C TD ELI

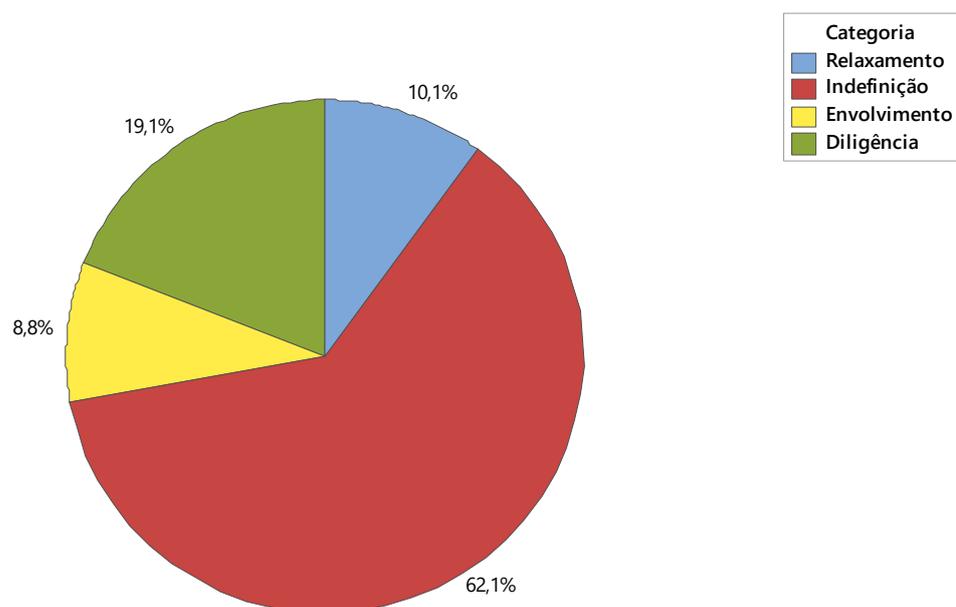


Fonte: O autor (2021)

A visualização que apresentou maior índice de envolvimento foi a 3A5C TD na etapa de eliminação, o que representa baixo esforço cognitivo e alto engajamento. Tal visualização apresentou tempo de resposta e acuracidade abaixo da média, o que é um bom resultado em termos de duas das três medidas de desempenho estudadas nesta pesquisa, mas obteve um *Hit Rate* muito baixo.

Assim, fazendo um sumário das informações obtidas pelo diagrama Alpha-Theta, a etapa de seleção, 62,1% dos comportamentos estiveram associados ao estado de indefinição em que nada foi possível concluir. Em 19,1% dos casos, o comportamento de diligência foi encontrado. Em terceiro lugar foi encontrado o comportamento de relaxamento (10,1%) e por fim, envolvimento (8,8%), conforme é apresentado na figura 56.

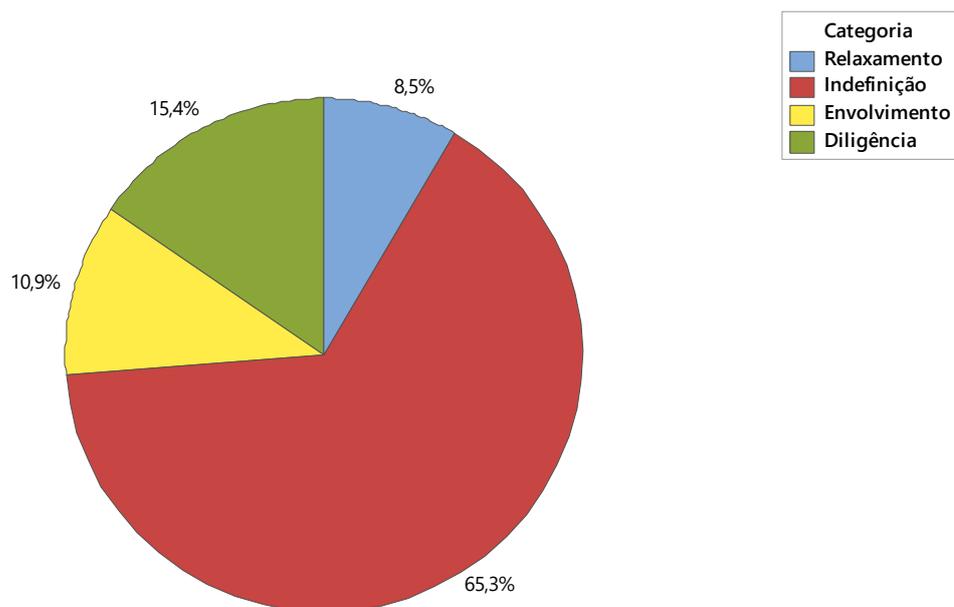
Figura 56 - Comportamentos Alpha-Theta para a etapa de seleção



Fonte: O autor (2021)

No caso da etapa de eliminação, o comportamento predominando foi de indefinição (65,3%) assim como na etapa de seleção. Em segundo lugar foi encontrado o estado de diligência (15,4%), seguido do estado de envolvimento (10,9%) e por último o comportamento de relaxamento (8,5%). Conforme é apresentado na figura 57.

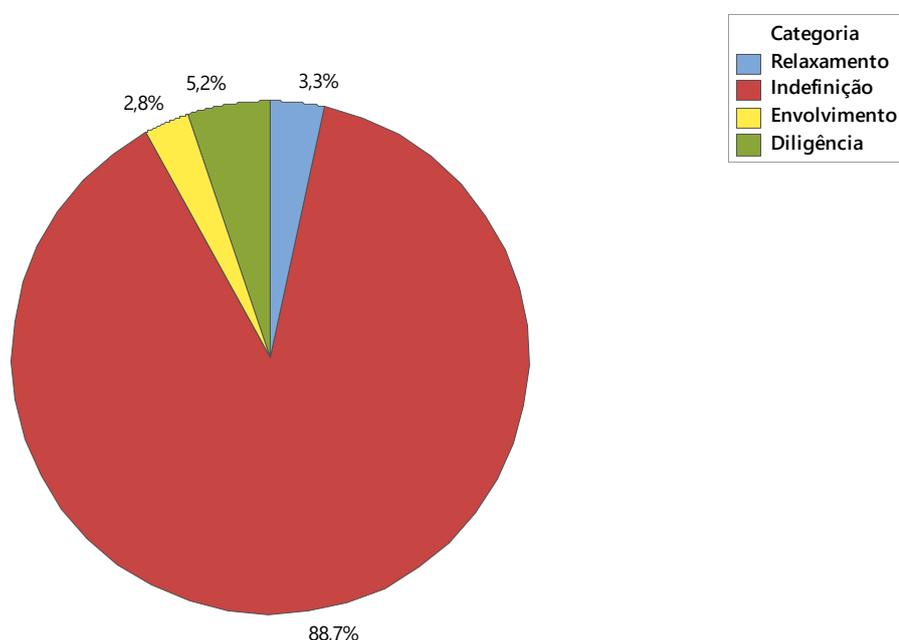
Figura 57 - Comportamentos Alpha-Theta para a etapa de Eliminação



Fonte: O autor (2021)

Se tratando do diagrama alpha-theta por participantes, esta ferramenta acabou não sendo muito informativa visto que, o comportamento que prevaleceu foi o de indefinição que chegou a atingir 88,7% dos estados. Este comportamento não era esperado, pois a escolha desta ferramenta se deu porque em outros estudos apenas uma pequena parte dos participantes apresentavam este comportamento, por exemplo, em Roselli (2019) o padrão de comportamento com característica de Indefinição ocorreu para 21% dos decisores. Assim, os demais estados comportamentais representando 11,3% do total, conforme apresentado na figura 58.

Figura 58 - Comportamentos Alpha-Theta por participante

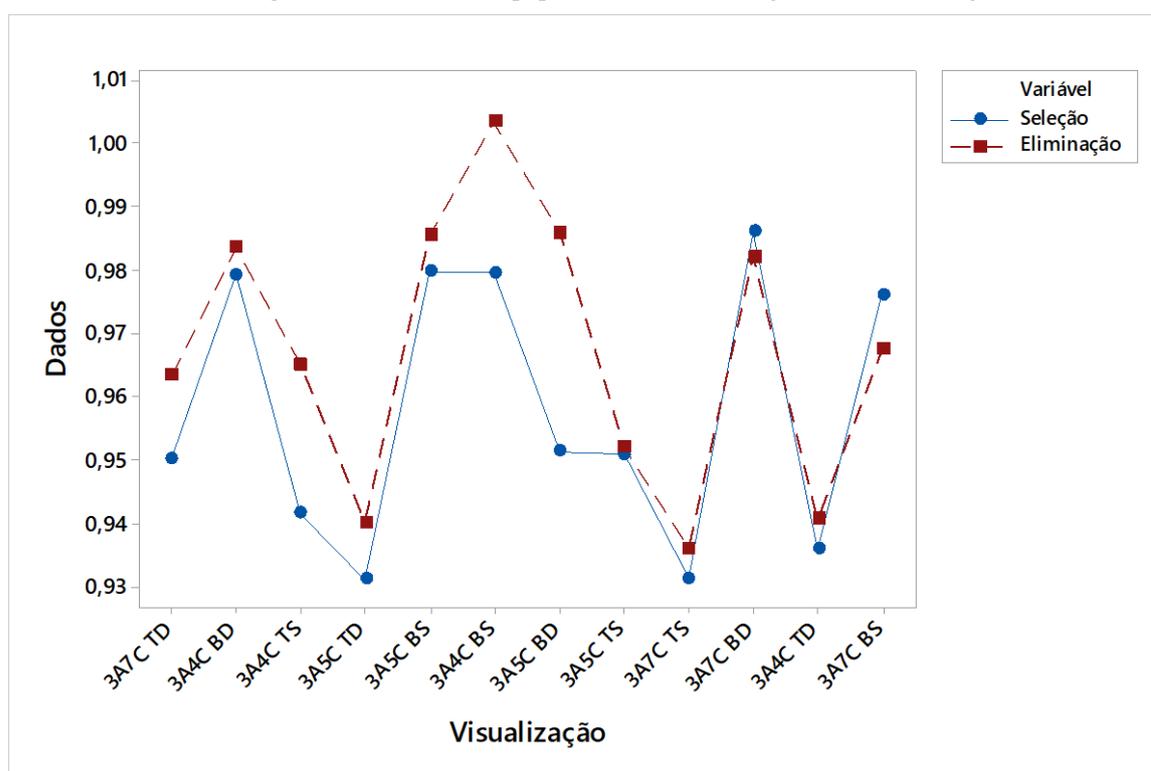


Fonte: O autor (2021)

4.3.7 Resultados relacionados aos valores de diâmetro da pupila normalizado

De acordo com estudos presentes na literatura que o engajamento na tarefa estava relacionado a um diâmetro intermediário da pupila (JEPMA E NIEUWENHUIS, 2011). Enquanto valores extremos estão relacionados ao desengajamento e queda no desempenho. A figura 59 apresenta o comportamento dos dados de diâmetro da pupila normalizado.

Figura 59 - Diâmetro da pupila normalizado seleção versus eliminação



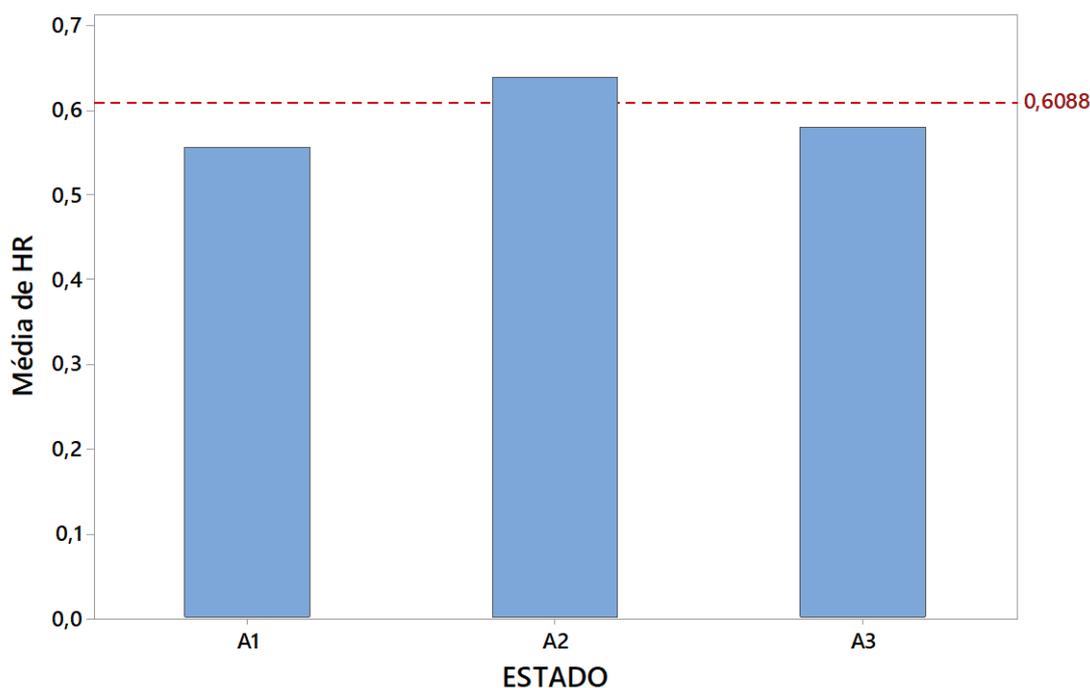
Fonte: O autor (2021)

Para fazer a análise do diâmetro médio da pupila foi proposta a utilização de uma curva comportamental que tinha o objetivo de classificar os diâmetros de acordo com os estados citados na literatura. Para isso, foi preciso verificar a normalidade dos dados utilizando o teste de Shapiro-Wilk, os resultados indicaram que a normalidade foi atendida visto que, o p-valor é maior que 0,05, o nível de significância.

Além disso foi realizado um teste t para amostras independentes para verificar se as médias dos grupos divergiam. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi detectada. Logo, apenas uma curva comportamental foi construída para atender as duas etapas.

A premissa de que os valores intermediários de diâmetro da pupila estão associados ao melhor desempenho na tarefa pode ser comprovado a partir da figura 60. Para construção desta imagem foi considerada a média de Hit Rate para as visualizações que se encontravam em cada um dos estados.

Figura 60 - Média do Hit Rate por estado



Fonte: O autor (2021)

A linha de referência horizontal simboliza a média do Hit Rate (60,88%). Pode-se observar que apenas as visualizações que se encontraram no estado A2 obtiveram um desempenho acima da média em termos de HR em concordância com o que foi discutido no trabalho de Jepma e Nieuwenhuis (2011). Adicionalmente, os estados A1 e A3 apresentaram médias de taxa de acerto abaixo da média, conforme sugerido pelo estudo de Jepma e Nieuwenhuis (2011) que tratou do aumento diâmetro da pupila e o estudo de Hopstaken *et al.* (2015a) que tratou da diminuição do mesmo.

Fazendo a classificação dos diâmetros médios de dilatação da pupila por gráfico, a partir da curva comportamental, foi observado que em ambas as etapas o estado predominante foi o A2, ou seja, durante a maior parte da execução do experimento os participantes apresentaram um estado de engajamento ideal. Porém, vale destacar que a etapa de seleção apresentou uma quantidade maior de visualizações que se posicionaram no estado A2.

As visualizações que apresentaram o estado A3, indicando alta excitação que tem como efeito comportamental o desengajamento no sentido de distração, estavam associadas a visualizações do tipo gráficos de barras. Por outro lado, o estado A1 esteve associado a visualizações do tipo tabelas, sugerindo baixa excitação e conseqüentemente gera um efeito comportamental de fadiga. De forma complementar, é possível afirmar que os gráficos de barras

apresentaram melhor desempenho por possuir uma quantidade maior de visualizações que se posicionaram no estado A2.

No que diz respeito aos pesos, não foi possível definir que tipo de configuração apresentou o melhor desempenho pois houve um empate entre as quantidades de visualizações que se enquadram no estado A2.

Com base na correlação de Spearman calculada entre os valores de Diâmetro médio da pupila normalizado e o HR (visualização/seleção), o valor encontrado foi 0,206, representando uma correlação baixa. O valor de -0,095 foi obtido para a correlação Diâmetro (visualização/eliminação) e o HR (visualização/eliminação), indicando uma correlação praticamente inexistente. Em ambos os casos, entende-se que o HR ainda é influenciado por outras questões.

Fazendo a correlação do Diâmetro médio e o tempo de resposta, o valor de -0,239 para etapa de seleção, caracterizando uma correlação negativa baixa. Para a etapa de eliminação a correlação foi de -0,554, indicando que nesta etapa o tempo de resposta diminui a medida que o diâmetro da pupila aumenta e vice-versa. Em ambos os casos pode-se afirmar que há outros fatores que influenciam o tempo de resposta.

A correlação entre o diâmetro e a acuracidade para etapa de seleção foi de -0,461 sugerindo uma correlação negativa, dando a entender que conforme o diâmetro da pupila aumenta o tempo até fornecer uma resposta correta diminui. Este resultado está em concordância com Hostaken *et al.* (2015a) que sugere que diâmetros menores podem estar associados a um estado de desengajamento com a tarefa. Por outro lado, a correlação do tempo diâmetro com acuracidade para a etapa de eliminação foi baixa, sendo ela -0,114.

Os resultados apontam que a correlação entre o diâmetro e os valores de Theta em F3 para a seleção foi -0,366 e para eliminação foi -0,110. As duas situações apontam uma baixa correlação entre as variáveis, sugerindo que outros fatores podem influenciar os valores de Theta em F3.

Se tratando dos valores de Pope index, foi apresentado uma correlação de 0,067 com diâmetro médio da pupila para etapa de seleção e 0,028 para a etapa de eliminação. Ambos os casos, apresentam uma correlação praticamente inexistente.

Finalmente, a tabela 53 apresenta uma visão geral dos resultados obtidos em cada uma das análises realizadas. Nesta tabela são apresentados os tipos de visualizações que apresentaram melhor desempenho para cada uma das variáveis estudadas. O asterisco representa situações em que não foi possível encontrar o melhor a partir das comparações.

Uma aplicação do método FITradeoff será apresentada no capítulo 5 e com base nos resultados obtidos através das análises realizadas nos capítulos 3 e 4 algumas insights foram apresentadas ao decisor para apoiar seu processo decisório de maneira mais acertiva.

Tabela 53 - Visão geral dos resultados

Comparações	Hit Rate	Tempo de Resposta		Acuracidade		Theta em F3	Pope Index		Diâmetro da Pupila
Seleção versus Eliminação	**	Eliminação		Eliminação		Não apresentou diferenças estatisticamente significativas, mas a partir da análise descritiva foi possível concluir que Seleção apresentou melhor desempenho	Seleção		Seleção
Pesos iguais versus pesos diferentes	Pesos iguais	Seleção	Eliminação	Seleção	Eliminação	Gráficos de barras com pesos iguais / Tabelas com pesos diferentes	Seleção	Eliminação	**
		Pesos iguais	Gráficos de barras com pesos iguais / Tabelas com pesos diferentes	Pesos diferentes	Gráficos de barras com pesos iguais / Tabelas com pesos diferentes		Gráficos de barras com pesos iguais / Tabelas com pesos diferentes	Pesos Iguais	
Gráficos Versus Tabelas	Gráficos de barras	Seleção	Eliminação	Seleção	Eliminação	Tabelas	Seleção	Eliminação	Gráficos de barras
		Gráficos de barras	Gráficos de barras	Gráficos de barras	Gráficos de barras com pesos iguais / Tabelas com pesos diferentes		Gráficos de barras	Gráficos de barras	

Fonte: O autor (2021)

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO FITRADEOFF

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, foram desenvolvidas diversas aplicações com o método FITradeoff, que permitiram o desenvolvimento de *insights* para esse estudo. Para complementar os resultados desta pesquisa o problema utilizado pelos autores Pessoa *et al.* (2021b) e Pessoa *et al.* (2021c) foi trabalhado, desta vez para a problemática de seleção. Tal aplicação será apresentada ao longo deste capítulo.

5.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Compliance é o termo que se refere à definição de meios para evitar ações ilegais por meio do controle das atividades de uma empresa (EL KHARBILI *et al.* 2008). No Brasil, a lei 12.846 (Lei Anticorrupção) foi aprovada em 2015. Essa lei impactou as empresas e impulsionou a busca por programas de *compliance*, que são uma forma útil para enfrentar essa situação e solucionar problemas com maior agilidade.

Diante deste panorama, esta aplicação aborda a situação de uma empresa que necessita melhorar o desempenho do seu programa de *compliance*. O decisor é um representante da gestão da empresa. Neste problema, quatro objetivos foram identificados, sendo eles:

- I) *Impedir, detectar e punir conduta empresarial antiética.* Avaliar os riscos associados ao negócio que podem causar sanções legais, perdas financeiras e danos à imagem da organização. A variável considerada para avaliar o alcance desse objetivo é a gestão de risco (GR).
- II) *Facilitar a implementação de ações.* Este objetivo é importante tendo em vista que as organizações possuem restrições orçamentárias. A variável considerada para avaliar o alcance desse objetivo é o custo de implementação (CI).
- III) *Promover um ambiente de negócios ético e saudável.* Esse objetivo está relacionado à redução de potenciais conflitos de interesses entre os colaboradores e a empresa, além de propiciar um ambiente de trabalho livre de assédio, discriminação de qualquer natureza e outras práticas que coloquem em risco o bem-estar de integrantes, colaboradores e parceiros da sociedade. As variáveis consideradas para avaliar o cumprimento desse objetivo são Diversidade e Inclusão (DI) e Canais de Comunicação e Denúncia (CCD).
- IV) *Demonstrar o compromisso da empresa com o programa de Compliance.* Esse objetivo está relacionado à disseminação de valores, políticas e procedimentos

relativos à conduta empresarial. A variável considerada para avaliar o cumprimento desse objetivo é a Incorporação dos Princípios do Programa de Compliance (IPPC). Conforme discutido, cinco critérios foram estabelecidos para avaliar os objetivos da decisão. Esses critérios podem ser descritos como:

- I) *Gerenciamento de risco (GR)*. Indica o grau em que uma alternativa pode contribuir para identificar e mitigar situações de risco. A tabela 54 apresenta os níveis do atributo.

Tabela 54 - Descrição dos níveis do atributo Gestão de Riscos

Níveis	Descrição
1	Contribui negativamente para a gestão de riscos da organização, dificultando a identificação de situações de risco.
2	Contribui fracamente para a gestão de risco da organização, de modo que apenas ajuda na identificação de situações de risco.
3	Não influencia a gestão de riscos da organização
4	Contribui moderadamente para a gestão de risco da organização de forma que ajuda na identificação e medição de situações de risco.
5	Contribui fortemente para a gestão de riscos da organização, auxiliando na identificação, medição e monitoramento das situações de risco, além de estabelecer um plano de ação para mitigar tais situações.

