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

LUCIA REIS PEIXOTO ROSELLI

# USO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO PARA MODULAR MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO COM VISUALIZAÇÃO GRÁFICA E TABULAR COM APLICAÇÕES NO DESENHO E ANÁLISE DO FITRADEOFF

Recife

2020

LUCIA REIS PEIXOTO ROSELLI

# USO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO PARA MODULAR MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO COM VISUALIZAÇÃO GRÁFICA E TABULAR COM APLICAÇÕES NO DESENHO E ANÁLISE DO FITRADEOFF

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos parciais para obtenção de título de Doutora em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gerência da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

Recife

2020

Catalogação na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

R811u Roselli, Lucia Reis Peixoto.
Uso de neurociência em decisão para modular métodos de decisão multicritério com visualização gráfica e tabular com aplicações no desenho e análise do FITradeoff / Lucia Reis Peixoto Roselli. – 2020.
262 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2020.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. Decisão multicritério. 3. Método FITradeoff. 4. Avaliação holística para decisão. 5. Neurociência em decisão. 6. Eye-tracking. 7. Eletroencefalograma. I. Almeida, Adiel Teixeira de. (Orientador). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.) BCTG/2020-40

LUCIA REIS PEIXOTO ROSELLI

# USO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO PARA MODULAR MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO COM VISUALIZAÇÃO GRÁFICA E TABULAR COM APLICAÇÕES NO DESENHO E ANÁLISE DO FITRADEOFF

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos parciais para obtenção de título de Doutora em Engenharia de Produção

Aprovada em: 03 de Fevereiro de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

_____

Prof Dr. Adiel Teixeira De Almeida (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profª Dr. Ana Paula Cabral Seixas Costa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profª Dr. Luciana Hazin Alencar (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof Dr. Nei Yoshihiro Soma (Examinador Externo)
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

_____

Prof Dr Helder Gomes Costa (Examinador Externo)
Universidade Federal Fluminence

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades concedidas por Ele a mim.

Agradeço a minha família por todo o apoio durante as fases de minha vida, sempre me aconselhando e acolhendo com muito amor. Agradeço especialmente aos meus pais pelo investimento árduo que realizaram para me proporcionar uma educação de qualidade.

Agradeço ao meu namorado, Riccardo, pelo acolhimento em diversos momentos importantes durante o período de graduação e pós-graduação, ele foi um verdadeiro porto seguro.

Agradeço ao meu orientador Adiel Teixeira de Almeida, não só pela orientação, mas por toda a paciência, compreensão, apoio e ensinamentos transmitidos durante esta fase tão importante de minha vida, obrigada pelo investimento feito e por sempre acreditar em minha capacidade de desenvolver as atividades que me eram requeridas.

Agradeço aos meus colegas de laboratório, do CDSID e NSID, por terem compartilhado comigo dificuldades e alegrias ao longo de toda a minha trajetória.

Por fim, agradeço ao CNPq pelo pela bolsa de doutorado concedida, e agradeço também a CAPES pelo suporte financeiro que me permitiu realizar as atividades de pesquisa.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi usar de resultados gerados por um estudo comportamental em decisão para melhorar o processo decisório em problemas de decisão multicritério, individuais ou envolvendo grupo de decisores, com o método FITradeoff, considerando sua vertente de avaliação holística usando de visualizações gráficas e tabulares. Neste contexto, com apoio da abordagem de 'Neurociência em Decisão', considerando a vertente da neurociência que investiga decisões preferencias, aspectos comportamentais presentes no processo de avaliação holística foram investigados a partir de experimentos com ferramentas de Neurociência. A integração destas abordagens, Neurociência e Tomada de Decisão Multicritério, apresenta potencial de contribuição para a área de interesse desta pesquisa, decisão multicritério, visto que, equipamentos de neurociência permitem que variáveis fisiológicas sejam coletadas durante o processo decisório, e investigadas posteriormente, auxiliando no entendimento do comportamento dos decisores durante este processo. Sendo assim, este estudo foi conduzido a partir da construção de três experimentos, os quais fizeram uso dos equipamentos *Eye-tracking* e Eletroencefalograma para investigar o processo de avalição holística no contexto do método FITradeoff, podendo ser estendido para outros métodos. A contribuição deste estudo se deu com a modulação no método FITradeoff, sendo esta modulação desenvolvida em duas vertentes: melhorias no processo decisório com o FITradeoff e melhoramentos no Sistema de Apoio a Decisão desenvolvido para o FITradeoff de escolha e de ordenação. Com relação às melhorias no processo decisório, regras e procedimentos foram desenvolvidos para apoiar o processo de aconselhamento desenvolvido pelo analista para gerar recomendações ao decisor, em especial a Regra de Recomendação e o Diagrama de Quadrantes Alpha-Theta, sendo este último uma nova concepção desenvolvida para classificar padrões de comportamento dos decisores, foram desenvolvidos.



Palavras-chave: Decisão multicritério. Método FITradeoff. Avaliação holística para decisão. Neurociência em decisão. *Eye-tracking*. Eletroencefalograma.

## ABSTRACT

This study has been conducted in order to use results of decision behavioral studies for modulating multi-criteria decision-making/aiding process, considering individual or group decisions, in the FITradeoff method, in its dimension related to holistic evaluation process based on graphical and tabular visualizations. In this context, supported by Decision Neuroscience approach, considering preferential decisions, the behavioral aspects presented in the holistic evaluation have been investigated using Neuroscience Experiments. The combination of these approaches, Neuroscience and Multicriteria Decision Making, can contribute to the development of the Multicriteria Decision Making approach, which is the focus of this research, since the neuroscience equipment´s allows the collect of decision-maker physiological variables during the decision process, which can be useful to support the understanding of the behavior aspects presenting in the decision making process. Therefore, this study was conducted by means of three experiments, with the Eye-tracking and the Electroencephalogram equipment, to investigate the holistic evaluation process in the context of the FITradeoff method. As a contribution of this study improvements in the decision making process and improvements in the Decision Support System related to the FITradeoff, for both choice and ranking problematics, have been generated based on the experiments results. For the improvements in the decision making process, rules and procedures have been generated to support the analyst in his/her advisor process with recommendations to the decision maker, in especial the Recommendation Rule and the Alpha-Theta Diagram, which is constructed to presents a classification for the decision maker behavior, have been made.



Keywords*:* Multi-criteria decision making/aiding. FITradeoff Method. Holist evaluation for decisions. Decision neurosciene. Eye-tracking. Eletroencephalogram.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma com escopo da tese ..... 26
Figura 2 - Curva de redução do número de alternativas após ordenação ..... 33
Figura 3 – Fluxograma com o processo de decisão no FITradeoff ..... 54
Figura 4 - Gráficos presentes no SAD do FITradeoff ..... 56
Figura 5 - Gráfico de barras que representa o problema normalizado ..... 59
Figura 6 - Design experimentos ..... 61
Figura 7 - Eletrodos presentes no EEG ..... 63
Figura 8 - Visualizações utilizados no experimento inicial ..... 69
Figura 9 - Visualizações para o experimento com duas alternativas ..... 93
Figura 10 - Box Plots para comparar as visualizações para os valores de F3 em Theta ..... 102
Figura 11 - Diagrama de Quadrante Alpha-Theta ..... 104
Figura 12 - Diagrama de Quadrante para o participnate 1 ..... 106
Figura 13 - Box Plots da quantidade de visualizações em cada comportamento ..... 110
Figura 14 - Diagrama de Quadrante para comparar as visualizações para 2A4C ..... 114
Figura 15 - Box Plots para Quant de Acertos verificadas nas informações pessoais ..... 119
Figura 16 - Box Plots para investigar Questão 1 ..... 122
Figura 17 - Box Plots para investigar Questão 7 ..... 124
Figura 18 - Box Plots para investigar Questão 5 ..... 127
Figura 19 - Box Plots para investigar Questão 6 ..... 128
Figura 20 - Box Plot soma acertos cada um dos tipos de visualização ..... 130
Figura 21 - Fluxograma com escopo da tese ..... 156
Figura 22 - Posicionamento do sub-processo de decisão para escolha ..... 158
Figura 23 - Posicionamento do sub-processo de decisão para ordenação ..... 160
Figura 24 - Gráfico de desvio-padrão encontrado para os valores de HR ..... 163
Figura 25 - Três regiões definidas no gráfico de desvio-padrão ..... 164
Figura 26 - Primeira pergunta de elicitação ..... 172
Figura 27 - Árvore de sequencia de perguntas para avaliação holística ..... 178
Figura 28 - Diagrama de Hasse após a ordenação ..... 180
Figura 29 - Diagrama de Hasse com duas posições no ranking ..... 181
Figura 30 - Gráfico de barras apresentando Supplier 2 versus Supplier 4 ..... 182
Figura 31 - Gráfico de barras apresentando Supplier 3 versus Supplier 4 ..... 183