Fonte: O autor (2021)

- II) *Custo de implementação (CI)*. Indica o valor desembolsado do orçamento para uma alternativa a ser implementada. A tabela 55 apresenta os níveis do atributo.

Tabela 55 - Descrição dos níveis do atributo Custo de Implementação

Níveis	Descrição
1	O custo de implementação é muito baixo, inferior a 20% do orçamento total alocado ao projeto.
2	O custo de implementação é baixo, superior a 20%, mas inferior a 40% do orçamento total alocado ao projeto.
3	O custo de implementação é moderado, superior a 40%, mas inferior a 60% do orçamento total alocado ao projeto.
4	O custo de implementação é alto, superior a 60%, mas inferior a 80% do orçamento total alocado ao projeto.
5	O custo de implantação é muito alto, superior a 80% do orçamento total alocado ao projeto.

Fonte: O autor (2021)

- III) *Diversidade e Inclusão (DI)*. Indica o grau em que uma alternativa pode contribuir para a diversidade e inclusão da equipe. A tabela 56 apresenta os níveis do atributo.

Tabela 56 - Descrição dos níveis do atributo diversidade e inclusão

Níveis	Descrição
1	Contribui de forma fraca, pois não esclarece o quanto a questão da diversidade e inclusão é valorizada pela organização, o que pode fomentar o desrespeito aos princípios da organização.
2	Não há interferência na questão da diversidade e inclusão.
3	Contribui de forma moderada, pois sustenta à ideia de discutir diversidade e inclusão.
4	Contribui fortemente, pois permite aos colaboradores desempenharem melhor as suas funções independentemente das escolhas ou características pessoais, tornando o ambiente empresarial

	respeitoso e acolhedor. Assim, os princípios da diversidade e inclusão são amplamente discutidos, disseminados e respeitados.
--	---

Fonte: O autor (2021)

IV) *Canais de Comunicação e denúncia (CCD)*. Indica o grau em que uma alternativa pode contribuir para aumentar a eficiência dos canais de comunicação e denúncia. A tabela 57 apresenta os níveis do atributo.

Tabela 57 - Descrição dos níveis do atributo canais de comunicação e denúncia

Níveis	Descrição
1	Contribui pouco para o aumento da eficiência dos canais de comunicação e denúncia, pois não garante segurança e anonimato.
2	Não interfere nos canais de denúncia.
3	Contribui moderadamente para aumentar a eficiência dos canais de comunicação e denúncia, garantindo segurança e anonimato.
4	Contribui fortemente para aumentar a eficiência dos canais de comunicação e denúncia, impactando positivamente a segurança, o anonimato e a imparcialidade.
5	Contribui fortemente para aumentar a eficiência dos canais de comunicação e denúncia, impactando positivamente na segurança, anonimato, imparcialidade e tempo de resposta.

Fonte: O autor (2021)

V) *Incorporação dos Princípios do Programa de Compliance (IPPC)*. Indica o grau em que uma alternativa pode contribuir para comprovar o comprometimento da empresa com o programa de *compliance*. A tabela 58 apresenta os níveis do atributo.

Tabela 58 - Descrição dos níveis do atributo Incorporação dos Princípios do Programa de *Compliance*

Níveis	Descrição
0	Não deixa claro o compromisso da empresa com o programa de <i>compliance</i> .
1	Incorpora fracamente os princípios do programa de <i>compliance</i> , mas falha em esclarecer sua prática adequada.
2	Incorpora moderadamente os princípios do programa de <i>compliance</i> , mas não aborda algumas questões relacionadas à conduta da empresa.
3	Incorpora fortemente os princípios do programa de <i>compliance</i> , esclarecendo sua prática adequada e auxiliando na disseminação de valores, políticas e procedimentos relacionados à conduta da empresa.

Fonte: O autor (2021)

Continuando a construção do modelo, é necessário identificar as alternativas. Para este problema, as alternativas são as ações que a empresa pode executar para que seu desempenho no programa de *compliance* melhore. Assim, foram identificadas vinte e oito alternativas, as quais foram organizadas em nove grupos de acordo com seus temas relevantes, para facilitar o

entendimento (tabela 59). O desempenho de cada alternativa em relação aos critérios do problema é apresentado na tabela 60.

Tabela 59 - Alternativas

Grupo	Alternativas	Código
Comunicação interna	Expandir os canais de denúncia para diferentes mídias, por exemplo, e-mail, telefone, site da Web, etc.	A1
	Divulgue o código de conduta no site da organização.	A2
	Monitorar periodicamente as reclamações que chegam aos canais de denúncia.	A3
	Divulgar a ideia do programa de <i>compliance</i> por meio de palestras, cursos e reuniões.	A4
	Criar um comitê de conduta independente e autônomo para tratar de questões relacionadas ao código de conduta e canais de denúncia.	A5
	Proporcionar comunicação adequada entre as áreas da instituição, garantindo o entendimento claro entre elas.	A6
Recursos Humanos	Desenvolver políticas de recursos humanos mais inclusivas.	A7
	Identificar áreas com necessidades específicas de treinamento e capacitação.	A8
	Investir no desenvolvimento contínuo dos colaboradores.	A9
	Investir em tecnologias que apoiem o trabalho com deficiência física.	A10
	Definir o plano de treinamento e qualificação aplicável aos colaboradores e prestadores de serviços terceirizados relevantes.	A11
	Garantir de que os funcionários estejam cientes de suas funções e responsabilidades.	A12
Fornecedores	Incentivar os fornecedores a se comprometerem com o código de conduta da organização.	A13
	Verificar as informações e a reputação de potenciais parceiros de negócios.	A14
Legislação	Realizar levantamento da legislação que regulamenta as atividades da empresa e acompanhar as atualizações da legislação vigente.	A15
	Analisar a situação atual da empresa em relação à legislação e regularizar pendências.	A16
	Elaborar pareceres sobre temas de <i>compliance</i> para garantir a correta avaliação de eventuais riscos e estratégias de controle e mitigação.	A17
	Revisar o conteúdo, a adequação e a conformidade de materiais e documentos	A18
Ética	Investigar funcionários que possam estar envolvidos em casos públicos de corrupção	A19
	Monitorar transações e mídia para detectar transações incomuns e evitar negócios com partes duvidosas que são suspeitas de envolvimento em atividades ilegais ou que podem prejudicar a reputação da instituição	A20
	Eliminar a prática de empréstimos e garantias que favorecem qualquer funcionário	A21
	Preparar documentação específica para inibir e punir o uso indevido de informações	A22
Gestão	Realizar auditorias internas para analisar oportunidades de melhoria e destacar possíveis falhas	A23
	Realizar auditorias externas para certificar a integridade e veracidade das contas de uma empresa.	A24
	Avaliar tecnicamente a infraestrutura de segurança e os riscos de segurança cibernética que permeiam os negócios.	A25
Responsabilidade social	Avaliar e reduzir o impacto ambiental do uso de recursos naturais pela empresa.	A26
	Incentivar projetos que ajudem no desenvolvimento das comunidades locais.	A27
Ambiente organizacional	Estabelecer uma área de <i>compliance</i> permanente, eficaz e independente, com acesso a qualquer informação ou faceta da instituição e com recursos adequados	A28

Fonte: O autor (2021)

Tabela 60 - Matriz de consequências

Alternativas \ Critérios	GR	CI	DI	CCD	IPPC
A1	5	2	3	5	4
A2	3	1	4	3	4
A3	5	3	3	5	4
A4	5	1	4	4	4
A5	5	3	4	5	4
A6	4	4	4	5	3
A7	3	3	4	3	3
A8	5	2	4	3	2
A9	3	2	4	3	2
A10	3	4	4	2	3
A11	5	1	4	3	3
A12	4	1	4	2	4
A13	4	1	2	2	4
A14	4	1	3	2	3
A15	5	1	2	2	3
A16	5	1	2	2	4
A17	5	1	4	2	4
A18	4	1	3	2	2
A19	4	1	4	2	3
A20	5	2	2	5	3
A21	5	1	4	2	3
A22	5	1	3	4	3
A23	5	3	3	2	4
A24	5	5	3	5	3
A25	5	4	2	2	2
A26	4	5	4	2	1
A27	3	4	4	2	1
A28	5	4	4	5	4

Fonte: O autor (2021)

5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO FITRADEOFF

No SAD FITradeoff para problemática escolha, o decisor optou por ordenar os pesos dos critérios. Como resultado, a seguinte ordem foi obtida (11). Após a ordenação das constantes de escalas quinze alternativas foram consideradas potencialmente ótimas.

$$k_{CI} > k_{GR} > k_{IPPC} > k_{CCD} > k_{DI} \quad (11)$$

À medida que o decisor responde às perguntas no FITradeoff, mais restrições são obtidas de modo que o espaço de peso menor. A figura 61 apresenta a tela do SAD do método FITradeoff durante a elicitación por decomposição. Nesta tela é possível verificar que até dado momento duas questões foram respondidas e três alternativas potencialmente ótimas foram encontradas.

Figura 61 - Elicitação por decomposição do SAD FITradeoff

Which consequence do you prefer?
Answer the questions by choosing one option

Consequence A

C1:

C2:

C3:

C4:

C5:

Consequence B

C1:

C2:

C3:

C4:

C5:

Options:

Consequence A

Consequence B

Indifferent

No Answer

Inconsistency

OK

Questions Answered: 2
Potentially Optimal Alternatives: 3

Show Current Results

Legend of criteria scaling constants:

C1 - IC
C2 - RM
C3 - ACP
C4 - CRC
C5 - DI

Equivalence Test:
Maximum difference between P.O.A.s)

Between	Max. Difference
A1-A4	0.0185
A4-A1	0.0513
A1-A5	0.0256
A5-A1	0.0167
A4-A5	0.0769
A5-A4	0.0000

Fonte: O autor (2022)

A tabela 61 resume a aplicação do método FITradeoff. O número de alternativas potencialmente ótimas muda dinamicamente ao longo do tempo, como pode ser visto na última coluna da tabela 61.

Tabela 61 - Resumo da aplicação do método FITradeoff

Ciclo	Consequência A	Consequência B (o melhor de)	Resposta	Número de alternativas potencialmente ótimas
0	-	-	Ordenação	16
1	50%: Custo de implementação	Comunicação e canais de denúncia	B	3
2	60%: Custo de implementação	Gestão de Riscos	B	3
3	80%: Gestão de Riscos	Incorporação dos Princípios do Programa de <i>Compliance</i>		

Fonte: O autor (2021)

As três alternativas potencialmente ótimas que foram encontradas pelo SAD após duas perguntas foram A1, A4 e A5. O decisor pode visualizar os resultados parciais durante o processo. A tela de resultados parciais é apresentada na figura 62. A partir desta tela é possível seguir para a avaliação holística ou voltar para o processo de elitação por decomposição.

Figura 62 - Resultados parciais no SAD do FITradeoff



Fonte: O autor (2022)

Após três perguntas o decisor optou por realizar a avaliação holística entre as alternativas potencialmente ótimas. Ele relatou se sentir mais confortável em selecionar a melhor e esta decisão foi apoiada pelo analista tendo em vista que, não foi detectado diferenças estatisticamente significativas para HR e grau dificuldade nas operações mentais (Theta em F3), melhor índice de engajamento e melhor desempenho em termos de excitação quando comparado com o processo de eliminar a pior.

Além disso, o decisor optou por fazer a avaliação holística utilizando gráfico de barras. Esta decisão também foi apoiada pelo analista tendo em vista os resultados do experimento de neurociência realizado e apreendido nos capítulos 3 e 4. A figura 63 apresenta a tela da avaliação holística no SAD do método FITradeoff.

Figura 63 - Avaliação holística no SAD do FITradeoff



Fonte: O autor (2022)

Esta aplicação evidencia a importância da avaliação holística durante o processo decisório do método. Como recomendação geral, sugere-se que o analista esteja ciente de todas as recomendações feitas no capítulo 4. Além disso, conclusões gerais serão apresentadas no capítulo 6.

Após analisar minuciosamente o gráfico de barras o decisor selecionou A4 como a melhor alternativa. Após, a inserção desta informação o modelo LPP chegou a uma solução ótima. Assim, de acordo com os resultados obtidos após a aplicação do método FITradeoff a alternativa. Divulgar a ideia do programa de compliance por meio de palestras, cursos e reuniões (A4) foi definida como a solução ótima.

Finalmente, a análise de sensibilidade disponível no SAD foi executada para todos os critérios e uma variação de mais ou menos 10% foi considerada. O *output* da análise de sensibilidade indicou que a alternativa A4 foi a única alternativa considerada como solução ótima em 100% dos casos, sugerindo que o resultado obtido é robusto.

Esta aplicação foi necessária para evidenciar a importância da avaliação holística disponível no SAD do método FITradeoff. Além disso, as visualizações gráficas disponíveis também na aba de resultados parciais foram de extrema importância para o que o decisor tivesse uma visão geral do problema.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo traz o fechamento do trabalho com a apresentação das conclusões gerais. Os principais resultados obtidos são mostrados de maneira resumida, bem como suas implicações. Além disso, sugestões para o desenvolvimento de estudos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

Este estudo apresenta um experimento comportamental construído para investigar o desempenho dos decisores quando estes deveriam selecionar a melhor alternativa e eliminar a pior alternativa, em um conjunto de alternativas, destacando a presença de aspectos comportamentais dentro do processo decisório para problemas MCDM/A.

Os impactos deste trabalho estão relacionados com a promoção de melhorias para o método FITradeoff, em especial, com relação a investigação dos dois processos cognitivos durante a avaliação holística no FITradeoff. Dessa forma, a partir da melhoria do processo decisório com o FITradeoff, este método pode ser aplicado para a resolução de problemas sociais, ambientais e econômicos de nosso país, assim como problemas mundiais.

Diversas aplicações já estão presentes na literatura. Em Santos *et al.* (2021) e Frej *et al.* (2017) o método FITradeoff é usado para selecionar fornecedores em empresas do Estado de Pernambuco, contribuindo para o avanço econômico desta região. Carrillo *et al.* (2018) usou o método FITradeoff para selecionar melhores tecnologias para o setor agrícola. E Monte e Morais (2019), usaram o método para apoiar a gestão hídrica. O método também foi usado para a ordenação das operações especiais da Polícia Federal do Brasil (da Cunha *et al.* 2020), e indicação do melhor local para construção de unidade de segurança da Polícia Militar (Silva *et al.* 2019). Na área da saúde, o método já foi utilizado para avaliar protocolos de triagem do sistema de saúde da cidade de Natal – Brasil (Camilo *et al.* 2020). E na área de energia para selecionar o melhor tipo de energia renovável para o Brasil (Fossile *et al.* 2020), assim como para avaliar a melhor tecnologia para a geração de energia elétrica (Kang *et al.* 2018).

Para construção do experimento foram utilizadas duas ferramentas de neurociência, o *Eye-tracking* e o EEG, o que possibilitou a obtenção dos dados de variáveis neurológicas e fisiológicas. Tais variáveis se mostraram especialmente úteis tendo em vista que, estas não podem ser controladas pelo decisor. Além disso outras variáveis pertinentes foram consideradas durante a execução deste estudo, as quais foram nomeadas de variáveis de desempenho, sendo elas: taxa de acerto, tempo de resposta, acuracidade.

No que diz respeito ao *Hit Rate* os resultados apontaram que não há uma diferença significativas entre as etapas de seleção e eliminação. Este resultado indica que a *Success-Based Decision Rule* proposta por (Roselli e de Almeida, 2021) e atualmente disponível no perfil do analista pode ser utilizada em ambos os casos, dado que o *Hit Rate* foi utilizado como base para a construção de tal ferramenta. Adicionalmente, a análise do HR estabeleceu que a visualizações com pesos iguais e os gráficos de barras apresentaram maiores valores de HR, ou seja, melhor desempenho em termos desta variável.

Se tratando do Tempo de resposta foi possível observar que havia diferença entre as etapas. Assim, pode-se dizer que os participantes levaram em média 7,35s a menos para fornecer uma resposta na etapa de eliminação. Este estudo apontou ainda que os gráficos de barras apresentaram menores tempos de resposta.

No caso da acuracidade uma diferença significativa entre as etapas foi detectada, sendo que a eliminação apresentou um menor tempo até fornecer uma resposta certa. Assim, pode-se concluir que em termos de acuracidade a etapa de eliminação apresentou melhor desempenho.

Abordando as variáveis neurológicas, a análise dos valores de theta em F3 demonstra que as tabelas apresentaram menor grau de complexidade pois, obtiveram valores mais baixos de theta no canal frontal F3.

Ao analisar o Pope Index foi possível concluir que os participantes se mostraram mais engajados ao executar a primeira etapa do experimento (seleção). Deste modo, pode-se afirmar que na segunda etapa do experimento os participantes estavam menos engajados. Isto pode sugerir que a etapa de eliminação pode ter sido prejudicada por ser a etapa final do estudo. Complementarmente, a análise apontou que os gráficos de barras apresentaram maior engajamento quando comparados com as tabelas.

No que diz respeito ao diagrama Alpha-Theta, as visualizações que apresentaram uma maior quantidade de envolvimento estavam associadas a baixos valores de *Hit Rate* e bom desempenho em termos de tempo de resposta e acuracidade. Adicionalmente visualizações que apresentaram uma maior quantidade de estados de diligência obtiveram bons desempenho em termos de HR, tempo de resposta e acuracidade.

O estudo da variável fisiológica de diâmetro da pupila normalizado apontou que a etapa de seleção, assim como os gráficos de barras apresentaram uma maior quantidade de estados de excitação intermediários e conseqüentemente desempenhos ideais.

Então fazendo uma síntese de todos os resultados obtidos a etapa de eliminação apresentou melhor desempenho em termos das variáveis de desempenho. Porém, seleção se

apresentou melhor em no que diz respeito as variáveis neurológicas e fisiológicas. Este resultado sugere que, a seleção pode ter sido favorecida por estar no início do experimento, levando em consideração que ao iniciar os participantes se encontram mais motivados e descansados. Conforme o tempo de tarefa vai se passando, os participantes podem apresentar sinais de fadiga e perda da motivação. Vale destacar, que o analista deve estar atento a predileção do decisor, para entender se para ele é mais interessante realizar o processo de seleção ou de eliminação.

Quanto aos pesos, em maior parte das análises os pesos iguais apresentaram melhor desempenho. Porém, é preciso destacar que mesmo que os pesos iguais apresentem melhores resultados no estudo de neurociência, não seria correto sugerir utilizar apenas este tipo de configuração, visto que, de acordo com Almeida *et al.* (2016) a partir da primeira resposta fornecida na elicitación pode-se identificar se a distribuição dos pesos vai ser destacadamente diferente (*Skewed*) ou aproximadamente igual. Deste modo, o analista deve considerar e aconselhar diferentemente o decisor, sobre a análise das visualizações, em função da forma como os pesos estão distribuídos. Assim, o analista deve ficar mais atento quando o decisor estiver analisando situações em que os pesos são diferentes pois, foi observada maiores possibilidades de erro para este caso.

Se tratando do tipo de visualização, gráficos de barras *versus* tabelas, foi observado que os gráficos apresentaram melhor desempenho em maior parte das análises realizadas. Porém, é o analista deve estar ciente da predileção do decisor para que seja sugerido a utilizada da visualização na qual ele se sinta mais confortável para examinar, para não dificultar a análise ou desmotivar o decisor. Em outras palavras, mesmo os gráficos de barras apresentando melhores desempenhos, podem ocorrer situações em que decisor não se sinta confortável para utilizar gráficos e tenha mais habilidade com tabelas então, não seria indicado utilizar um gráfico nesta situação.

Por fim, a conexão entre o estudo comportamental e o processo decisório fica evidente quando se aplica esses resultados para efetuar a modulação no processo decisório ou em algum método/ferramenta. Para isso, além de gerar sugestões para melhoria do SAD os resultados deste trabalho foram utilizados como *insights* para aplicação apresentada no capítulo 5.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar dos resultados obtidos, este trabalho apresenta algumas limitações o que pode gerar novas oportunidades de estudos a fim de ampliar o conhecimento acerca de aspectos

comportamentais dentro do processo decisório para problemas MCDM/A, em especial quando se trata do método FITradeoff.

A principal limitação relacionada ao trabalho diz respeito a uma limitação do equipamento, mais precisamente a uma restrição do modelo de *Eye-tracking* utilizado. Que não é capaz de captar os movimentos de piscadas, o que impossibilita a análise de métricas como: porcentagem de fechamento ocular, contagem de piscadas, frequência do piscar e duração média do piscar. Tais métricas podem gerar insights relevantes pois, há estudos na literatura que as utilizaram para avaliar os níveis de fadiga dos participantes.

Como sugestão para trabalhos futuros, é indicado incluir nas instruções para os participantes que o consumo de álcool seja evitado em até 24 horas antes da realização do experimento. Também seria interessante incluir um teste para detecção de daltonismo, pois esta condição poderia afetar o desempenho do participante neste estudo.

Uma segunda sugestão seria incluir ao desenho do experimento a aplicação de um questionário chamado de *Identity-Consequence Fatigue Scale (ICFS)* que tem o objetivo de avaliar a fadiga. O ideal seria aplicar este questionário antes e depois do experimento, para que fosse possível mapear a percepção do participante. Este questionário foi utilizado pelos autores Paddison *et al.* (2006) e Paddison *et al.* (2009).

Utilizar os dados do EEG para fazer uma análise do nível de excitação utilizando o índice citado por McMahan *et al.* (2015) e posteriormente analisar os resultados obtidos fazendo uso da lei clássica de Yerks-Dodson (YERKES E DODSON, 1908).

Ainda como sugestões para futuros estudos, pode-se efetuar uma investigação das áreas de interesse, as quais são áreas desenhadas em cada uma das visualizações, usando o *software* do *Eye-tracking*, que permitem investigar fixações e visitas realizadas dentro de cada uma delas. Esta análise também pode ser associada a mapas de calor, que são úteis para indicar como os participantes interagem com a tela apresentada, o que chama mais a atenção deles, entre outras questões.

Também é interessante avaliar a tela do SAD que é apresentada ao participante no momento da avaliação holística para aplicar medidas de distração visual, assim como foi feito por Herlambang *et al.* (2019), com o intuito de entender que aspectos do layout do SAD podem causar distração no usuário.

Por fim, outras ferramentas podem ser incluídas para obtenção de outras variáveis, por exemplo, um eletrocardiograma (ECG) que é capaz de medir a frequência cardíaca, e pode ser utilizado para avaliação do estresse.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, Russell K.; DROR, Moshe. An interactive graphic presentation for multiobjective linear programming. **Applied mathematics and computation**, v. 123, n. 2, p. 229-248, 2001.
- ANNERER-WALCHER, Sonja et al. How Reliably Do Eye Parameters Indicate Internal Versus External Attentional Focus?. **Cognitive Science**, v. 45, n. 4, p. e12977, 2021..
- ANNERER-WALCHER, S., CEH, S., PUTZE, F., KAMPEN, M., KÖRNER, C., & BENEDEK, M. How reliably do eye parameters indicate internal vs. external attentional focus?, 2020. **PsyArXiv**, 2020.
- APPEL, Tobias et al. Cross-subject workload classification using pupil-related measures. In: **Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications**. 2018. p. 1-8.
- ARIELY, Dan; BERNS, Gregory S. Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business. **Nature reviews neuroscience**, v. 11, n. 4, p. 284-292, 2010..
- BARBOSA, Aline Amaral Leal; DE MOURA, Jadielson Alves; DE MEDEIROS, Denise Dumke. Positioning of design elements on the packaging of frozen convenience food and consumers' levels of attention: An experiment using pizza boxes. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104044, 2021.
- BARRETO, Armando; ZHAI, Jing; ADJOUADI, Malek. Non-intrusive physiological monitoring for automated stress detection in human-computer interaction. In: **International Workshop on Human-Computer Interaction**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. p. 29-38.
- BIERCEWICZ, Konrad; BORAWSKI, Mariusz; DUDA, Jarosław. Method for Selecting an Engagement Index for a Specific Type of Game Using Cognitive Neuroscience. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2020, 2020.
- BISWAS, Ranjit. An application of fuzzy sets in students' evaluation. **Fuzzy sets and systems**, v. 74, n. 2, p. 187-194, 1995.
- BOKSEM, Maarten AS; TOPS, Mattie. Mental fatigue: costs and benefits. **Brain research reviews**, v. 59, n. 1, p. 125-139, 2008.
- BRABOSZCZ, Claire; DELORME, Arnaud. Lost in thoughts: neural markers of low alertness during mind wandering. **Neuroimage**, v. 54, n. 4, p. 3040-3047, 2011.
- BRADLEY, Margaret M. et al. The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. **Psychophysiology**, v. 45, n. 4, p. 602-607, 2008.
- BURKE, Sarah E. et al. Task-based cognitive fatigability for older adults and validation of mental fatigability subscore of Pittsburgh Fatigability Scale. **Frontiers in aging neuroscience**, p. 327, 2018.

BURKE, Sarah E. et al. Task-based cognitive fatigability for older adults and validation of mental fatigability subscore of Pittsburgh Fatigability Scale. **Frontiers in aging neuroscience**, p. 327, 2018.

CALVERT, Jenifer. USE OF POPE ENGAGEMENT INDEX TO MEASURE COGNITIVE LOAD OF PHYSICAL MODELING ACTIVITIES IN ORGANIC CHEMISTRY. 2019.

CALVERT, J. Use of Pope Engagement Index to measure cognitive load of physical modeling activities in organic chemistry. **Master of Science in Chemical Sciences Theses**, Kennesaw State University, 2019.

CAMILO, Deyse Gillyane Gomes et al. Multi-criteria analysis in the health area: selection of the most appropriate triage system for the emergency care units in natal. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 20, n. 1, p. 1-16, 2020.

CAMPOS, Ana Carolina Scanavachi Moreira; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Modelos de decisão multicritério para problemas de classificação relativos a BPM (Business Process Management). 2013.

CHRISTER, A. H.; WALLER, W. M. Delay time models of industrial inspection maintenance problems. **Journal of the Operational Research Society**, v. 35, n. 5, p. 401-406, 1984.

COOPER, Patrick S. et al. Frontoparietal theta oscillations during proactive control are associated with goal-updating and reduced behavioral variability. **Biological psychology**, v. 129, p. 253-264, 2017.

DA SILVA, Anderson Lucas Carneiro de Lima et al. Exploring cognitive aspects of FITradeoff method using neuroscience tools. **Annals of Operations Research**, p. 1-23, 2021.

DAVIDSON, Richard J. et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology: I. **Journal of personality and social psychology**, v. 58, n. 2, p. 330, 1990.

DAVID, Gordon B.; OLSON, Margrethe H. Management information systems. **Mitchell Me Graw-Hill: Watsoville**, 1992.

DE ALMEIDA, Adiel Teixeira; ROSELLI, Lucia Reis Peixoto. Visualization for decision support in FITradeoff method: exploring its evaluation with cognitive neuroscience. In: **International Conference on Decision Support System Technology**. Springer, Cham, 2017. p. 61-73.

DE ALMEIDA, Adiel Teixeira; MORAIS, Danielle Costa. **Decisão em grupo e negociação: métodos e aplicações**. INTERCIÊNCIA, 2021.

DE ALMEIDA, A.T., CAVALCANTE, C.A.V., ALENCAR, M.H., FERREIRA, R.J.P., DE ALMEIDA-FILHO, A.T., GARCEZ T.V. Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. International Series in Operations Research & Management Science. Vol 231. New York: *Springer*, 416p, 2015.

DE ALMEIDA, A.T; CAVALCANTE, C; ALENCAR, M; FERREIRA, R; de ALMEIDA-FILHO A.T; GARCEZ. T. Multicriteria and Multi-objective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*. 231. New York: *Springer*, 2015.

DE LACERDA, Naylil Liria Baladin; DOS SANTOS-NETO, João Batista Sarmento; MARTINS, Carolina Lino. MCDM Model for Natural Gas Pressure Reducing Station Site Selection. *International Journal of Decision Support System Technology (IJDSST)*, v. 13, n. 1, p. 67-84, 2021.

DE LOOF, Esther et al. Preparing for hard times: scalp and intracranial physiological signatures of proactive cognitive control. *Psychophysiology*, v. 56, n. 10, p. e13417, 2019.

DELL'OVO, M., FREJ, E. A., OPPIO, A., CAPOLONGO, S., MORAIS, D. C., & DE ALMEIDA, A. T. Multicriteria decision making for healthcare facilities location with visualization based on FITradeoff method. In *International conference on decision support system technology* (pp. 32-44). *Springer*, Cham, 2017.

DE MACEDO, Perseu Padre; DE MIRANDA MOTA, Caroline Maria; SOLA, Antonio Vanderley Herrero. Meeting the Brazilian Energy Efficiency Law: A flexible and interactive multicriteria proposal to replace non-efficient motors. *Sustainable cities and society*, v. 41, p. 822-832, 2018.

DE MORAIS CORREIA, Lucas Miguel Alencar et al. A multicriteria decision model to rank workstations in a footwear industry based on a FITradeoff-ranking method for ergonomics interventions. *Operational Research*, p. 1-37, 2021.

DEMAZURE, Théophile et al. Sustained attention in a monitoring task: Towards a neuroadaptive enterprise system interface. In: *Information Systems and Neuroscience*. Springer, Cham, 2019. p. 125-132.

DIMOKA, Angelika et al. On the use of neurophysiological tools in IS research: Developing a research agenda for NeuroIS. *MIS quarterly*, p. 679-702, 2012.

Delorme A & Makeig S (2004) EEGLAB: an open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics, *Journal of Neuroscience Methods* 134:9-21.

DONG, Li et al. Neuroscience information toolbox: An open source toolbox for EEG-fMRI multimodal fusion analysis. *Frontiers in Neuroinformatics*, v. 12, p. 56, 2018.

E SILVA, Lucio Camara et al. 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, 2019. p. 1530-1534.

FABIANI, M., GRATTON, G., FEDERMEIER, K. D. Event-related brain potentials: Methods, theory, and applications. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology*. 3rd ed., p. 85-119) Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

FOSSILE, Dayla Karolina et al. Selecting the most viable renewable energy source for Brazilian ports using the FITradeoff method. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121107, 2020.

FRAZÃO, Talita DC et al. Priority setting in the Brazilian emergency medical service: a multi-criteria decision analysis (MCDA). **BMC medical informatics and decision making**, v. 21, n. 1, p. 1-16, 2021.

FREJ, E. A., ROSELLI, L. R. P., ARAÚJO DE ALMEIDA, J., & DE ALMEIDA, A. T. A multicriteria decision model for supplier selection in a food industry based on FITradeoff method. **Mathematical Problems in Engineering**, 2017.

FREJ, E. A., DE ALMEIDA, A. T., ROSELLI, L. R. P. Solving multicriteria group decision-making (MCGDM) problems based on ranking with partial information. In: **International Conference on Group Decision and Negotiation**. Springer, Cham, p. 3-16, 2019.

GHASEMI, Asghar; ZAHEDIASL, Saleh. Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. **International journal of endocrinology and metabolism**, v. 10, n. 2, p. 486, 2012.

GLIMCHER, Paul W.; RUSTICHINI, Aldo. Neuroeconomics: the consilience of brain and decision. **Science**, v. 306, n. 5695, p. 447-452, 2004.

GONÇALVES, Juliana Maria Silva; DAHER, Suzana de França Dantas; MORAIS, Danielle Costa. Analysis of GAIA-PROMETHEE visualization using a psychophysiological tool. In: **2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)**. IEEE, 2019. p. 1524-1529.

GOUCHER-LAMBERT, Kosa; MOSS, Jarrod; CAGAN, Jonathan. Inside the mind: using neuroimaging to understand moral product preference judgments involving sustainability. **Journal of Mechanical Design**, v. 139, n. 4, 2017.

GRAYOT, James D. Dual process theories in behavioral economics and neuroeconomics: a critical review. **Review of Philosophy and Psychology**, v. 11, n. 1, p. 105-136, 2020.

HERLAMBANG, Mega B.; TAATGEN, Niels A.; CNOSSEN, Fokie. The role of motivation as a factor in mental fatigue. **Human factors**, v. 61, n. 7, p. 1171-1185, 2019.

HOLM, Anu et al. Estimating brain load from the EEG. **TheScientificWorldJOURNAL**, v. 9, p. 639-651, 2009.

HOPSTAKEN, Jesper F. et al. The window of my eyes: Task disengagement and mental fatigue covary with pupil dynamics. **Biological psychology**, v. 110, p. 100-106, 2015.

HOPSTAKEN, J. F., VAN DER LINDEN, D., BAKKER, A. B., & KOMPIER, M. A. J. The window of my eyes: Task disengagement and mental fatigue covary with pupil dynamics. **Biological Psychology**, 110, 100– 106, 2015b.

HOPSTAKEN, Jesper F. et al. Shifts in attention during mental fatigue: Evidence from subjective, behavioral, physiological, and eye-tracking data. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 42, n. 6, p. 878, 2016.

JASPER, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation.

Electroencephalography & Clinical Neurophysiology, 10, 371-375, 1958.

JEPMA, M., NIEUWENHUIS, S. Pupil Diameter Predicts Changes in the Exploration–Exploitation Trade-off: Evidence for the Adaptive Gain Theory. *J Cogn Neurosci*; 23 (7): 1587–1596, 2011.

JEPMA, Marieke; NIEUWENHUIS, Sander. Pupil diameter predicts changes in the exploration–exploitation trade-off: Evidence for the adaptive gain theory. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 23, n. 7, p. 1587-1596, 2011.

KAMZANOVA, A. T. et al. EEG indices to time-on-task effects and to a workload manipulation (cueing). **International Journal of Psychological and Behavioral Sciences**, v. 5, n. 8, p. 928-931, 2011.

KANG, Min Jeong et al. Hypothetical and real choice differentially activate common valuation areas. **Journal of neuroscience**, v. 31, n. 2, p. 461-468, 2011.

KANG, Takanni Hannaka Abreu; JÚNIOR, Antônio Marques da Costa Soares; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method. **Energy**, v. 165, p. 10-20, 2018.

KEENEY, R.L., RAIFFA, H. Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs. New York: Wiley, 1976.

KHUSHABA, Rami N. et al. Choice modeling and the brain: A study on the Electroencephalogram (EEG) of preferences. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 16, p. 12378-12388, 2012.

KHUSHABA, Rami N. et al. 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, Wolfgang; SCHACK, Bärbel; SAUSENG, Paul. The functional significance of theta and upper alpha oscillations. **Experimental psychology**, v. 52, n. 2, p. 99-108, 2005.

KLIMESCH, Wolfgang. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. **Trends in cognitive sciences**, v. 16, n. 12, p. 606-617, 2012.

KREJTZ, Krzysztof et al. Pupillary and microsaccadic responses to cognitive effort and emotional arousal during complex decision making. **Journal of eye movement research**, v. 13, n. 5, 2020.

KURZBAN, Robert et al. An opportunity cost model of subjective effort and task performance. **Behavioral and brain sciences**, v. 36, n. 6, p. 661-679, 2013.

LAENG, Bruno; SIROIS, Sylvain; GREDEBÄCK, Gustaf. Pupillometry: A window to the preconscious?. **Perspectives on psychological science**, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2012.

LAUFS, H., HOLT, J. L., ELFONT, R., KRAMS, M., PAUL, J. S., KRAKOW, K., KLEINSCHMIDT, A. Where the BOLD signal goes when alpha EEG leaves. *Neuroimage*, 31(4), 1408-1418, 2006.

LIN, Meng-Hsien Jenny et al. Applying EEG in consumer neuroscience. **European Journal of Marketing**, v. 52, n. 1/2, p. 66-91, 2018.

MACDONALD, James Stuart Peter; MATHAN, Santosh; YEUNG, Nick. Trial-by-trial variations in subjective attentional state are reflected in ongoing prestimulus EEG alpha oscillations. **Frontiers in psychology**, v. 2, p. 82, 2011.

MANUELE DOS SANTOS, Inêz et al. A supplier selection model for a wholesaler and retailer company based on FITradeoff multicriteria method. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2020, 2020.

MARANDI, Ramtin Zargari et al. Reliability of oculometrics during a mentally demanding task in young and old adults. **Ieee Access**, v. 6, p. 17500-17517, 2018.

ZARGARI MARANDI, Ramtin et al. An oculometrics-based biofeedback system to impede fatigue development during computer work: A proof-of-concept study. **PLoS One**, v. 14, n. 5, p. e0213704, 2019.

MARTINS, Mateus A. et al. Multicriteria Model Based on FITradeoff Method for Prioritizing Sections of Brazilian Roads by Criticality. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2020, 2020.

MASSAR, Stijn AA et al. Rewards boost sustained attention through higher effort: A value-based decision making approach. **Biological Psychology**, v. 120, p. 21-27, 2016. MATHÔT, S.,

MATHÔT, Sebastiaan et al. The pupillary light response reflects exogenous attention and inhibition of return. **Journal of vision**, v. 14, n. 14, p. 7-7, 2014.

MATHÔT, Sebastiaan et al. Safe and sensible preprocessing and baseline correction of pupil-size data. **Behavior research methods**, v. 50, n. 1, p. 94-106, 2018.

MCGARRIGLE, Ronan et al. Pupillometry reveals changes in physiological arousal during a sustained listening task. **Psychophysiology**, v. 54, n. 2, p. 193-203, 2017.

MCGARRIGLE, Ronan et al. Measuring listening-related effort and fatigue in school-aged children using pupillometry. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 161, p. 95-112, 2017.

MCMAHAN, Timothy; PARBERRY, Ian; PARSONS, Thomas D. Evaluating player task engagement and arousal using electroencephalography. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 2303-2310, 2015.

MCMAHAN, Timothy; PARBERRY, Ian; PARSONS, Thomas D. Evaluating player task engagement and arousal using electroencephalography. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 2303-2310, 2015.

MEIJMAN, Theo F. Mental fatigue and the efficiency of information processing in relation to work times. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 20, n. 1, p. 31-38, 1997.

MIETTINEN, Kaisa. Survey of methods to visualize alternatives in multiple criteria decision making problems. **OR spectrum**, v. 36, n. 1, p. 3-37, 2014.

MORIN, Christophe. Neuromarketing: the new science of consumer behavior. **Society**, v. 48, n. 2, p. 131-135, 2011.

NERMEND, Kesra. The implementation of cognitive neuroscience techniques for fatigue evaluation in participants of the decision-making process. In: **Neuroeconomic and Behavioral Aspects of Decision Making**. Springer, Cham, 2017. p. 329-339.

ORSI, Rafael Nobre; FABBRO, Davi Araujo Dal; THOMAZ, Carlos Eduardo. Eye-Tracking Data Analysis During Cognitive Task. In: **Latin American Workshop on Computational Neuroscience**. Springer, Cham, 2019. p. 200-219.

PADDISON, Johanna S. et al. Fatigue after colorectal surgery and its relationship to patient expectations. **Journal of Surgical Research**, v. 151, n. 1, p. 145-152, 2009.

PADDISON, Johanna S. et al. Comprehensive assessment of peri-operative fatigue: development of the Identity-Consequence Fatigue Scale. **Journal of psychosomatic research**, v. 60, n. 6, p. 615-622, 2006.

PARTALA, Timo; SURAKKA, Veikko. Pupil size variation as an indication of affective processing. **International journal of human-computer studies**, v. 59, n. 1-2, p. 185-198, 2003.

PERGHER, Isaac et al. Integrating simulation and FITradeoff method for scheduling rules selection in job-shop production systems. **International Journal of Production Economics**, v. 227, p. 107669, 2020.

PESSÔA, Leonardo Antonio Monteiro; FERREIRA, Rodrigo José Pires; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. Análise de Escolha de Armamento Naval com base no Método Multicritério FITradeoff. **Anais do XLVIII SBPO–Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. p, 2016.

PESSOA, M. E. B. T., ROSELLI, L. R. P., DE ALMEIDA, A. T. A Neuroscience Experiment to investigate the Selection decision process versus the Elimination decision process in the FITradeoff Method. EWG-DSS 7th International Conference on Decision Support System Technology. Loughborough, United Kingdom, 2021a.

PESSOA, M. E. B. T., ROSELLI, L. R. P., DE ALMEIDA, A. T. Applying the FITradeoff method to support the compliance program in a brazilian organization. INFORMS 2021 Annual Meeting, Anaheim, CA, 2021b.

PESSOA, M. E. B. T., ROSELLI, L. R. P., DE ALMEIDA, A. T. Using the FITradeoff Method to support a Compliance Program in a Brazilian Organization. EWG-DSS 7th International Conference on Decision Support System Technology. Loughborough, United Kingdom, 2021c.

PIRES, W; ORSI, R. N.; THOMAZ, C. E. Influence of Emotional Stimuli on Human Pupillary Behavior. II Latin American Workshop on Computational Neuroscience. São João del-Rei. September, 18-20, 2019.

PIZZAGALLI, D. A. Electroencephalography and high-density electrophysiological source localization. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (p. 56–84). Cambridge University Press, 2007.

POLETO, Thiago et al. Integrating value-focused thinking and FITradeoff to support information technology outsourcing decisions. **Management Decision**, 2020.

POPE, Alan T.; BOGART, Edward H.; BARTOLOME, Debbie S. Biocybernetic system evaluates indices of operator engagement in automated task. **Biological psychology**, v. 40, n. 1-2, p. 187-195, 1995.

RAMSØY, Thomas Z. et al. Frontal brain asymmetry and willingness to pay. **Frontiers in neuroscience**, v. 12, p. 138, 2018.

RAY, William J.; COLE, Harry W. EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. **Science**, v. 228, n. 4700, p. 750-752, 1985.

RAZALI, Nornadiah Mohd et al. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. **Journal of statistical modeling and analytics**, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2011.

REUTER, M., MONTAG, C. *Neuroeconomics*. Springer Berlin Heidelberg, 2016.

RODRIGUES, A. J. S., CAVALCANTE, C. A. V., ALBERTI, A. R. Seleção de fornecedores para serviços de inspeções com base em múltiplos critérios e no modelo Delay Time. In: anais do LII simpósio brasileiro de pesquisa operacional, 2020, João Pessoa, Galoá, 2020.

ROSELLI, Lucia Reis Peixoto; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. The use of the success-based decision rule to support the holistic evaluation process in FITradeoff. **International Transactions in Operational Research**, 2021.

ROSELLI, Lucia Reis Peixoto; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira; FREJ, Eduarda Asfora. Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. **Operational Research**, v. 19, n. 4, p. 933-953, 2019.

ROUX, Frédéric; UHLHAAS, Peter J. Working memory and neural oscillations: alpha–gamma versus theta–gamma codes for distinct WM information?. **Trends in cognitive sciences**, v. 18, n. 1, p. 16-25, 2014.

RUSHWORTH, Matthew FS; WALTON, Mark E. Neuroeconomics: decision making and the brain. **Neuron**, v. 63, n. 2, p. 150-153, 2009.

SAIFUDINOVA, M. et al. Effect of coffee on EEG spectral asymmetry. In: **World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, 2015, Toronto, Canada**. Springer, Cham, 2015. p. 1030-1033.

SHUKLA, Shekhar; MOHANTY, B. K.; KUMAR, Ashwani. A fuzzy approach to prioritise DEA ranked association rules. **International Journal of Business Intelligence and Data Mining**, v. 14, n. 1-2, p. 155-176, 2019.

SMITH, Ezra E. et al. Assessing and conceptualizing frontal EEG asymmetry: An updated primer on recording, processing, analyzing, and interpreting frontal alpha asymmetry. **International Journal of Psychophysiology**, v. 111, p. 98-114, 2017..

TOPS, Mattie; BOKSEM, Maarten AS. Absorbed in the task: Personality measures predict engagement during task performance as tracked by error negativity and asymmetrical frontal activity. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, v. 10, n. 4, p. 441-453, 2010.

VAN DER LINDEN, D. The urge to stop: The cognitive and biological nature of acute mental fatigue. In Ackerman, P. L. (Ed.), **Cognitive fatigue: Multidisciplinary perspectives on current research and future applications** (pp. 149–164). Washington, DC: **American Psychological Association**, 2011.

VENKATRAMAN, Vinod et al. Separate neural mechanisms underlie choices and strategic preferences in risky decision making. **Neuron**, v. 62, n. 4, p. 593-602, 2009.

WAGENMAKERS, Eric-Jan; VAN DER MAAS, Han LJ; GRASMAN, Raoul PPP. An EZ-diffusion model for response time and accuracy. **Psychonomic bulletin & review**, v. 14, n. 1, p. 3-22, 2007.

WASCHER, Edmund et al. Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. **Biological psychology**, v. 96, p. 57-65, 2014.

WICKENS, Thomas D. **Elementary signal detection theory**. Oxford university press, 2001.

WU, C., CHA, J., SULEK, J., SUNDARAM, C. P., WACHS, J., PROCTOR, R. W., YU, D. Sensor-based indicators of performance changes between sessions during robotic surgery training. **Applied Ergonomics**, v. 90, p. 103251, Elsevier BV, 2021.

ZHAI, Jing; BARRETO, Armando. Stress Recognition Using Non-invasive Technology. In: **FLAIRS conference**. 2006. p. 395-401.

ZHAO, Yukun et al. Does elicitation method matter? Behavioral and neuroimaging evidence from capacity allocation game. **Production and Operations Management**, v. 25, n. 5, p. 919-934, 2016.