Figura 32 - Gráfico de barras apresentando Supplier 3 versus Supplier 5 ..... 184
Figura 33 - Gráfico de barras apresentando Supplier 4 versus Supplier 5 ..... 184
Figura 34 - Diagrama de Hasse com três posições no ranking..... 185
Figura 35 - Distribuição dos Pesos..... 187
Figura 36 - Indicação da dominância definida usando da análise holística..... 191
Figura 37 - Indicação da distribuição dos pesos dos critério para o decisor 1 ..... 193
Figura 38 - Gráficos de barras para a compatração de alternativas..... 194
Figura 39 - Primeiro Digrama de Hasse para o problema de Seleção de Fornecedor..... 195
Figura 40 - Árvore de sequencia de perguntas para a Seleção de fornecedor..... 197
Figura 41 - Indicação da distribuição dos pesos dos critérios para o decisor 2..... 198
Figura 42 - Gráfico de barras e Radar para a comparação do Supplier 2 vs 3 ..... 200
Figura 43 - Diagrama de Hasse para a aplicação de seleção de tecnologia..... 202
Figura 44 - Árvore de sequencia de perguntas para a seleção de tecnologia ..... 204
Figura 45 - Gráfico de barras com três alternativas e cinco critérios..... 205
Figura 46 - Gráfico de barras com duas alternativas e cinco critérios ..... 206
Figura 47 - Gráfico tipo radar com duas alternativas e cinco critérios..... 206
Figura 48 - Digrama de Hasse adaptado para 5 critérios..... 207
Figura 49 - Fluxograma com resumo das aplicações e suas recomendações ..... 209

## LISTA DE TABELAS


Tabela 1 – Problema MCDM/A gerado com apoio do Excel ..... 58
Tabela 2 – Problema MCDM/A normalizado ..... 58
Tabela 3 – Visualizações construídas para o experimento 1. ..... 68
Tabela 4 – Visualizações construídas para o experimento inicial ..... 73
Tabela 5 – HR para o experimento de gráfico de barras e tabelas ..... 74
Tabela 6 – Comparação HR para pesos iguais versus diferentes ..... 74
Tabela 7 – Comparação HR para gráfico de barras versus tabelas ..... 74
Tabela 8 – Valores RT para cada visualização ..... 75
Tabela 9 – Comparação RT para pesos iguais versus diferentes ..... 76
Tabela 10 – Comparação RT para gráfico de barras versus tabelas ..... 76
Tabela 11 – Diferença do RT para pesos iguais versus diferentes ..... 77
Tabela 12 – Diferença de RT para gráfico de barras versus tabelas ..... 77
Tabela 13 – Diferença do RT para problemas com mesmo número de alternativas ..... 78
Tabela 14 – Diferença de RT para problemas com mesmo número de critérios ..... 78
Tabela 15 – Diferença de RT para problemas opostos ..... 78
Tabela 16 – Contagem e Duração de Fixações ..... 79
Tabela 17 – Contagem e Duração de Visitas ..... 80
Tabela 18 – Correlação entre as métricas de Fixação e Visitas ..... 80
Tabela 19 – Correlação entre as métricas de Fixação e Visitas com RT ..... 81
Tabela 20 – Valores de coeficiente de variação pela baseline do diâmetro da pupila do olho esquerdo ..... 82
Tabela 21 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para pesos iguais versus diferentes ..... 82
Tabela 22 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para gráfico de barras versus tabelas ..... 82
Tabela 23 – Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para pesos iguais versus diferentes ..... 83
Tabela 24 – Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para gráfico de barras versus tabelas ..... 83
Tabela 25 – Diferença dos coeficientes para problemas com mesmo número de alternativas 84
Tabela 26 – Diferença dos coeficientes para problemas com mesmo número de critério ..... 84