APÊNDICE A - TEMPO DE RESPOSTA

VISUALIZAÇÃO	USUARIO1	USUARIO2	USUARIO3	USUARIO4	USUARIO5	USUARIO6	USUARIO7	USUARIO8	USUARIO9	USUARIO10
3A7C TD SEL	39,429	138,466	147,971	29,147	44,775	53,261	57,401	83,758	207,593	62,345
3A4C BD SEL	62,126	46,908	120,328	68,97	23,617	13,596	39,704	41,569	109,855	28,836
3A4C TS SEL	163,073	58,413	104,957	54,861	37,238	21,103	15,222	41,08	38,253	63,572
3A5C TD SEL	56,432	89,994	136,275	15,186	52,867	31,681	12,329	62,591	32,72	36,519
3A5C BS SEL	84,848	49,909	62,679	124,573	36,536	47,691	28,039	90,932	82,167	38,037
3A4C BS SEL	56,731	42,903	72,684	83,426	26,716	18,982	16,949	77,906	71,64	37,734
3A5C BD SEL	111,639	30,188	121,339	36,835	73,771	32,115	21,929	72,682	53,912	45,53
3A5C TS SEL	56,777	40,135	82,988	16,494	72,075	19,737	16,701	63,723	53,641	20,357
3A7C TS SEL	99,35	70,439	124,896	95,341	59,558	24,306	12,371	77,215	166,684	27,227
3A7C BD SEL	63,952	19,106	105,827	194,294	117,308	20,846	31,905	96,891	98,831	34,045
3A4C TD SEL	55,692	80,135	140,544	14,951	73,159	30,669	25,264	127,617	82,404	53,264
3A7C BS SEL	164,422	36,336	103,692	26,629	110,627	15,427	17,997	66,591	50,081	35,544
3A7C TD ELI	62,591	34,52	74,963	16,332	96,41	43,372	13,859	133,264	72,78	85,568
3A4C BD ELI	53,235	38,151	51,363	28,559	44,131	13,841	28,014	64,973	103,044	22,017
3A4C TS ELI	86,024	49,712	103,649	36,65	78,794	12,504	45,301	62,633	64,144	69,579
3A5C TD ELI	50,83	128,603	128,083	16,841	34,95	10,741	25,514	51,289	46,658	47,026
3A5C BS ELI	32,608	40,434	33,3	118,799	22,884	16,706	31,759	97,569	43,07	33,071
3A4C BS ELI	48,66	77,086	129,856	80,98	85,143	23,844	26,742	111,941	71,378	36,115
3A5C BD ELI	14,006	67,44	80,126	16,736	134,378	8,295	11,35	136,478	22,256	72,244
3A5C TS ELI	74,863	18,519	39,531	177,297	47,215	19,827	21,361	74,217	80,75	64,187
3A7C TS ELI	106,743	94,285	58,306	97,429	69,984	52,112	6,365	126,33	158,064	51,035
3A7C BD ELI	47,084	49,979	92,499	13,852	63,05	23,292	12,207	208,903	72,458	38,505
3A4C TD ELI	94,356	80,084	74,068	33,469	39,619	23,599	19,565	107,498	64,862	38,317
3A7C BS ELI	125,237	34,695	89,322	17,548	89,566	20,739	8,458	131,088	66,874	37,097

VISUALIZAÇÃO	USUARIO11	USUARIO12	USUARIO13	USUARIO14	USUARIO15	USUARIO16	USUARIO17	USUARIO18	USUARIO19
3A7C TD SEL	46,723	60,882	21,318	38,908	38,524	14,267	34,911	38,282	63,716
3A4C BD SEL	28,982	183,097	13,377	108,114	56,382	10,615	25,254	73,443	33,167
3A4C TS SEL	44,736	28,584	54,492	46,166	59,942	27,657	30,108	24,132	46,409
3A5C TD SEL	21,375	92,776	21,958	86,294	22,721	30,46	19,479	29,523	45,422
3A5C BS SEL	66,289	63,774	27,57	88,893	24,149	9,414	37,296	52,9	36,089
3A4C BS SEL	22,749	118,328	51,23	69,515	13,218	14,304	18,191	75,015	111,81
3A5C BD SEL	16,506	83,974	39,941	21,303	29,792	6,897	23,433	13,853	69,101
3A5C TS SEL	25,598	71,238	24,052	15,287	26,102	8,081	15,152	24,255	58,274
3A7C TS SEL	122,019	97,501	16,245	59,218	49,674	41,194	20,623	33,249	59,398
3A7C BD SEL	99,415	95,625	62,692	99,835	56,844	44,795	22,424	44,118	35,284
3A4C TD SEL	42,919	46,461	28,017	18,917	37,038	27,508	22,131	9,149	135,05
3A7C BS SEL	34,529	159,362	34,531	34,884	33,506	30,843	35,557	28,935	58,401
3A7C TD ELI	10,38	45,31	70,01	12,718	27,853	13,467	32,322	10,088	28,964
3A4C BD ELI	22,306	49,266	10,774	14,439	25,231	16,087	16,471	8,299	89,424
3A4C TS ELI	21,368	89,573	44,45	33,211	16,355	21,688	16,454	12,703	39,594
3A5C TD ELI	41,172	97,647	21,589	32,965	38,603	17,548	29,538	6,634	108,65
3A5C BS ELI	32,117	123,451	12,659	18,212	32,534	16,725	12,879	10,75	156,745
3A4C BS ELI	22,383	131,742	26,413	22,532	28,165	28,099	7,501	8,174	39,527
3A5C BD ELI	22,946	216,286	53,544	36,128	15,621	24,168	19,004	37,785	72,33
3A5C TS ELI	101,305	111,804	12,443	71,356	43,725	52,821	26,919	7,542	33,602
3A7C TS ELI	34,208	131,409	19,015	34,554	49,849	28,591	14,943	15,664	65,034
3A7C BD ELI	38,584	95,161	34,157	46,494	24,467	33,471	11,256	20,002	59,865
3A4C TD ELI	13,053	60,248	10,235	58,148	35,37	17,114	13,598	22,292	54,916
3A7C BS ELI	36,336	44,518	60,931	29,429	41,022	12,669	14,272	45,757	62,074

VISUALIZAÇÃO	USUARIO20	USUARIO21	USUARIO22	USUARIO23	USUARIO24	USUARIO25	USUARIO26	USUARIO27	USUARIO28
3A7C TD SEL	27,495	87,22	21,813	64,898	54,013	49,445	39,872	67,492	39,08
3A4C BD SEL	7,934	76,854	7,125	22,196	80,098	55,07	22,977	72,497	36,4
3A4C TS SEL	24,668	66,285	16,964	51,332	104,965	57,301	15,978	50,289	55,699
3A5C TD SEL	13,996	51,318	15,042	48,507	46,458	41,995	14,828	37,303	79,372
3A5C BS SEL	21,94	79,762	11,13	29,905	82,048	54,409	30,59	61,798	52,382
3A4C BS SEL	15,329	106,905	12,31	70,244	67,702	35,978	27,425	75,515	86,785
3A5C BD SEL	20,455	93,232	10,751	33,438	49,231	30,487	16,35	22,711	75,237
3A5C TS SEL	9,177	86,539	13,173	67,611	48,509	39,512	26,171	17,37	54,523
3A7C TS SEL	16,49	116,675	20,441	63,507	109,982	70,801	27,993	37,069	83,036
3A7C BD SEL	42,361	175,541	20,528	60,994	77,193	149,881	16,063	88,335	66,947
3A4C TD SEL	29,781	79,302	10,411	27,337	43,388	91,811	27,815	107,279	151,812
3A7C BS SEL	17,442	62,009	16,95	29,237	63,281	13,968	31,417	53,354	45,385
3A7C TD ELI	20,687	140,831	39,006	31,414	92,644	17,336	24,052	86,089	54,719
3A4C BD ELI	22,62	20,981	5,317	41,599	52,975	65,935	15,567	98,921	206,62
3A4C TS ELI	44,9	86,939	19,328	69,889	81,932	131,855	22,038	27,282	129,732
3A5C TD ELI	41,842	93,844	14,218	50,526	41,789	110,395	17,162	128,453	148,228
3A5C BS ELI	7,727	36,997	18,358	34,426	34,727	12,746	9,079	72,855	102,851
3A4C BS ELI	16,351	114,586	5,679	32,835	79,805	4,388	19,91	63,022	102,023
3A5C BD ELI	33,633	56,7	10,587	16,06	43,337	95,986	25,486	60,137	133,586
3A5C TS ELI	22,231	85,73	17,06	40,22	90,599	62,245	21,965	87,136	52,761
3A7C TS ELI	19,745	76,561	14,118	35,048	88,083	66,097	14,805	122,455	107,662
3A7C BD ELI	8,159	54,953	4,945	20,778	39,544	12,715	27,367	103,729	92,817
3A4C TD ELI	14,476	47,138	10,308	38,716	43,632	80,051	16,815	81,896	142,914
3A7C BS ELI	20,803	56,289	17,246	39,49	73,868	29,191	36,999	111,709	109,717

VISUALIZAÇÃO	USUARIO29	USUARIO30	USUARIO31	USUARIO32	USUARIO33	USUARIO34	USUARIO35	USUARIO36	USUARIO37
3A7C TD SEL	57,893	42,795	145,376	61,764	68,639	107,53	139,363	28,877	6,531
3A4C BD SEL	64,056	35,42	174,922	95,448	24,892	102,145	66,249	42,686	18,393
3A4C TS SEL	57,945	47,305	59,055	84,926	21,677	177,587	69,326	24,642	30,132
3A5C TD SEL	27,929	27,305	233,481	51,754	11,165	203,749	134,779	41,022	29,631
3A5C BS SEL	82,612	32,247	90,337	23,304	40,761	169,885	103,982	74,718	22,089
3A4C BS SEL	54,379	25,108	93,402	10,761	24,838	113,737	83,641	19,167	26,234
3A5C BD SEL	106,051	27,989	144,518	26,515	19,902	68,822	119,809	21,918	17,837
3A5C TS SEL	87,973	17,572	325,36	24,84	22,376	145,593	97,205	19,73	33,961
3A7C TS SEL	105,027	29,825	182,088	98,609	20,735	226,141	114,684	34,142	34,696
3A7C BD SEL	77,771	23,837	298,341	70,175	35,764	178,842	130,403	189,594	32,88
3A4C TD SEL	129,911	23,308	537,677	23,272	22,971	71,857	78,229	42,523	30,129
3A7C BS SEL	16,333	25,973	125,828	39,754	25,976	274,3	73,247	35,128	53,224
3A7C TD ELI	18,376	12,887	135,148	13,955	30,091	324,621	93,247	25,322	64,87
3A4C BD ELI	91,087	57,121	167,949	12,162	26,768	74,791	102,184	71,3	13,686
3A4C TS ELI	86,382	25,489	50,801	40,986	10,325	117,043	62,994	57,505	81,385
3A5C TD ELI	9,111	18,378	203,747	26,69	18,269	47,572	141,317	111,832	76,813
3A5C BS ELI	24,606	35,355	33,075	16,412	34,36	36,512	121,223	108,395	18,532
3A4C BS ELI	55,674	15,112	66,511	48,32	19,931	137,396	79,824	63,73	22,277
3A5C BD ELI	34,792	9,613	112,012	19,124	35,464	104,315	127,84	34,315	72,067
3A5C TS ELI	108,441	24,173	65,206	49,233	11,601	60,948	66,225	71,523	27,964
3A7C TS ELI	179,239	18,713	68,06	59,284	29,22	63,966	106,115	108,542	39,527
3A7C BD ELI	36,599	20,336	86,333	28,736	24,072	68,389	60,245	40,784	52,321
3A4C TD ELI	38,947	21,018	44,305	44,375	15,985	103,437	91,453	102,924	14,594
3A7C BS ELI	58,017	19,182	50,276	45,903	50,171	53,385	105,656	146,895	52,062

VISUALIZAÇÃO	USUARIO38	USUARIO39	USUARIO40	USUARIO41	USUARIO42	USUARIO43
3A7C TD SEL	47,345	82,66	156,299	102,998	48,647	90,964
3A4C BD SEL	21,897	67,633	116,554	40,465	42,483	45,308
3A4C TS SEL	30,234	76,396	66,294	55,146	69,364	53,836
3A5C TD SEL	26,358	193,329	94,944	43,054	40,275	68,297
3A5C BS SEL	33,628	139,731	112,499	35,523	58,687	52,025
3A4C BS SEL	21,874	90,246	59,833	50,604	30,673	49,528
3A5C BD SEL	33,374	127,527	57,845	20,439	38,192	41,052
3A5C TS SEL	17,454	190,886	27,994	29,419	30,689	63,229
3A7C TS SEL	20,042	116,059	97,811	37,137	43,901	63,446
3A7C BD SEL	22,022	140,411	90,282	18,454	41,198	44,526
3A4C TD SEL	18,378	113,066	25,179	17,345	39,262	52,75
3A7C BS SEL	33,279	73,224	47,425	43,442	46,539	63,948
3A7C TD ELI	21,893	48,688	27,052	29,046	120,617	29,687
3A4C BD ELI	23,634	83,434	17,685	17,736	14,298	45,398
3A4C TS ELI	25,647	85,692	65,038	15,265	81,345	51,695
3A5C TD ELI	40,011	93,767	42,338	37,352	46,308	42,597
3A5C BS ELI	16,122	35,238	83,306	39,34	27,765	48,451
3A4C BS ELI	11,612	40,738	52,555	12,281	7,951	46,864
3A5C BD ELI	31,953	85,061	21,624	39,315	13,669	53,612
3A5C TS ELI	20,757	50,107	26,208	29,28	25,218	49,863
3A7C TS ELI	20,015	82,109	68,168	31,437	53,139	72,478
3A7C BD ELI	39,73	26,154	12,294	18,897	33,87	80,443
3A4C TD ELI	16,484	47,346	11,651	27,333	14,154	57,071
3A7C BS ELI	27,9	25,587	44,804	45,492	76,827	49,645

APÊNDICE B - ACURACIDADE

3A7C TD SEL	3A4C BD SEL	3A4C TS SEL	3A5C TD SEL	3A5C BS SEL	3A4C BS SEL	3A5C BD SEL	3A5C TS SEL	3A7C TS SEL	3A7C BD SEL	3A4C TD SEL
138,466	62,126	163,073	89,994	84,848	42,903	30,188	72,075	99,35	194,294	80,135
29,147	46,908	58,413	136,275	49,909	26,716	36,835	19,737	124,896	117,308	140,544
53,261	23,617	54,861	15,186	62,679	77,906	32,115	25,598	95,341	31,905	53,264
57,401	39,704	37,238	52,867	124,573	71,64	72,682	71,238	59,558	98,831	28,017
207,593	41,569	21,103	31,681	28,039	22,749	53,912	24,052	77,215	34,045	18,917
62,345	28,836	41,08	12,329	82,167	51,23	45,53	15,287	166,684	99,415	79,302
46,723	13,377	38,253	62,591	38,037	51,23	16,506	26,102	27,227	95,625	27,337
38,908	25,254	63,572	32,72	63,774	13,218	83,974	8,081	122,019	62,692	27,815
38,282	76,854	44,736	21,375	27,57	18,191	39,941	24,255	16,245	99,835	22,971
63,716	55,07	28,584	92,776	27,57	111,81	39,941	9,177	59,218	56,844	78,229
27,495	22,977	54,492	21,958	24,149	15,329	21,303	13,173	59,398	44,795	30,129
21,813	72,497	46,166	22,721	9,414	106,905	29,792	48,509	116,675	44,118	17,345
64,898	36,4	59,942	30,46	36,089	70,244	6,897	17,37	20,441	35,284	39,262
49,445	95,448	46,409	19,479	21,94	67,702	13,853	87,973	63,507	42,361	
67,492	102,145	24,668	29,523	79,762	35,978	69,101	17,572	109,982	20,528	
42,795	45,308	66,285	45,422	29,905	75,515	20,455	325,36	70,801	60,994	
145,376		51,332	13,996	82,048	54,379	10,751	145,593	27,993	77,193	
61,764		104,965	48,507	54,409	25,108	33,438	97,205	83,036	16,063	
6,531		57,301	46,458	30,59	93,402	49,231	19,73	29,825	88,335	
		15,978	41,995	61,798	24,838	30,487	33,961	182,088	66,947	
		50,289	37,303	52,382	113,737	16,35	190,886	98,609	77,771	
		57,945	79,372	82,612	83,641	22,711	27,994	226,141	23,837	
		47,305	27,929	90,337	19,167	75,237	63,229	114,684	70,175	
		59,055	27,305	40,761	26,234	106,051		34,142	130,403	
		21,677	233,481	169,885	21,874	27,989		20,042	32,88	
		69,326	203,749	103,982	59,833	144,518		37,137	22,022	
		24,642	41,022	74,718	50,604	119,809		63,446	140,411	
		30,132	29,631	22,089	30,673	21,918			90,282	
		76,396	26,358	33,628	49,528	17,837			18,454	
		66,294	193,329	139,731		127,527				
		55,146	94,944	112,499		57,845				

		69,364	43,054	35,523		20,439				
--	--	--------	--------	--------	--	--------	--	--	--	--

3A7C BS SEL	3A7C TD ELI	3A4C BD ELI	3A4C TS ELI	3A5C TD ELI	3A5C BS ELI	3A4C BS ELI	3A5C BD ELI	3A5C TS ELI	3A7C TS ELI	3A7C BD ELI	3A4C TD ELI	3A7C BS ELI
164,422	23,578	34,52	28,559	36,65	50,83	32,608	80,98	14,006	74,863	106,743	47,084	94,356
103,692	42,787	74,963	13,841	64,144	128,603	118,799	71,378	67,44	18,519	94,285	49,979	80,084
17,997	115,882	96,41	103,044	21,368	16,841	22,884	36,115	80,126	39,531	97,429	63,05	74,068
66,591	18,729	43,372	22,306	89,573	34,95	33,071	131,742	16,736	177,297	52,112	208,903	33,469
50,081	75,14	13,859	49,266	33,211	10,741	18,212	22,532	134,378	47,215	6,365	38,505	39,619
35,544	22,819	133,264	89,424	16,355	51,289	16,725	28,165	136,478	21,361	126,33	38,584	23,599
34,531	86,846	72,78	20,981	16,454	46,658	12,879	28,099	22,256	74,217	158,064	34,157	19,565
34,884	39,679	85,568	5,317	39,594	47,026	36,997	39,527	72,244	80,75	34,208	34,157	107,498
30,843	63,186	10,38	41,599	19,328	41,172	18,358	16,351	22,946	64,187	131,409	46,494	64,862
16,95	46,194	70,01	65,935	69,889	97,647	34,426	32,835	216,286	101,305	19,015	33,471	38,317
63,281	33,988	70,01	15,567	81,932	21,589	34,727	79,805	53,544	12,443	49,849	11,256	13,053
53,354	36,461	12,718	98,921	25,489	32,965	72,855	4,388	53,544	71,356	28,591	20,002	60,248
45,385	15,244	27,853	91,087	40,986	38,603	24,606	15,112	36,128	7,542	15,664	59,865	10,235
16,333	17,373	13,467	57,121	57,505	6,634	33,075	66,511	15,621	33,602	65,034	8,159	58,148
25,973	57,497	10,088	167,949	65,038	41,842	34,36	79,824	24,168	85,73	19,745	54,953	35,37
125,828	10,932	28,964	12,162	15,265	93,844	108,395	63,73	37,785	17,06	14,118	4,945	22,292
73,247	6,048	20,687	74,791		14,218	83,306	22,277	72,33	40,22	35,048	20,778	14,476
35,128	74,938	39,006	102,184		50,526	48,451	11,612	33,633	90,599	88,083	12,715	47,138
53,224	14,702	31,414	71,3		41,789		52,555	56,7	62,245	66,097	27,367	10,308
33,279	131,038	92,644	17,685		110,395			10,587	87,136	107,662	103,729	43,632
47,425	112,431	17,336	45,398		17,162			16,06	108,441	179,239	92,817	80,051
43,442	92,44	24,052			128,453			43,337	65,206	18,713	36,599	81,896
63,948	70,77	86,089			148,228			25,486	11,601	59,284	24,072	38,947
	176,114	54,719			9,111			60,137	60,948	106,115	68,389	15,985
	49,102	18,376			18,378			133,586	71,523	108,542	60,245	103,437
	99,07	12,887			18,269			34,792	27,964	39,527	52,321	14,594
	38,842	135,148			47,572			9,613	50,107	82,109	39,73	16,484
	26,067	30,091			141,317			112,012	26,208	68,168	26,154	47,346
	112,105	324,621			111,832			35,464	25,218	31,437	18,897	27,333
	69,832	25,322			76,813			104,315			33,87	14,154
	32,36	64,87			40,011			127,84				
		21,893			93,767			34,315				
		48,688			42,338			72,067				
		27,052			37,352			31,953				
		29,046			46,308			85,061				
		120,617			42,597			21,624				

		29,687						39,315				
								13,669				

APÊNDICE C - VALORES DE THETA EM F3

3A7C TD SEL	3A4C BD SEL	3A4C TS SEL	3A5C TD SEL	3A5C BS SEL	3A4C BS SEL	3A5C BD SEL	3A5C TS SEL	3A7C TS SEL	3A7C BD SEL	3A4C TD SEL
2,547172732	0,326191243	1,48011512	0,514194195	- 1,031756796	1,948536134	0,786069316	0,991577173	0,605044204	0,522706797	0,59506594
0,257531515	- 0,345504616	- 0,008782421	0,407850156	- 0,301614013	1,145406298	0,983678115	1,10097285	1,157360286	1,135723704	0,635729563
0,547651341	0,25425525	0,521667012	0,462943738	0,537948227	0,017538552	- 0,092974073	0,032733837	- 0,100534368	- 0,130689225	0,693591949
0,341214348	0,500512073	0,57747799	0,418747388	0,363263635	-0,31707957	- 0,320913914	- 0,288907406	0,649240363	0,594687834	0,631912436
0,556591396	0,161498676	0,63308394	0,463700211	0,404222902	- 1,054473953	- 0,741648568	- 0,091751226	0,095065506	- 0,008307374	- 0,284264077
0,177316317	0,426367956	- 0,389971528	- 0,363872596	0,648904687	0,103992172	0,189946097	0,000485641	0,016154702	- 0,038952154	0,33678753
0,159155585	0,39142999	0,327317174	0,280913644	0,455331338	- 0,592885387	0,924227294	0,893856355	0,501648942	0,698637377	- 0,440459956
0,439859206	0,634481493	0,514747889	0,544692822	0,894026527	0,787770092	0,810221813	0,741848767	0,817658482	0,674325843	0,658050464
-0,062580613	0,55845314	0,1118106	0,072190886	0,301985069	- 0,258989741	- 0,240490615	- 0,385669543	- 0,385669566	-0,04369063	0,083106166
0,601990404	0,734779107	0,454946960	0,29998481	0,027592624	0,2549606	0,33836098	0,34813027	0,332350434	0,251153606	0,376825151
0,595315961	- 0,024017597	0,595967491	0,481602934	0,216551891	-0,4481589	- 0,368892634	- 0,362212635	- 0,273381697	-0,20926474	- 0,058214357
0,542070504	0,10116755	0,670554899	0,660418691	0,816579382	0,596638674	0,627221678	0,626031383	0,615135541	0,637214718	0,649658375
0,483900887	0,100926529	0,700934462	0,514777291	0,779730732	0,80242874	0,811917685	0,650121207	0,627198079	0,656250745	0,575205716
0,682601673	0,786768333	0,855317831	0,902685926	0,450682444	1,073053217	0,89105352	1,242014252	0,695978406	0,882633801	0,879894371
0,351811719	0,692714188	0,376434952	0,172000013	0,917694751	0,017699674	- 0,074970836	0,068859768	0,048056365	0,002329484	0,432209132
0,072899693	0,584511408	- 0,005578062	0,023288947	0,057386013	0,636427671	0,680470075	0,690936507	0,817669543	0,795671654	0,528512154
0,109659214	0,473986742	0,187773714	0,229079938	- 0,254411801	0,20350204	0,093025202	0,321188036	0,194647919	0,263831074	- 0,077541023
0,802199853	- 0,046078031	0,590125496	0,841895453	- 0,280285492	0,958566397	0,714125608	0,868742199	0,827569306	0,627185278	0,677210542
0,640503082	0,557188381	0,66745835	0,700735396	0,421892359	0,483750125	0,132772812	- 0,041763811	0,50033121	0,569633422	0,321895259

0,217827724	- 0,267177159	0,4111113478	0,451167207	0,298720949	0,421999388	- 0,097354729	-0,1088728	0,891910957	1,06831055	- 0,385910271
0,686465379	- 0,317606166	0,729094555	0,823687909	0,387191021	1,102583118	0,68247052	0,5456857	0,061937462	0,126241563	1,080317395
0,069243757	0,211864115	- 0,098623864	0,134080087	- 0,106303408	- 0,093949158	- 0,109382027	- 0,003313465	- 0,287847305	- 0,186960274	- 0,207032934
0,609279408	- 0,061355798	0,521887622	- 0,152841201	0,872293752	0,374005495	0,352988951	0,601777177	0,752650608	0,730710106	0,045190643
-0,347757434	0,557819057	-0,20080333	- 0,236594692	0,121933147	0,517651624	0,592022801	0,486066578	0,67010302	0,696651318	0,683885636
0,384177247	- 0,128707263	0,220451977	0,377561746	- 0,168761275	0,878334414	0,682826634	0,758022609	0,341977365	0,422034849	0,484436794
-0,258000959	0,49617059	0,384947793	0,353517973	0,306579953	0,283340882	0,259555508	0,318136853	0,139671835	0,21899815	0,430134963
0,227975672	0,20767716	0,137720655	0,400412172	0,081175076	0,430694248	0,448459541	0,352925722	0,612234009	0,569806044	0,34876523
0,034766853	0,202056025	- 1,046621341	-0,07657911	0,349382845	0,151206373	0,307820671	0,139487214	0,222135637	0,212624999	0,319954348
0,899645828	0,2692229	1,007213836	0,586717562	- 0,240247402	0,708335028	0,553511981	0,465121762	0,541897884	0,551332965	0,701677503
-0,118907071	- 0,317391881	-0,08078256	0,003100092	0,910200119	0,142080444	0,24672432	0,260821674	0,178128187	0,519694078	0,040267269
0,65374091	0,906073788	0,49316434	- 0,313685399	0,445334157	0,411339673	- 0,313160764	- 0,263056799	- 0,734457025	-0,55880862	0,849175273
0,391607586	- 0,039191878	0,344516891	0,335380121	0,209970689	0,426548579	0,307953679	0,318010743	1,176956851	1,139321759	0,540422091
0,06126124	0,170486346	0,379379869	0,374998768	0,553108554	0,619890269	0,663570152	0,725757218	1,028689607	0,917230999	0,597790513
0,322447308	0,278906269	-0,19187917	0,262675557		0,417061562	0,276182636	0,213552837	1,206987565	1,077902843	0,520686895
-0,376967541		- 0,737099043	0,291195045		- 0,399319616	- 0,468698624	0,975646463	0,19510082	0,091223888	1,550103266
1,064110743		0,994414617	- 0,788021472		0,813430449	1,053171722	1,07861078			0,725948235
0,244167131		0,347826491	0,983921706		0,864047556	0,780241251	- 0,208171358			0,690412631
0,266620615		0,241228776	0,468424884		1,157602782	0,755815363				0,08066441
0,504552352		0,488001845	0,237126737		0,001093495	0,110079866				
			0,401379171							

APÊNDICE D - VALORES AGREGADOS DE BETA PARA TODOS OS CANAIS

3A7C TD SEL	3A4C BD SEL	3A4C TS SEL	3A5C TD SEL	3A5C BS SEL	3A4C BS SEL	3A5C BD SEL	3A5C TS SEL	3A7C TS SEL	3A7C BD SEL	3A4C TD SEL	3A7C BS SEL
0,488198	0,463684	0,447727	0,451646	0,513206	0,560521	0,499475	0,475576	0,515536	0,490768	0,445009	0,43639
0,52009	0,43172	0,437219	0,441132	0,439319	0,453233	0,457249	0,412854	0,479685	0,448482	0,487634	0,471088
0,556797	0,438505	0,481941	0,445475	0,436396	0,497448	0,467162	0,502211	0,542506	0,570511	0,560206	0,541559
0,461931	0,339032	0,369287	0,387473	0,369408	0,420983	0,390767	0,382421	0,44344	0,489273	0,381633	0,386144
0,840399	0,79039	0,744795	0,805107	0,887275	0,886414	0,886169	0,861381	0,923016	0,917893	0,944592	0,906292
0,935363	0,836082	0,841365	0,82334	0,893038	0,792758	0,745805	0,735876	0,836048	0,831509	0,782313	0,762406
0,556452	0,484019	0,470653	0,476168	0,563549	0,51044	0,51141	0,554409	0,587835	0,657219	0,560568	0,535789
0,71868	0,62446	0,612246	0,628621	0,698769	0,604312	0,596913	0,528475	0,613271	0,619694	0,525201	0,513581
0,575591	0,507943	0,502911	0,55083	0,56481	0,578195	0,557041	0,551021	0,587211	0,548619	0,533175	0,517249
0,699563	0,647251	0,639575	0,579496	0,658112	0,706601	0,69146	0,63968	0,675638	0,67481	0,731499	0,743758
0,638055	0,572752	0,54934	0,474876	0,479722	0,466881	0,414841	0,398783	0,489645	0,48522	0,55028	0,529003
0,719077	0,651977	0,631947	0,577049	0,652725	0,623941	0,594768	0,568574	0,642621	0,590975	0,613824	0,605885
0,768441	0,662269	0,662023	0,681096	0,713334	0,72466	0,705491	0,670574	0,710911	0,742318	0,715408	0,66439
0,665499	0,541496	0,594215	0,543269	0,590339	0,541888	0,559337	0,55623	0,558484	0,534005	0,575737	0,580348

3A7C TD ELI	3A4C BD ELI	3A4C TS ELI	3A5C TD ELI	3A5C BS ELI	3A4C BS ELI	3A5C BD ELI	3A5C TS ELI	3A7C TS ELI	3A7C BD ELI	3A4C TD ELI	3A7C BS ELI
0,449098	0,410795	0,574631	0,524172	0,530638	0,571317	0,452254	0,519476	0,50266	0,496932	0,512874	0,46395
0,474461	0,481409	0,527277	0,511554	0,494062	0,551589	0,480476	0,563089	0,482946	0,513815	0,503289	0,502444
0,518527	0,497797	0,490477	0,502365	0,478539	0,524106	0,49308	0,58629	0,587224	0,5965	0,58699	0,569854
0,364178	0,391635	0,39651	0,413257	0,394864	0,456287	0,410736	0,418288	0,376174	0,38635	0,389177	0,37597
0,897619	0,913863	1,018634	0,937366	0,987657	0,985477	0,956547	0,991652	0,926362	0,95545	0,949627	0,915346
0,754603	0,784269	0,820411	0,755593	0,799674	0,853591	0,769758	0,769408	0,750903	0,739224	0,741718	0,723952
0,557194	0,636641	0,481066	0,451757	0,479043	0,567319	0,414887	0,518043	0,509542	0,532476	0,53072	0,508209
0,454225	0,458967	0,522164	0,482378	0,495403	0,517181	0,4526	0,541033	0,569119	0,567836	0,58662	0,573706
0,483643	0,516413	0,515919	0,528218	0,582235	0,526977	0,475654	0,631105	0,649582	0,635628	0,640255	0,619048
0,749367	0,68992	0,72596	0,717003	0,792772	0,806355	0,660252	0,794772	0,817169	0,829008	0,854761	0,84387
0,49457	0,508196	0,537066	0,515095	0,474592	0,577427	0,48232	0,476462	0,472901	0,513499	0,566652	0,549392
0,663363	0,675556	0,586949	0,557014	0,582116	0,56306	0,480486	0,587335	0,583734	0,603456	0,596145	0,564687
0,658359	0,680386	0,666485	0,637581	0,673275	0,681429	0,579752	0,716222	0,723405	0,751747	0,74191	0,736497
0,605818	0,656188	0,592012	0,535736	0,571006	0,582597	0,52924	0,629342	0,61399	0,624997	0,563947	0,540738

APÊNDICE E VALORES AGREGADOS DE ALPHA PARA TODOS OS CANAIS

3A7C TD SEL	3A4C BD SEL	3A4C TS SEL	3A5C TD SEL	3A5C BS SEL	3A4C BS SEL	3A5C BD SEL	3A5C TS SEL	3A7C TS SEL	3A7C BD SEL	3A4C TD SEL	3A7C BS SEL
0,244639	0,250953	0,244985	0,234795	0,275707	0,37992	0,351001	0,272462	0,340378	0,359609	0,236027	0,258489
0,332294	0,278438	0,320599	0,277594	0,249011	0,252417	0,260733	0,181214	0,320647	0,300646	0,318034	0,273701
0,352532	0,255555	0,330808	0,285029	0,260455	0,309163	0,286319	0,283849	0,372816	0,415061	0,43275	0,370939
0,274218	0,17985	0,231721	0,266726	0,206606	0,211823	0,22896	0,213803	0,255685	0,317598	0,219624	0,231285
0,566048	0,519562	0,504924	0,58222	0,641313	0,628637	0,631736	0,591194	0,683543	0,683706	0,734515	0,704448
0,644248	0,558598	0,594576	0,576802	0,615325	0,531501	0,534018	0,503532	0,61408	0,669259	0,596242	0,550551
0,258184	0,235215	0,230231	0,224525	0,306768	0,252639	0,26587	0,278984	0,329674	0,437988	0,337537	0,322158
0,465078	0,364651	0,451624	0,420028	0,4951	0,410403	0,410492	0,319917	0,418928	0,470491	0,28583	0,252279
0,385938	0,326068	0,33218	0,393848	0,379233	0,373712	0,397731	0,42005	0,417892	0,410585	0,379732	0,365244
0,439628	0,406644	0,441476	0,422134	0,473198	0,508411	0,501426	0,464669	0,489191	0,502752	0,571995	0,574196
0,411205	0,337998	0,360552	0,278205	0,243139	0,256541	0,219573	0,177071	0,324445	0,330538	0,357529	0,301833
0,5366	0,481107	0,503282	0,447719	0,519289	0,480037	0,456268	0,440899	0,499385	0,466442	0,459788	0,449672
0,464999	0,40771	0,462467	0,470515	0,48846	0,495693	0,476075	0,423489	0,507665	0,573249	0,487524	0,399526
0,418285	0,346647	0,422631	0,370797	0,40734	0,365753	0,425273	0,428239	0,432584	0,425807	0,390855	0,379677

3A7C TD ELI	3A4C BD ELI	3A4C TS ELI	3A5C TD ELI	3A5C BS ELI	3A4C BS ELI	3A5C BD ELI	3A5C TS ELI	3A7C TS ELI	3A7C BD ELI	3A4C TD ELI	3A7C BS ELI
0,269957	0,215553	0,339006	0,3248	0,282935	0,33975	0,284692	0,288119	0,289613	0,273257	0,286599	0,260743
0,318724	0,320099	0,324711	0,349608	0,314362	0,362495	0,29602	0,367895	0,287144	0,321549	0,344728	0,335454
0,381593	0,346571	0,298556	0,329535	0,298024	0,366162	0,321301	0,387038	0,393795	0,415048	0,410273	0,392251
0,207734	0,23482	0,184413	0,210444	0,211026	0,282419	0,229874	0,242497	0,201427	0,188619	0,206618	0,197279
0,703702	0,699279	0,753782	0,705046	0,702743	0,739882	0,706063	0,723337	0,634972	0,670177	0,717085	0,679512
0,569132	0,6159	0,569101	0,505899	0,534764	0,568244	0,53557	0,542499	0,526111	0,510907	0,525252	0,508679
0,344435	0,448989	0,226948	0,239169	0,234258	0,30632	0,198337	0,273337	0,254225	0,265446	0,304268	0,286035
0,20921	0,245634	0,268858	0,246355	0,231805	0,259807	0,223563	0,314643	0,381892	0,374134	0,384387	0,37676

0,346746	0,407833	0,410175	0,405724	0,39916	0,389825	0,370401	0,463433	0,504635	0,498324	0,483414	0,458291
0,608995	0,531318	0,525003	0,546522	0,581824	0,614069	0,493905	0,561922	0,612729	0,60436	0,663924	0,639684
0,26925	0,357861	0,368195	0,374828	0,296623	0,424465	0,342611	0,324046	0,33495	0,35313	0,421008	0,390603
0,478479	0,485323	0,399692	0,416553	0,394901	0,389506	0,325609	0,419666	0,417214	0,436371	0,425499	0,421079
0,439679	0,492133	0,434676	0,458208	0,467175	0,45767	0,373573	0,46723	0,470474	0,500804	0,523662	0,52662
0,431262	0,440485	0,398652	0,412465	0,379075	0,404198	0,368797	0,430053	0,467694	0,462097	0,387595	0,371202

APÊNDICE F - VALORES AGREGADOS DE TETHA PARA TODOS OS CANAIS

3A7C TD SEL	3A4C BD SEL	3A4C TS SEL	3A5C TD SEL	3A5C BS SEL	3A4C BS SEL	3A5C BD SEL	3A5C TS SEL	3A7C TS SEL	3A7C BD SEL	3A4C TD SEL	3A7C BS SEL
0,367517	0,302943	0,310726	0,319272	0,358707	0,46657	0,377177	0,350979	0,415367	0,424579	0,35296	0,362473
0,397232	0,343136	0,369355	0,296509	0,307933	0,353805	0,303579	0,224272	0,344916	0,317073	0,326696	0,318985
0,394439	0,265838	0,33863	0,313636	0,285346	0,399658	0,339179	0,380092	0,421131	0,442211	0,429265	0,436417
0,335154	0,225171	0,238509	0,227809	0,218358	0,313162	0,223842	0,22637	0,270549	0,364775	0,256181	0,281374
0,599685	0,554855	0,517349	0,601794	0,678952	0,666867	0,655903	0,640944	0,722069	0,709661	0,742782	0,728866
0,632732	0,587053	0,611099	0,590664	0,677328	0,583045	0,54389	0,528332	0,654644	0,670274	0,598972	0,572043
0,276574	0,249916	0,217842	0,227472	0,320205	0,330037	0,271931	0,280172	0,357304	0,504543	0,403717	0,351857
0,460193	0,392634	0,42682	0,360364	0,467402	0,425256	0,341194	0,298813	0,400274	0,466583	0,269543	0,281678
0,442759	0,335038	0,342495	0,384262	0,411422	0,413111	0,364928	0,358239	0,417701	0,43353	0,38771	0,373919
0,489018	0,398545	0,452015	0,362321	0,482957	0,55421	0,497097	0,472483	0,510526	0,48454	0,554528	0,554114
0,406882	0,334401	0,335095	0,23964	0,249397	0,239353	0,192235	0,160994	0,290489	0,304696	0,342737	0,337142
0,542438	0,450751	0,453876	0,417234	0,52283	0,493283	0,436856	0,410369	0,501641	0,450884	0,478214	0,483641
0,435323	0,3516	0,386428	0,367998	0,443667	0,504875	0,41371	0,408438	0,510472	0,542292	0,448606	0,388379
0,396932	0,325459	0,345934	0,306106	0,391459	0,358345	0,389755	0,397869	0,417628	0,414811	0,415704	0,408296

3A7C TD ELI	3A4C BD ELI	3A4C TS ELI	3A5C TD ELI	3A5C BS ELI	3A4C BS ELI	3A5C BD ELI	3A5C TS ELI	3A7C TS ELI	3A7C BD ELI	3A4C TD ELI	3A7C BS ELI
0,308962	0,321794	0,397424	0,384736	0,367602	0,428707	0,32834	0,350057	0,367551	0,394634	0,412951	0,416203
0,330588	0,386905	0,409777	0,387771	0,352955	0,44095	0,36921	0,430332	0,386661	0,468328	0,470346	0,490737
0,383226	0,418806	0,360734	0,331437	0,331689	0,389831	0,363211	0,390577	0,422794	0,446219	0,476221	0,499568
0,264706	0,252152	0,24113	0,223226	0,239896	0,275265	0,246161	0,253296	0,300391	0,315385	0,328132	0,346397
0,730605	0,785509	0,782641	0,711393	0,762763	0,746636	0,68672	0,729887	0,676086	0,753104	0,783419	0,799515
0,555889	0,639448	0,615597	0,533179	0,609345	0,650512	0,549655	0,563134	0,551609	0,53835	0,572669	0,591737
0,385929	0,500527	0,289553	0,254864	0,25016	0,368722	0,24653	0,25604	0,30191	0,303131	0,353707	0,388648
0,184496	0,267276	0,289093	0,215196	0,248868	0,267557	0,184246	0,266202	0,379359	0,435101	0,431439	0,43671
0,353889	0,413981	0,392796	0,369633	0,405777	0,354478	0,345428	0,462696	0,526606	0,552458	0,527472	0,552874
0,559585	0,587091	0,570183	0,542115	0,591515	0,614706	0,504273	0,597045	0,67254	0,695955	0,697119	0,714665
0,306379	0,341355	0,387518	0,332262	0,320938	0,408916	0,349322	0,297669	0,328911	0,366667	0,404717	0,41989
0,473356	0,519279	0,437659	0,417571	0,4352	0,404802	0,339983	0,458143	0,440658	0,481222	0,487851	0,502547
0,415545	0,482883	0,445301	0,42212	0,45654	0,428726	0,360114	0,485017	0,520161	0,532855	0,55696	0,57117
0,42816	0,502571	0,428447	0,392182	0,409849	0,42588	0,381962	0,389974	0,478698	0,485815	0,441864	0,449012

APÊNDICE G - DIAGRAMA ALPHA-THETA POR VISUALIZAÇÃO

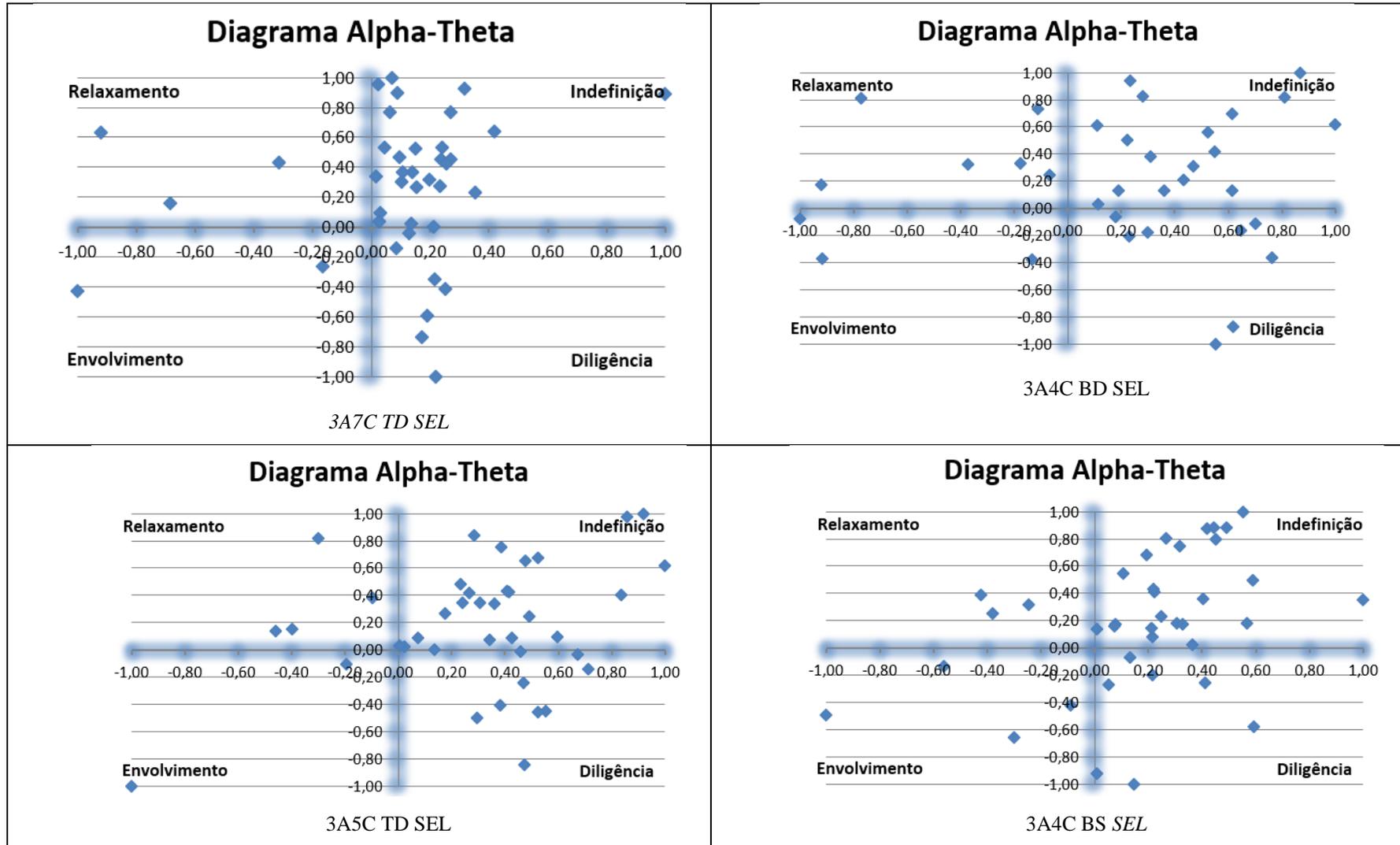
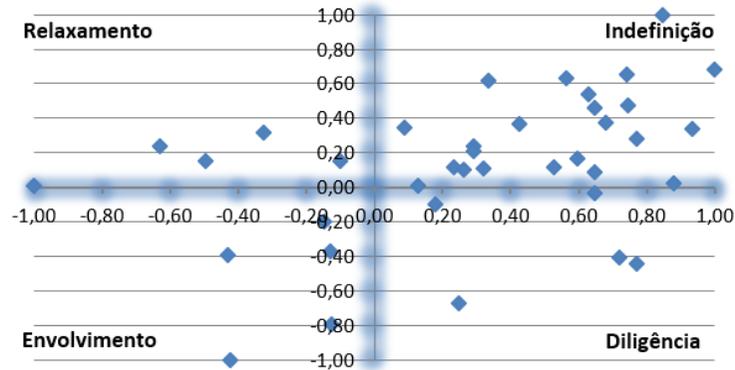
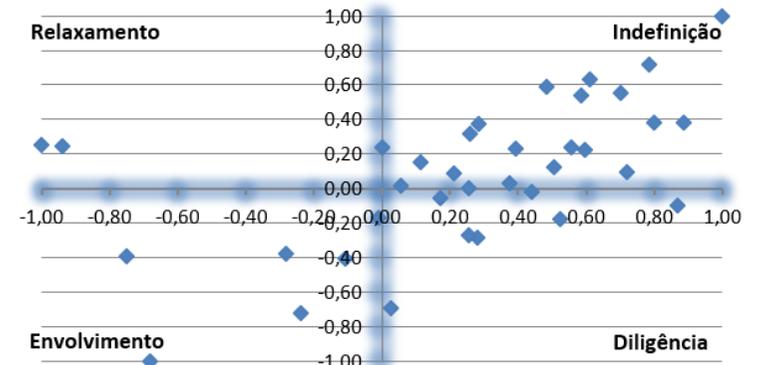


Diagrama Alpha-Theta



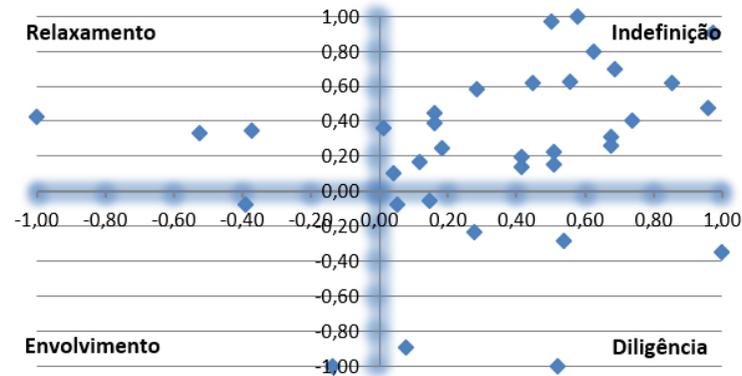
3A5C BD *SEL*

Diagrama Alpha-Theta



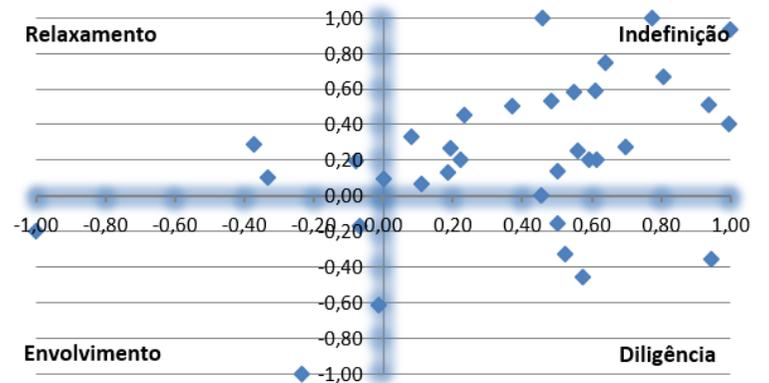
3A5C TS *SEL*

Diagrama Alpha-Theta



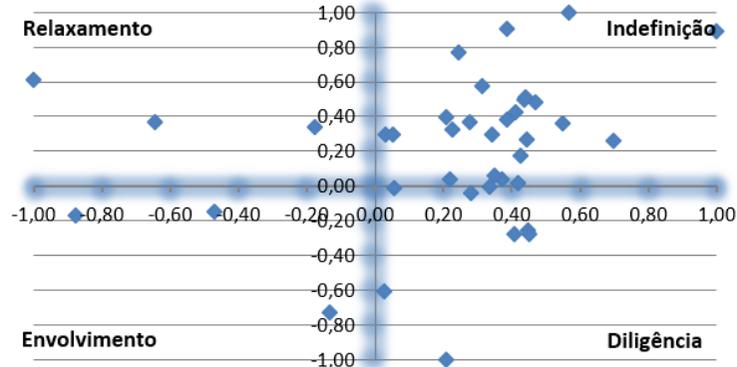
3A7C TS *SEL*

Diagrama Alpha-Theta



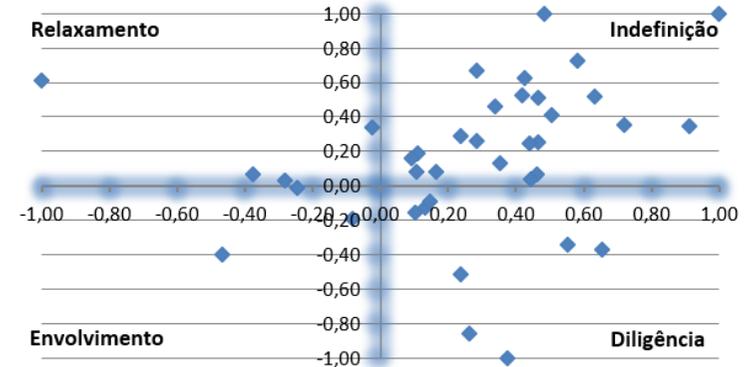
3A7C BD *SEL*

Diagrama Alpha-Theta



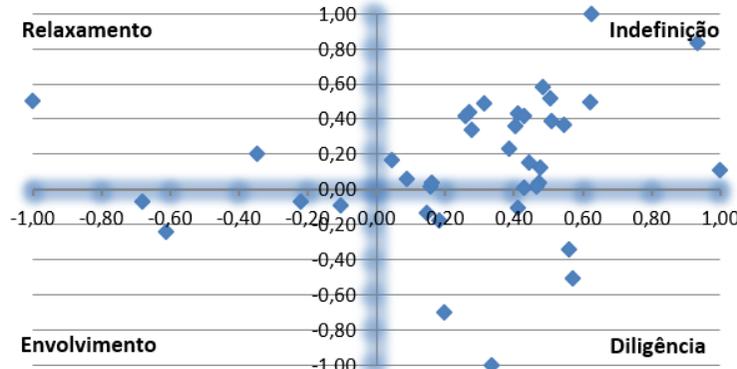
3A4C TD SEL

Diagrama Alpha-Theta



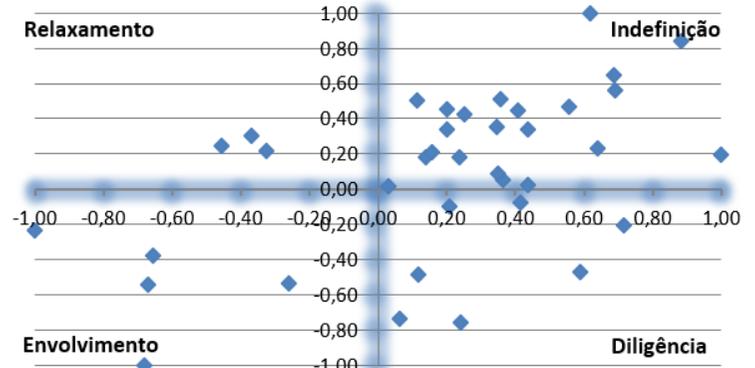
3A7C TD ELI

Diagrama Alpha-Theta



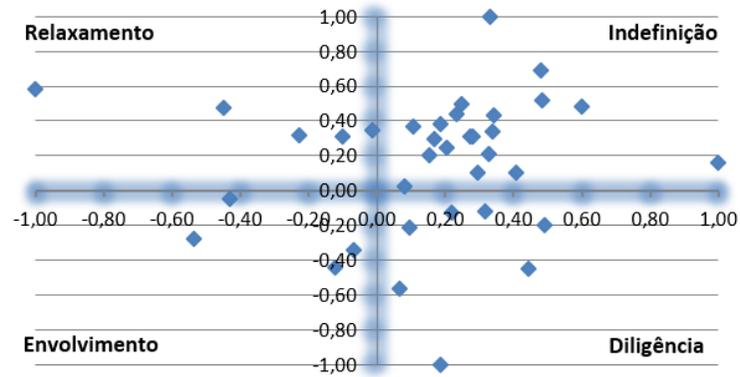
3A7C BS SEL

Diagrama Alpha-Theta



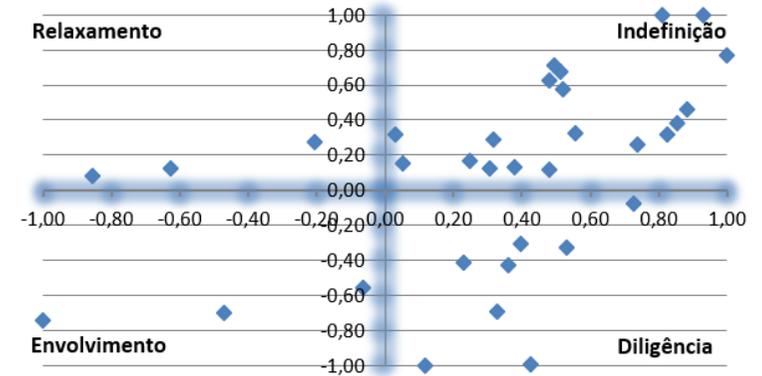
3A4C BD ELI

Diagrama Alpha-Theta



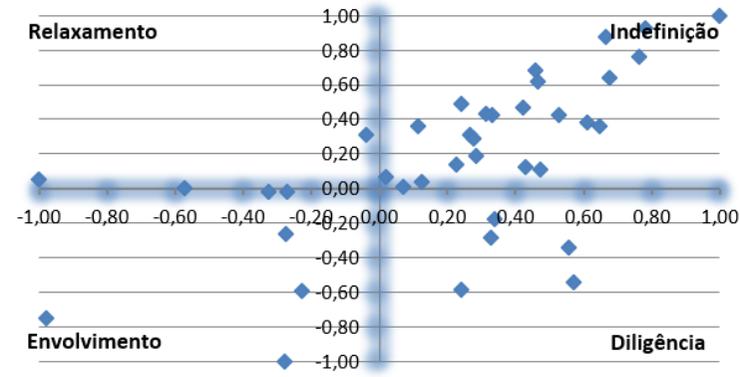
3A4C TS *ELI*

Diagrama Alpha-Theta



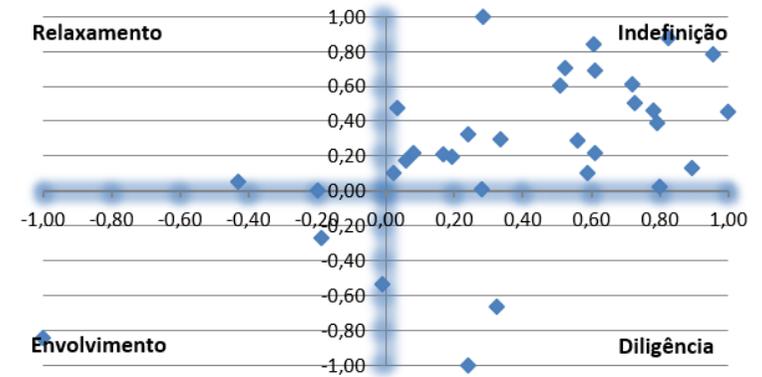
3A4C BS *ELI*

Diagrama Alpha-Theta



3A5C BS *ELI*

Diagrama Alpha-Theta



3A5C BD *ELI*

Diagrama Alpha-Theta

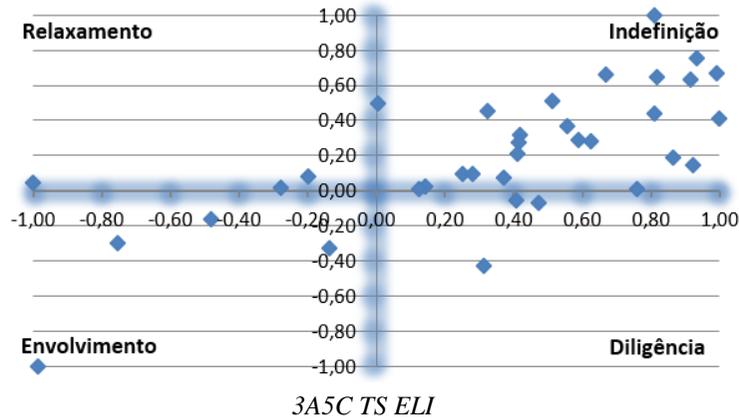


Diagrama Alpha-Theta

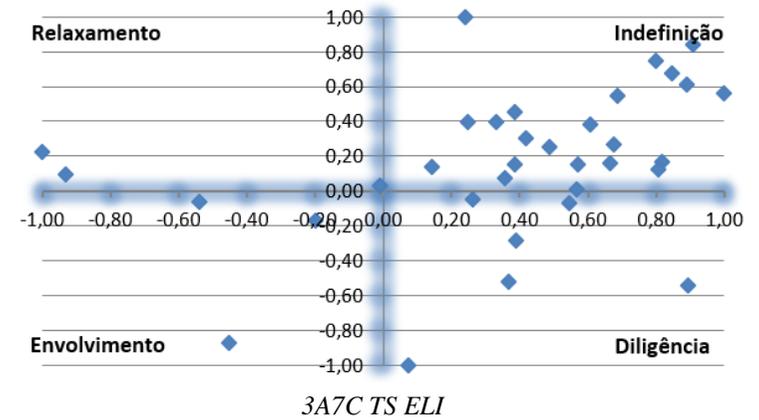


Diagrama Alpha-Theta

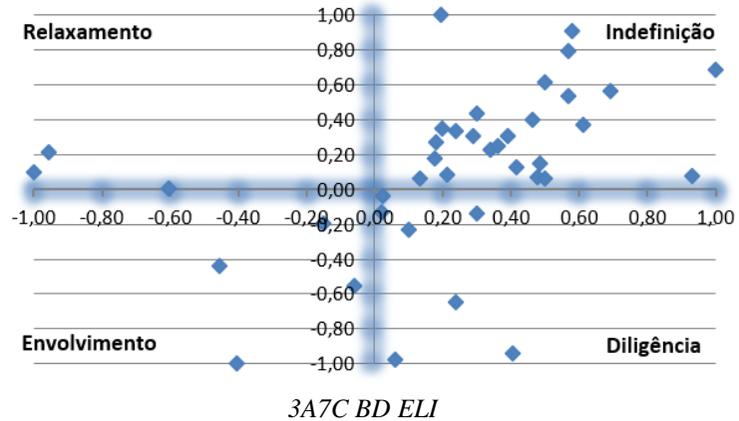
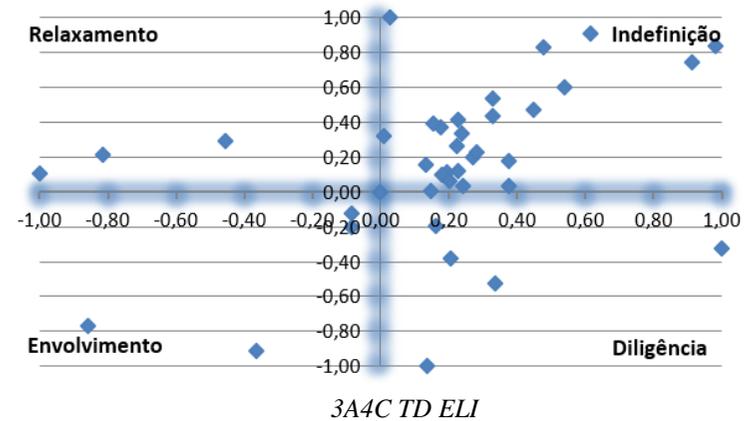
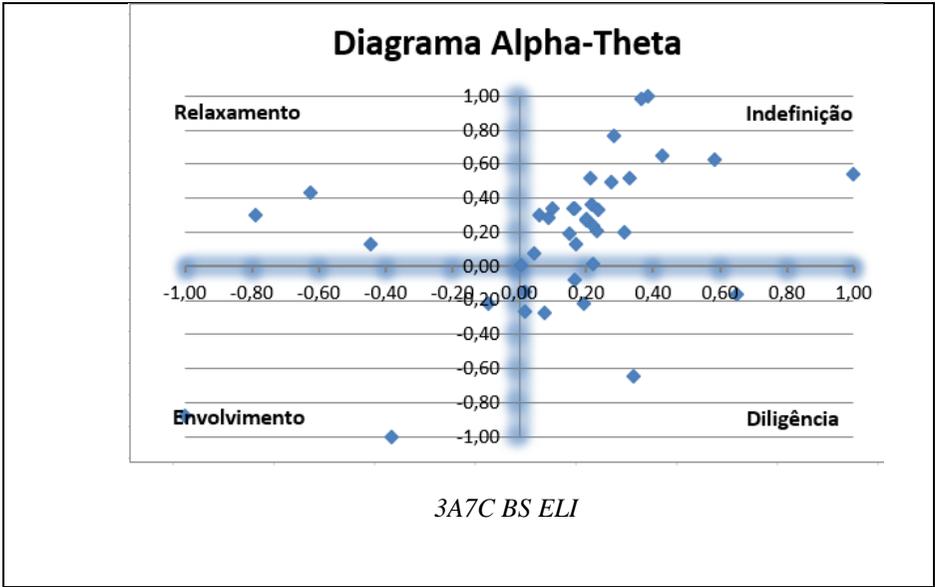


Diagrama Alpha-Theta





APÊNDICE H - DIAGRAMA ALPHA-THETA POR PARTICIPANTE

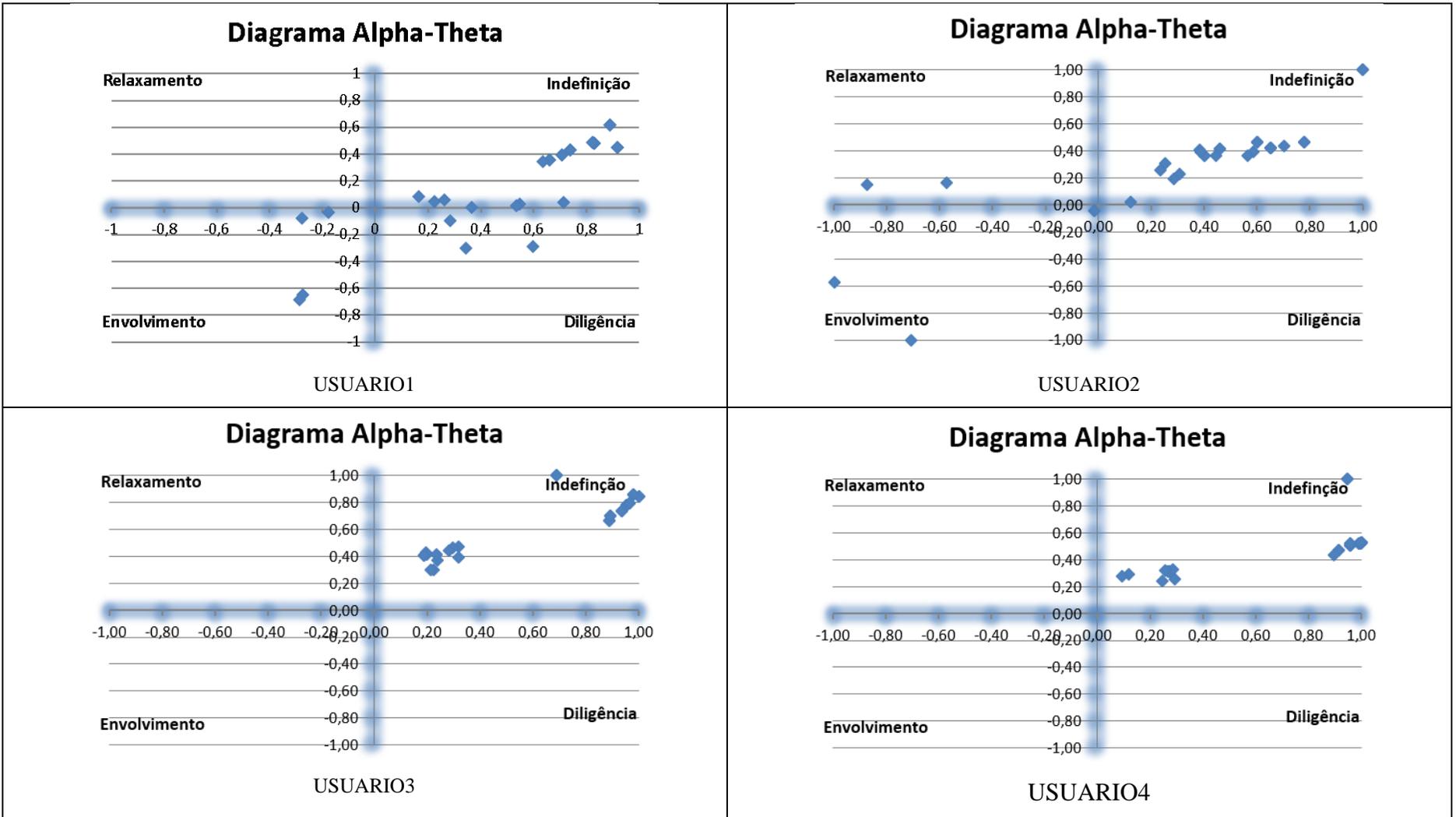
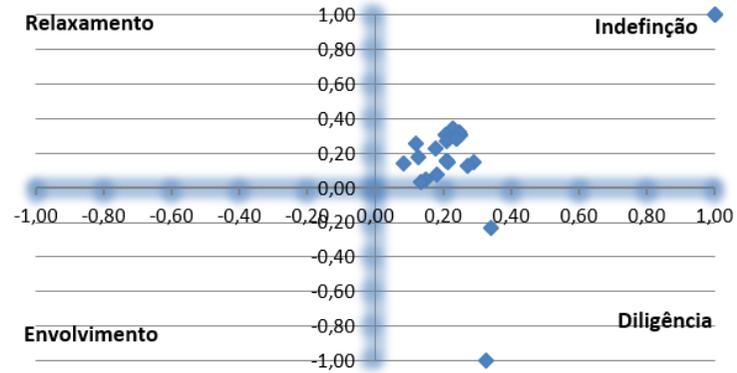


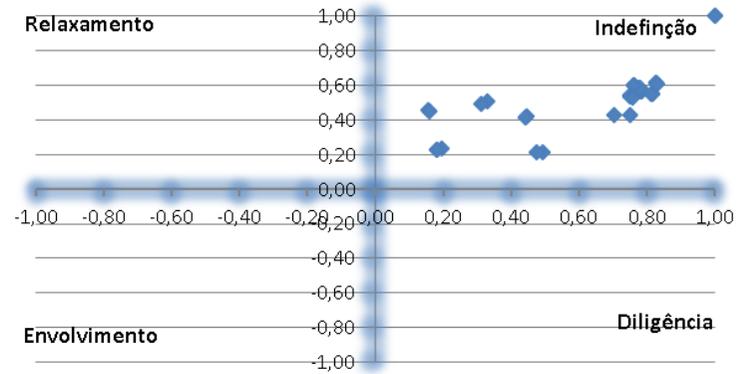
Diagrama Alpha-Theta



USUARIO 5

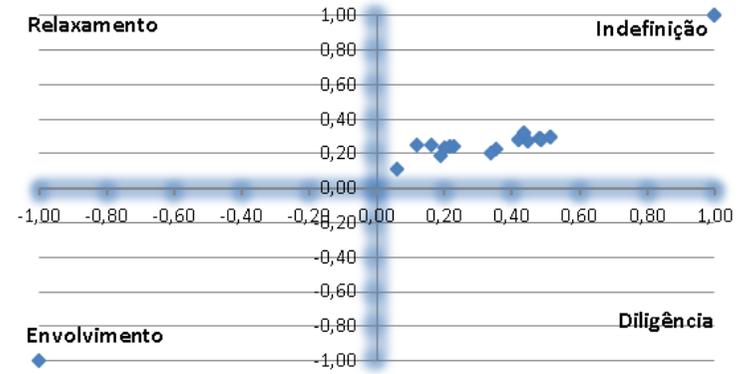
Falta o 9
USUARIO 6

Diagrama Alpha-Theta



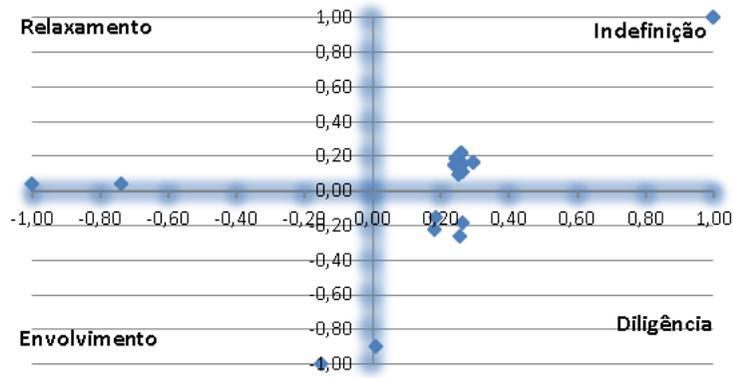
USUARIO 7

Diagrama Alpha-Theta



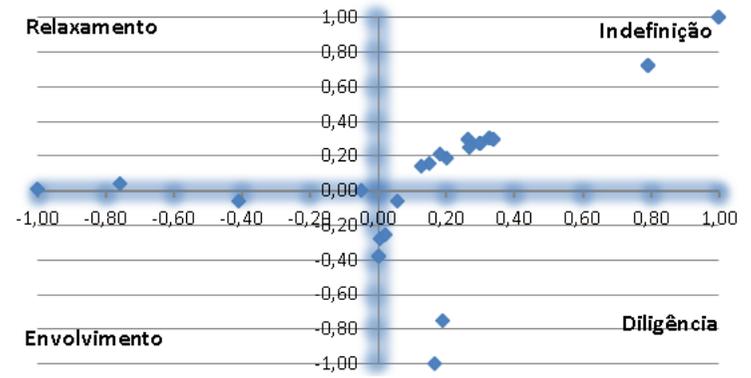
USUARIO 8

Diagrama Alpha-Theta



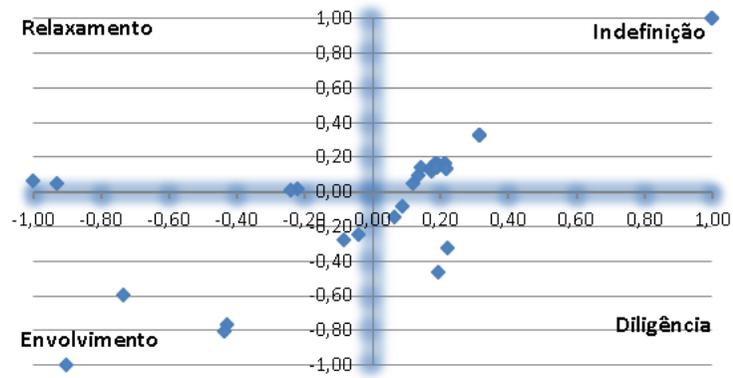
USUARIO09

Diagrama Alpha-Theta



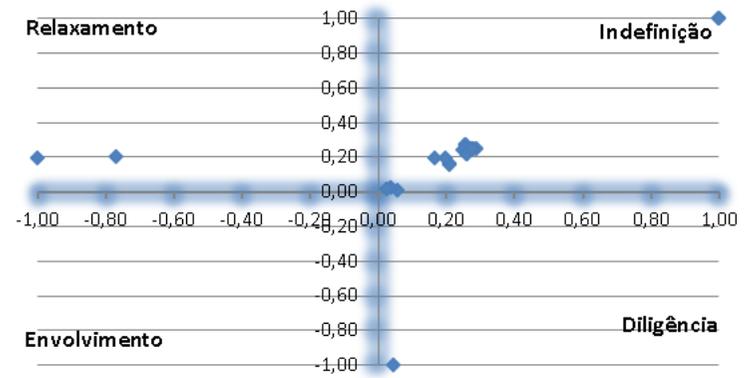
USUARIO10

Diagrama Alpha-Theta



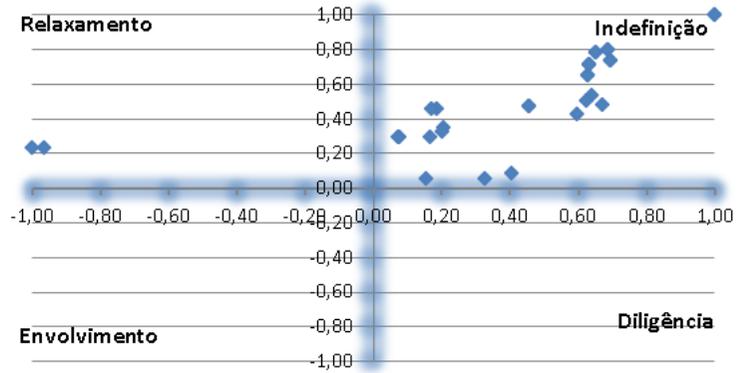
USUARIO11

Diagrama Alpha-Theta



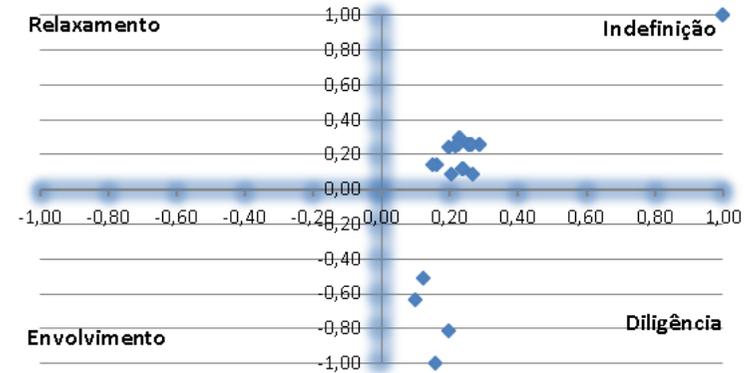
USUARIO12

Diagrama Alpha-Theta



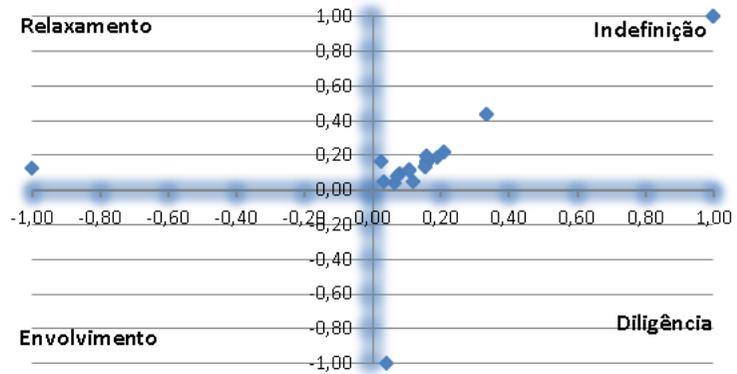
USUARIO13

Diagrama Alpha-Theta



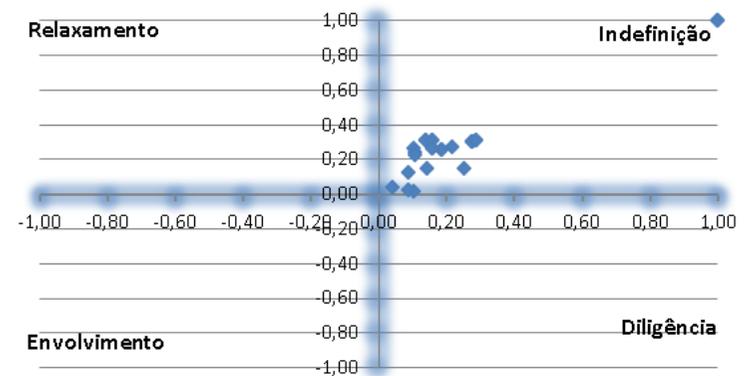
USUARIO14

Diagrama Alpha-Theta



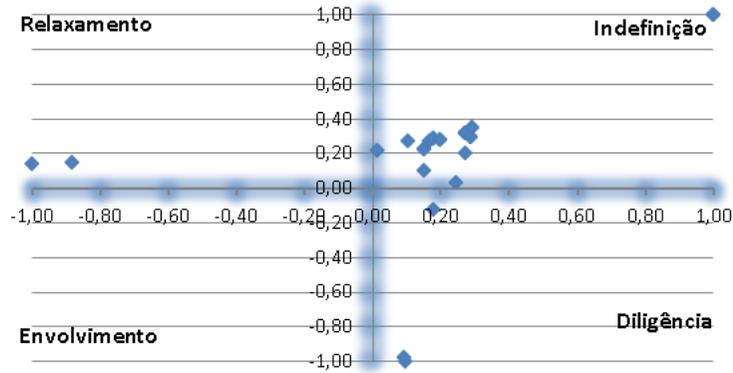
USUARIO15

Diagrama Alpha-Theta



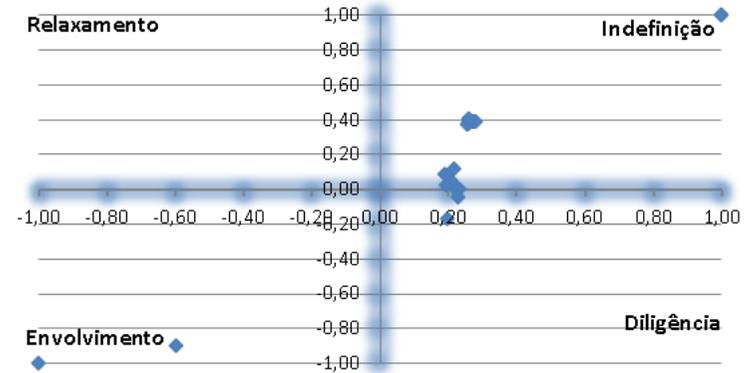
USUARIO16

Diagrama Alpha-Theta



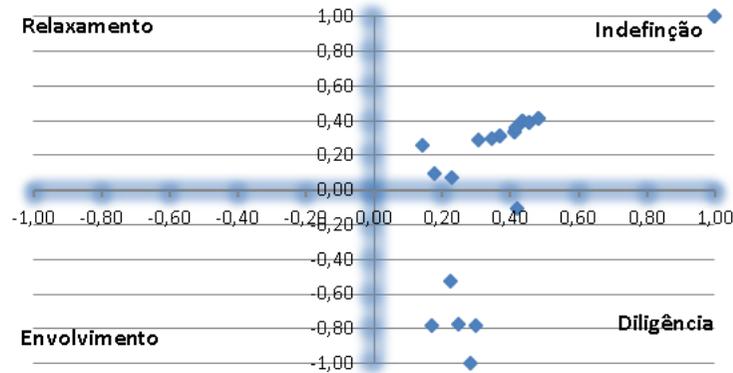
USUARIO17

Diagrama Alpha-Theta



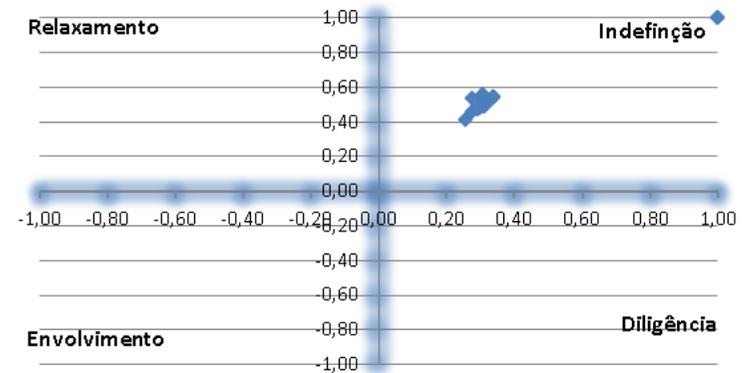
USUARIO18

Diagrama Alpha-Theta



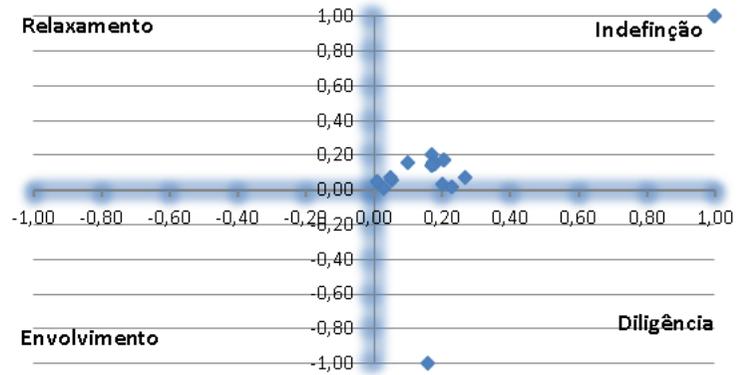
USUARIO19

Diagrama Alpha-Theta



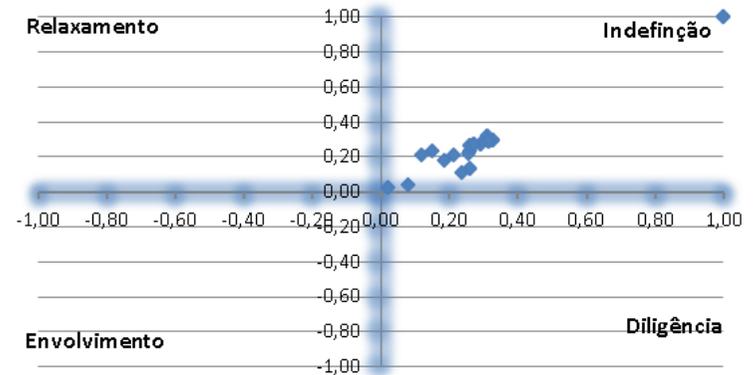
USUARIO20

Diagrama Alpha-Theta



USUARIO21

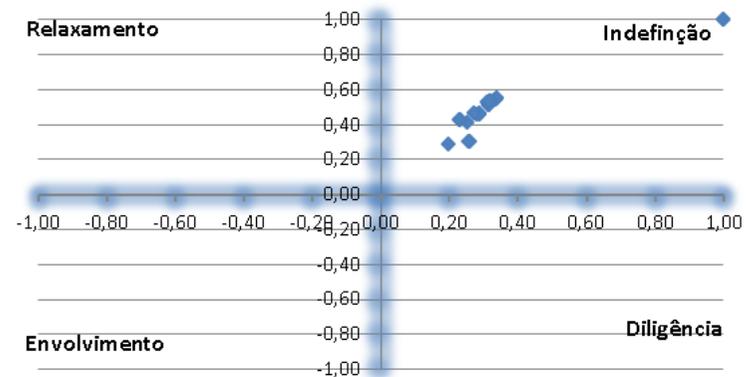
Diagrama Alpha-Theta



USUARIO22

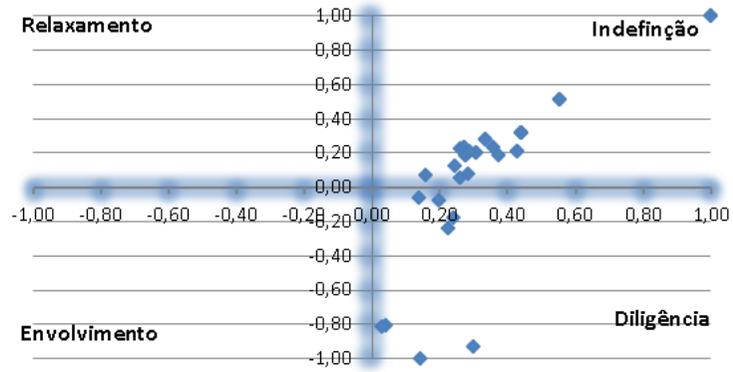
FALTOU O 27
USUARIO 23

Diagrama Alpha-Theta



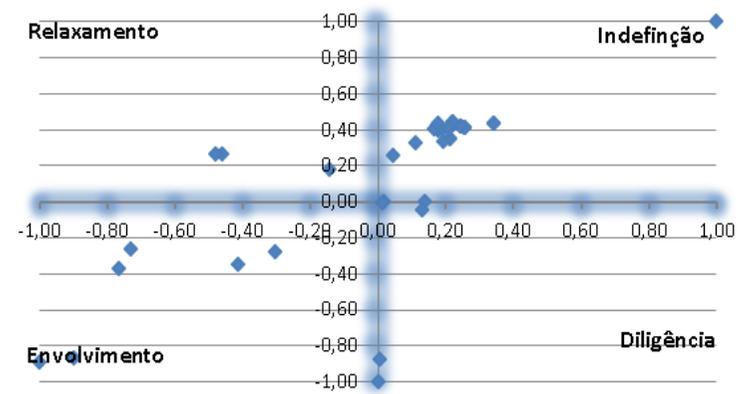
USUARIO24

Diagrama Alpha-Theta



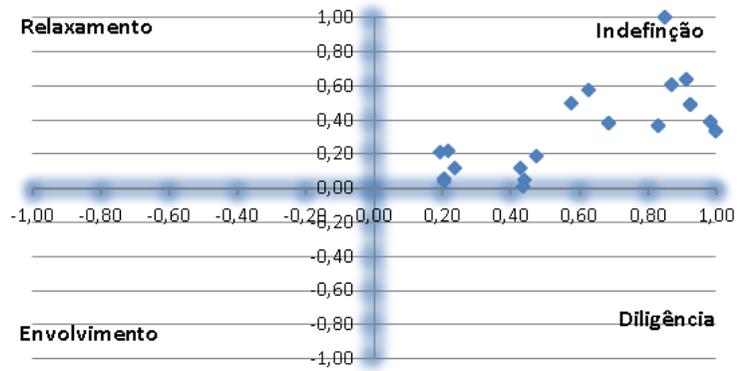
USUARIO25

Diagrama Alpha-Theta



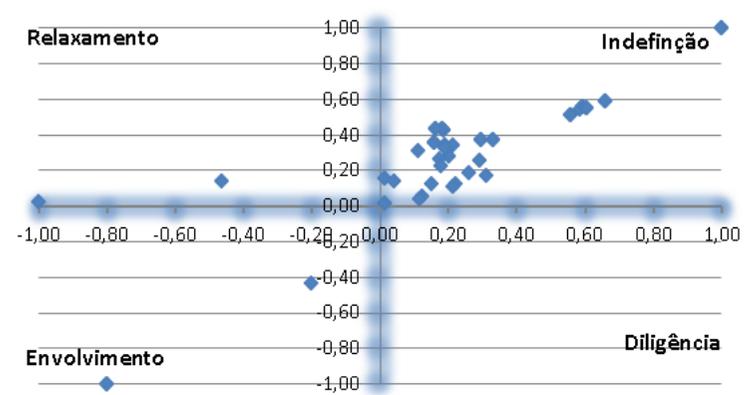
USUARIO26

Diagrama Alpha-Theta



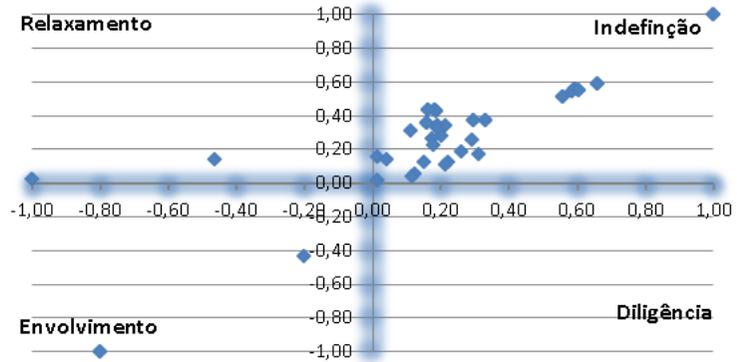
USUARIO27

Diagrama Alpha-Theta



USUARIO28

Diagrama Alpha-Theta

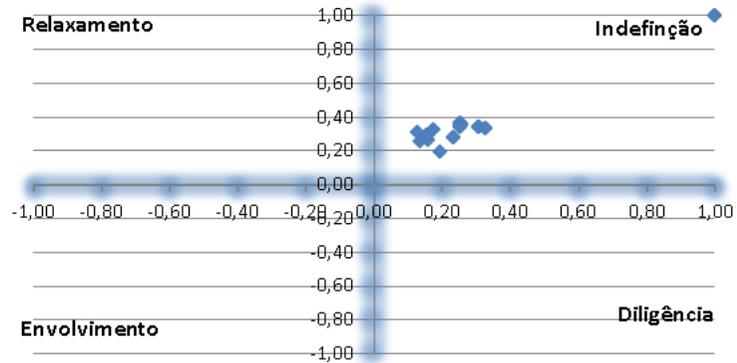


USUARIO29

Falta 34

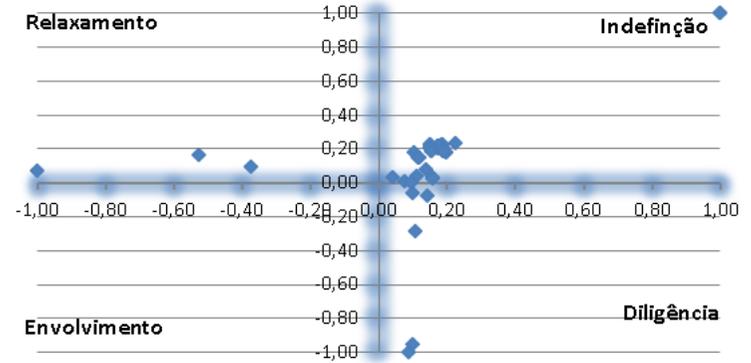
USUARIO 30

Diagrama Alpha-Theta



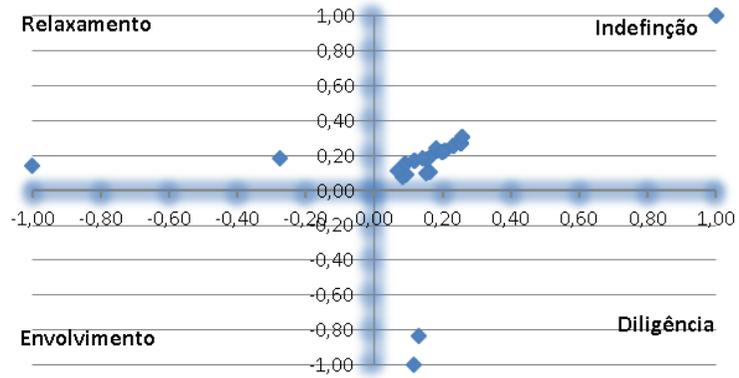
USUARIO31

Diagrama Alpha-Theta



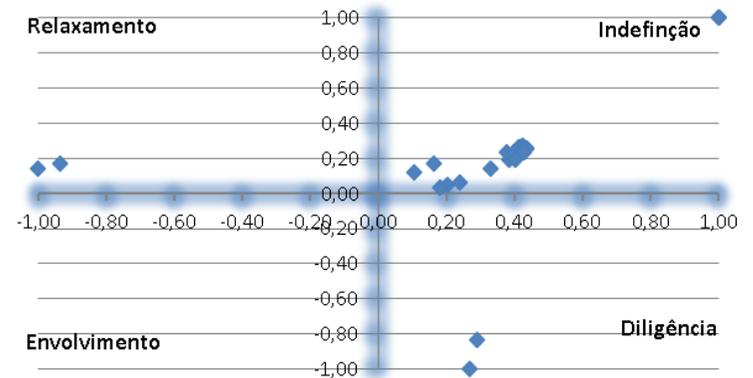
USUARIO32

Diagrama Alpha-Theta



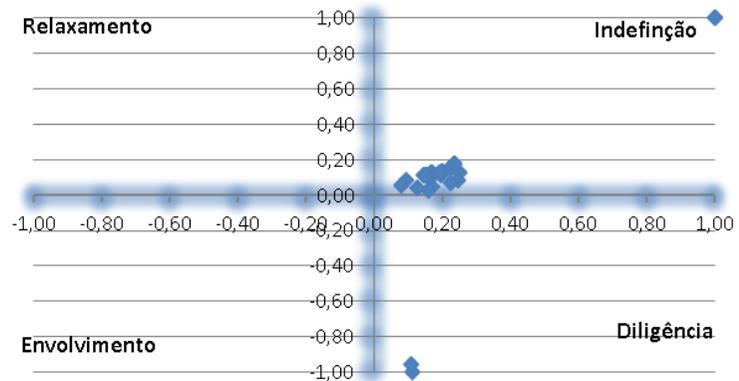
USUARIO33

Diagrama Alpha-Theta



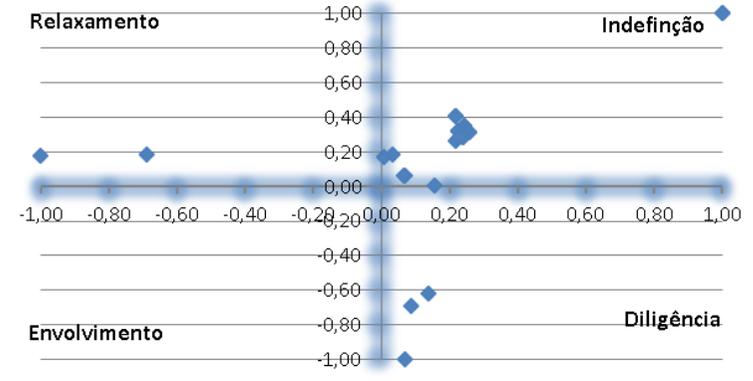
USUARIO34

Diagrama Alpha-Theta



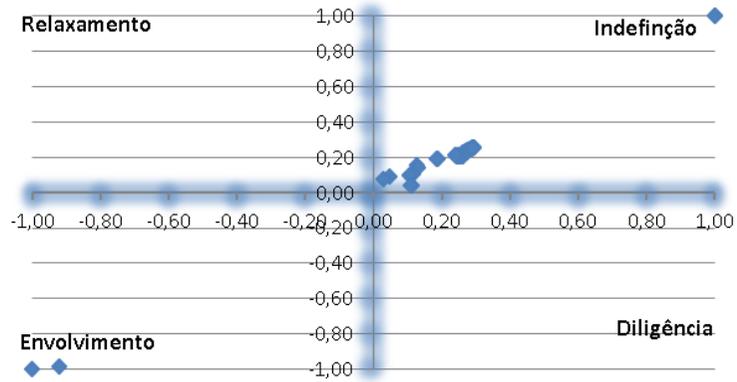
USUARIO35

Diagrama Alpha-Theta



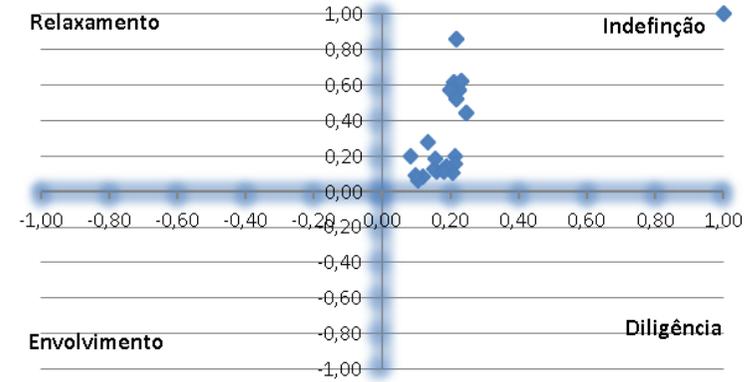
USUARIO36

Diagrama Alpha-Theta



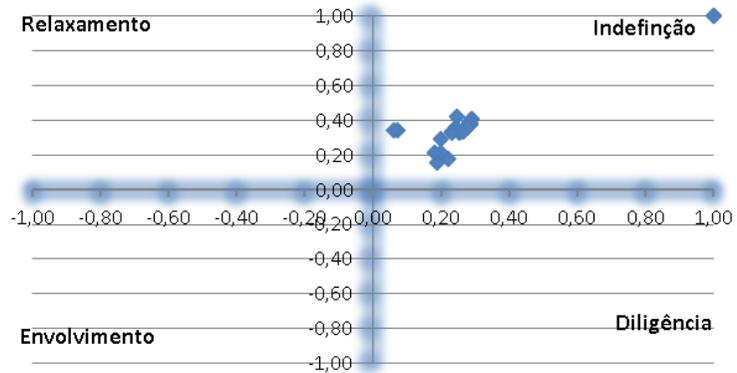
USUARIO37

Diagrama Alpha-Theta



USUARIO38

Diagrama Alpha-Theta



USUARIO39

APÊNDICE I - DIAGRAMA DIÂMETRO DA PUPILA NORMALIZADO

USUARIO	3A4C BD ELIM	3A4C BD SEL	3A4C BS ELIM	3A4C BS SEL	3A4C TD ELIM	3A4C TD SEL	3A4C TS ELIM	3A4C TS SEL	3A5C BD ELIM
usuario1	1,018351	0,932569	0,996297	0,975865	0,964488	0,943838	0,923032	0,896311	0,978671
usuario2	0,98782	0,950902	0,972559	0,971192	0,992687	0,985681	1,001185	0,985017	1,056529
usuario3	0,923835	0,941919	1,140369	0,918579	0,907315	0,902876	0,902028	0,894382	0,922244
usuario4	0,905535	0,937616	0,921361	0,915415	0,866301	0,819059	0,896256	0,815675	0,948278
usuario5	0,992618	0,995264	1,038907	0,958507	0,939942	0,92659	0,949386	0,926707	0,955923
usuario6	0,99923	0,976249	1,048385	0,989968	0,941386	0,947478	1,034695	0,976643	1,01997
usuario7	1,056874	1,030393	1,04468	1,024632	0,972065	0,89832	0,992184	0,954707	1,116706
usuario8	0,920374	0,974861	0,983121	0,947755	0,931791	0,919363	1,010866	0,87457	1,016874
usuario9	0,99391	1,102918	1,090307	1,186092	0,921986	1,03222	1,012067	1,0218	1,091601
usuario10	1,046525	1,077392	1,059541	0,985386	0,997053	1,002268	0,979519	0,987198	1,024505
usuario11	0,928362	0,909601	0,941776	0,965169	0,937659	0,929838	1,020618	0,919566	0,95316
usuario12	1,009915	1,057901	1,01528	0,977861	0,910513	0,927029	0,925349	0,923001	0,989963
usuario13	0,993977	0,98817	1,018741	0,922905	0,92801	0,947856	0,971162	0,922157	0,973303
usuario14	0,97378	0,998462	1,020127	0,947596	0,978066	0,930291	0,937194	0,896215	0,956612
usuario15	0,978386	0,973053	1,004316	0,956413	0,961763	0,968011	0,955499	0,943797	0,975644
usuario16	0,985082	0,951163	1,026121	0,986589	0,950678	0,948362	0,968974	0,916298	0,95881
usuario17	0,993332	0,911556	1,016399	0,928885	0,906166	0,927895	0,958985	0,943712	0,944799
usuario18	0,97767	0,934758	0,959236	0,963426	0,939156	0,954544	0,992172	0,961634	0,983662
usuario19	0,933516	0,929541	0,992246	0,987576	0,918722	0,907395	0,910204	0,938712	0,906256
usuario20	1,03771	1,00784	1,025741	1,005654	0,954701	0,955859	0,940221	0,981725	1,062571
usuario21	1,021788	1,007481	1,002538	0,998323	0,941322	0,976821	1,038287	0,986756	1,004557
usuario22	1,000401	1,060894	1,054025	0,979487	0,974265	0,989023	0,953549	0,93617	0,978614
usuario23	0,976653	0,900291	0,980363	0,963164	0,901707	0,88029	0,910517	0,912543	0,982374
usuario24	0,915164	0,908373	0,914299	0,998866	0,928268	0,917161	0,919493	0,894814	0,921834
usuario25	0,984308	0,980923	0,989646	0,950735	0,894289	0,90279	0,904117	0,887747	0,961388
usuario26	0,989569	1,036313	1,026282	0,990279	0,927061	0,944836	1,052551	0,984052	1,009541
usuario27	0,987401	0,997305	1,084594	1,062707	1,003336	0,903745	0,9317	1,004922	1,067578
usuario28	0,917655	1,057433	0,943955	0,924483	0,900596	0,879572	0,913526	0,873738	0,947228
usuario29	0,960468	0,929333	0,973696	1,003338	0,968544	0,932626	0,928252	0,894374	0,988587
usuario30	1,00906	0,968444	1,045549	1,031347	0,900079	0,926729	0,991662	1,013915	0,984546
usuario31	0,979342	0,977313	1,030128	1,013913	0,979604	0,986954	1,04297	0,967431	0,995204
usuario32	0,94578	0,909501	0,865913	0,887932	0,841531	0,920595	0,895003	0,897909	0,907065
usuario33	0,910959	0,901786	0,943965	0,936003	0,91617	0,898774	0,892345	0,921751	0,958247
usuario34	1,002529	0,990422	0,981941	0,953707	0,951118	0,942904	0,92664	1,016348	0,980615

usuario35	0,943651	0,967285	0,956038	1,084199	0,951573	0,960341	1,073491	1,023968	0,969633
usuario36	0,949924	0,984555	1,05937	1,078355	0,969867	0,970518	0,935652	0,998478	1,016826
usuario37	1,007454	1,003243	1,011187	1,010142	1,039434	0,971912	1,120933	0,890587	1,049556
usuario38	1,143779	1,101381	1,109175	0,997982	0,990176	0,956608	1,005439	1,055598	1,032507
usuario39	0,992195	1,008442	1,010249	0,970666	0,940374	0,935867	1,010253	1,011103	1,065119
usuario40	1,07257	1,025993	0,999584	1,005986	0,898278	0,96489	0,922155	0,969033	0,97195
usuario41	1,038297	0,982504	0,973067	0,987028	0,990688	0,934594	0,983449	0,947409	0,990126
usuario42	0,940112	0,922355	0,946225	0,91806	0,923955	0,91312	0,918115	0,927739	0,962054
usuario43	1,032952	0,985611	1,039945	0,928762	0,974314	0,9373	1,038102	0,885913	0,949285
usuario44	0,90054	0,902803	0,891118	0,909957	0,859994	0,852694	0,875082	0,848618	0,852253

USUARIO	3A5C BD SEL	3A5C BS ELIM	3A5C BS SEL	3A5C TD ELIM	3A5C TD SEL	3A5C TS ELIM	3A5C TS SEL	3A7C BD ELIM	3A7C BD SEL	3A7C BS ELIM
usuario1	0,926962	0,993714	1,031519	0,928755	0,914668	0,890116	0,875332	0,994778	0,998586	1,040593
usuario2	1,025461	0,989545	0,984178	0,926924	0,997853	0,985293	0,989067	0,995186	0,96902	0,95047
usuario3	0,859428	0,935726	0,891528	0,916814	0,884113	0,910708	0,964317	0,942717	0,905567	0,901461
usuario4	0,880375	0,903993	0,902693	0,856377	0,857581	0,853119	0,851724	0,884126	0,90945	0,864974
usuario5	0,940541	0,980853	0,974582	0,868461	0,900376	0,895737	0,947095	0,986424	0,964803	0,993056
usuario6	0,991952	0,995343	0,970002	1,090195	0,930008	1,078951	1,139791	1,027957	1,048066	0,982085
usuario7	1,005669	1,108077	1,028875	1,029062	0,933287	1,012684	1,072191	1,076912	1,01441	0,983717
usuario8	0,990617	0,949195	0,960447	0,91706	0,890024	0,95512	0,918285	0,964732	0,960826	1,025659
usuario9	1,086342	1,127405	1,041282	1,006561	1,032582	1,086767	0,953585	1,045971	1,010883	1,056248
usuario10	0,977386	0,969933	1,019188	0,919525	0,969087	0,926526	0,937757	0,981811	1,017524	0,990224
usuario11	0,950795	0,938232	0,935434	0,907787	0,945832	0,956312	0,938558	0,934713	0,953684	0,974491
usuario12	1,014734	1,027102	0,98563	0,873157	0,920869	0,896225	0,888442	1,014067	1,00379	0,977526
usuario13	1,007532	0,967305	0,978961	0,941645	0,905821	0,892647	0,943992	1,033503	0,978808	0,971893
usuario14	0,904	0,99895	1,019941	0,922412	0,880903	0,938254	0,899756	1,000097	1,01162	1,052641
usuario15	1,021293	0,990483	1,020368	0,93334	0,949872	0,953477	0,969842	0,980396	0,959887	0,984748
usuario16	0,965299	0,972842	1,051813	0,930985	0,951602	0,953393	0,971153	1,034986	1,009338	0,977414
usuario17	0,940253	0,899749	0,902488	0,930014	0,939588	0,94697	0,92337	0,92892	0,956321	0,936459
usuario18	1,004168	0,968115	0,948034	0,957841	0,946886	1,000832	0,98445	0,963715	0,982709	0,943629
usuario19	0,945453	0,953173	0,966467	0,918558	0,886279	0,903461	0,915444	0,916488	0,959938	0,975154
usuario20	0,985769	1,031206	0,987572	0,972385	1,024615	1,005925	0,976168	0,98711	1,020589	0,992372
usuario21	9,87E-07	1,005871	1,0201	0,987252	0,958206	0,993315	0,972315	1,006522	0,987435	0,9785
usuario22	0,93528	0,998041	1,003473	0,987371	0,995302	0,974965	0,947233	1,051615	1,065557	0,963709

usuario23	0,975323	0,927124	0,964297	0,904989	0,908129	0,884046	0,938645	0,970722	0,975368	0,952185
usuario24	0,932786	0,954336	0,968413	0,947863	0,881081	0,888877	0,900975	0,933013	0,973008	0,924218
usuario25	0,955418	0,948011	0,942712	0,879708	0,970618	0,909879	0,879017	0,965617	0,957457	0,931559
usuario26	0,985261	0,992617	1,01834	0,958726	0,920987	0,962198	1,001801	1,047839	0,995007	0,996123
usuario27	0,961943	0,991872	1,005786	0,996194	0,985021	0,931719	0,922588	0,979808	1,103981	0,934173
usuario28	0,925195	0,942215	0,96917	0,884467	0,87693	0,901633	0,93288	0,916442	0,916955	0,908847
usuario29	0,963193	0,98996	0,976585	0,917828	0,889546	0,911387	0,938425	0,975901	0,994063	0,924654
usuario30	1,007664	1,091444	1,035028	0,932277	0,940952	1,02317	0,970948	0,984223	1,014288	1,053634
usuario31	1,04743	1,019633	1,001205	0,993657	0,964197	0,971819	0,978681	1,017062	1,023283	1,016405
usuario32	0,866185	0,913787	0,890081	0,902819	0,858265	1,057873	0,918602	0,946013	0,894431	0,875991
usuario33	0,920192	0,921606	0,907335	0,874402	0,886043	0,904839	0,904427	0,948288	0,903236	0,925317
usuario34	0,953384	0,954047	0,956361	0,953322	0,942892	0,931045	0,950969	0,914882	0,948848	0,949139
usuario35	1,040152	1,005555	1,003661	0,936595	1,029034	0,949108	0,998061	1,025944	1,063134	0,93941
usuario36	1,128439	1,029651	1,025479	1,043195	1,055492	1,013554	0,976356	0,948284	1,041991	0,962911
usuario37	0,989112	1,05643	0,986191	0,968102	0,931492	1,079807	0,990431	1,00343	1,012418	0,962373
usuario38	0,977242	1,021849	0,965554	1,00284	0,864668	0,949734	0,957146	0,984495	0,99562	0,955235
usuario39	1,014532	0,989215	1,004466	0,917969	0,947834	0,967394	1,073931	0,935109	0,951362	0,949187
usuario40	0,955479	1,025556	1,016758	0,929088	0,885867	0,926718	0,959509	1,003379	1,030302	0,995404
usuario41	1,003355	0,990882	0,962731	0,9522	0,9152	0,960101	0,955917	1,00326	0,973077	0,967443
usuario42	0,937685	0,929464	0,960175	0,90553	0,90848	0,953932	0,921533	0,967578	0,950071	0,976175
usuario43	1,055636	1,037823	1,042659	0,975872	0,94204	0,95352	0,926518	1,036017	1,06668	1,041032
usuario44	0,905106	0,925975	0,87991	0,866755	0,849013	0,845565	0,860641	0,954972	0,914085	0,91303

USUARIO	3A7C BD SEL	3A7C BS ELIM	3A7C BS SEL	3A7C TD ELIM	3A7C TD SEL	3A7C TS ELIM	3A7C TS SEL
usuario1	0,998586	1,040593	0,995379	0,95676	0,908517	0,904548	0,897474
usuario2	0,96902	0,95047	0,94232	0,947427	1,032821	0,926536	0,949595
usuario3	0,905567	0,901461	0,924826	0,90367	0,888194	0,882849	0,89188
usuario4	0,90945	0,864974	0,912771	1,009639	0,862806	0,828141	0,810192
usuario5	0,964803	0,993056	0,966709	0,983038	0,981349	0,917394	0,893772
usuario6	1,048066	0,982085	0,947509	1,085852	1,001276	0,96968	1,001343
usuario7	1,01441	0,983717	1,054952	1,0076	0,920963	1,00624	0,897116
usuario8	0,960826	1,025659	0,978631	0,92596	0,883657	0,882269	0,901263
usuario9	1,010883	1,056248	1,185126	1,028867	0,887376	1,01041	0,97001
usuario10	1,017524	0,990224	0,969428	0,932028	0,943883	0,932678	0,987513
usuario11	0,953684	0,974491	1,000035	0,995141	0,975261	0,934654	0,936113
usuario12	1,00379	0,977526	0,986345	0,94983	0,88109	0,901922	0,955354

usuario13	0,978808	0,971893	0,975143	0,987943	0,929225	0,926229	0,917594
usuario14	1,01162	1,052641	0,993303	0,968759	1,040808	0,933811	0,947904
usuario15	0,959887	0,984748	0,923039	1,00243	0,963216	0,958757	0,972633
usuario16	1,009338	0,977414	0,962386	0,989459	0,958585	0,950621	0,902182
usuario17	0,956321	0,936459	0,8984	1,003063	0,906555	1,012513	0,921657
usuario18	0,982709	0,943629	0,972704	0,991548	0,948485	0,960467	0,945969
usuario19	0,959938	0,975154	0,93902	0,934119	0,927964	0,920339	0,902762
usuario20	1,020589	0,992372	1,00974	0,973963	0,993219	0,935965	0,986758
usuario21	0,987435	0,9785	0,991646	0,958703	0,916243	0,93635	0,974612
usuario22	1,065557	0,963709	1,077066	0,997611	0,960319	0,953856	0,966865
usuario23	0,975368	0,952185	0,934261	0,941459	0,886207	0,901758	0,883156
usuario24	0,973008	0,924218	0,913149	0,957704	0,932434	0,912617	0,898714
usuario25	0,957457	0,931559	0,942055	0,96126	0,94289	0,934214	0,928173
usuario26	0,995007	0,996123	1,008362	0,965904	0,951894	0,9608	0,927959
usuario27	1,103981	0,934173	0,973093	0,979699	0,879202	0,973569	0,94293
usuario28	0,916955	0,908847	0,861057	0,95116	0,927552	0,940264	0,901662
usuario29	0,994063	0,924654	0,963492	0,96735	0,930816	0,912744	0,941688
usuario30	1,014288	1,053634	1,079076	0,94873	0,8735	0,986986	0,973946
usuario31	1,023283	1,016405	1,026455	1,05161	1,017678	1,002826	0,986351
usuario32	0,894431	0,875991	0,899562	0,927334	0,967497	0,893463	0,859481
usuario33	0,903236	0,925317	0,880398	0,923386	1,014146	0,930482	0,897646
usuario34	0,948848	0,949139	0,958541	0,956463	1,055491	0,926545	0,960806
usuario35	1,063134	0,93941	1,097004	0,881309	0,86367	0,905054	0,954938
usuario36	1,041991	0,962911	1,022751	0,948421	0,941127	0,929592	0,956563
usuario37	1,012418	0,962373	1,007605	0,991408	1,003407	0,882867	0,947399
usuario38	0,99562	0,955235	0,919811	0,86159	1,149248	0,952665	0,915536
usuario39	0,951362	0,949187	0,965975	0,981083	1,043185	0,977373	0,944646
usuario40	1,030302	0,995404	1,000808	0,966343	0,852665	0,923632	0,895059
usuario41	0,973077	0,967443	1,003216	0,965189	1,005794	0,959695	0,931441
usuario42	0,950071	0,976175	0,946874	0,940885	0,977099	0,962575	0,925694
usuario43	1,06668	1,041032	1,03971	0,858479	0,937469	0,949231	0,999556
usuario44	0,914085	0,91303	0,897534	0,925698	0,946964	0,883008	0,873809