Tabela 27 – Diferença dos coeficientes para problemas opostos ..... 84
Tabela 28 – Análise banda Alpha ..... 85
Tabela 29 – Comparações quando variou alternativas e critérios ..... 85
Tabela 30 – Correlação de Spearman entre HR e variáveis fisiológicas ..... 86
Tabela 31 – HR para duas alternativas. ..... 94
Tabela 32 – Valores RT para cada visualização com duas alternativas ..... 96
Tabela 33 – Comparação RT para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A ..... 96
Tabela 34 – Comparação RT para as visualizações de mesmo tipo ..... 96
Tabela 35 – Diferença do RT para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A ..... 97
Tabela 36 – Diferença de RT para as visualizações de mesmo tipo ..... 97
Tabela 37 – Valores de coeficiente de variação pela baseline do diâmetro da pupila para cada visualização com duas alternativas ..... 98
Tabela 38 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A ..... 99
Tabela 39 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações de mesmo tipo ..... 99
Tabela 40 – Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A ..... 100
Tabela 41 – Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações de mesmo tipo ..... 100
Tabela 42 – Correlação entre as variáveis e o HR para o experimento com duas alternativas ..... 103
Tabela 43 – Regra para criação de classes de comportamento ..... 107
Tabela 44 – Participantes diligentes ..... 107
Tabela 45 – Correlação de Spearman informações pessoais dos participantes ..... 110
Tabela 46 – Taxa de Acerto das visualizações em cada quadrante ..... 113
Tabela 47 – Média do Coeficiente de Variação pela baseline para o Diâmetro da Pupila obtido na análise das visualizaçõeslocalizadas em cada quadrante ..... 113
Tabela 48 – Média do RT consumido na análise das visualizaçõeslocalizadas em cada quadrante ..... 113
Tabela 49 – Quantidade de participante em cada quadrante para todos os problemas MCDM/A ..... 115
Tabela 50 – Taxa de Acerto dos participantes em cada quadrante ..... 116

Tabela 51 – Média do Coeficiente de Variação pela baseline para o Diâmetro da Pupila dos participantes alocalizados em cada quadrante ..... 117
Tabela 52 – Média do RT dos participantes alocados em cada quadrante ..... 117
Tabela 53 – Correlação entre Quant de Acertos e informações pessoais numéricas e variáveis fisiologicas dos participantes ..... 118
Tabela 54 – Diferença estatísticas observadas para $\alpha \leq 0,2$ ..... 136
Tabela 55 – Quantidade % de participante nos quadrantes para todos os problemas MCDM/A ..... 143
Tabela 56 – Síntese dos resultados para o Experimento 2 ..... 150
Tabela 57 – Síntese dos resultados para o Experimento 3 ..... 151
Tabela 58 – Síntese para análise de diagrama de quadrantes Alpha-Theta ..... 152
Tabela 59 – Probabilidade de Acerto e Regra de Recomendação. ..... 165
Tabela 60 – Recomendações para gráficos de barras com mais de duas alternativas e pesos iguais. ..... 166
Tabela 61 – Recomendações para gráficos de barras com pesos diferentes com mais de duas alternativas ..... 166
Tabela 62 – Recomendações para gráficos de barras e tabelas com pesos iguais com mais de duas alternativas. ..... 167
Tabela 63 – Recomendações para gráficos de barras e tabelas com pesos diferentes e. com mais de duas alternativas. ..... 167
Tabela 64 – Recomendações para visualizações com pesos diferentes e duas altern ..... 168
Tabela 65 – Recomendações visualizações com 7 critérios, com pesos diferentes vs iguais, e. duas alternativas ..... 168
Tabela 66 – Quant % de participante nos quadrantes Diligência e Envolvimento ..... 170
Tabela 67 – Quant % de participante nos quadrantes Indefinição e Relaxamento ..... 171
Tabela 68 – Recomendação para a aplicação ..... 198
Tabela 69 – Recomendações para visualizações no problema ..... 203

**SUMÁRIO**


**1 INTRODUÇÃO ..... 18**

1.1 JUSTIFICATIVA ..... 20

1.2 RELEVÂNCIA DO TRABALHO ..... 21

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO ..... 23

**1.3.1 Objetivo Geral ..... 23**

**1.3.2 Objetivos Específicos ..... 23**

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO ..... 24

**2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 27**

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA ..... 27

**2.1.1 Decisão multicritério e decisão em grupo ..... 27**

**2.1.2 O método FITradeoff ..... 30**

**2.1.3 Decisão com visualização gráfica ..... 34**

**2.1.4 Neurociência em decisão ..... 35**

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 38

**2.2.1 Neurociência na tomada de decisão em geral ..... 39**

**2.2.2 Neurociência dentro da decisão MCDM/A com estudos que apresentam teorias e métodos mais utilizados ..... 44**

**2.2.3 Neurociência dentro da decisão MCDM/A com estudos que apresentam teorias e métodos menos utilizados ..... 46**

**2.2.4 Neurociência para investigação de emoções dentro do processo de tomada de decisão. ..... 50**

2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO ..... 51

**3 EXPERIMENTOS COM NEUROCIÊNCIA PARA MODULAR DECISÃO MULTICRITÉRIO COM VISUALIZAÇÃO GRÁFICA E TABULAR ..... 53**

3.1 EXPERIMENTOS DE NEUROCIÊNCIA DESENVOLVIDOS ..... 53

**3.1.1 Visualização gráfica no FITradeoff ..... 53**

**3.1.2 Desenho das visualizações aplicadas nos experimentos ..... 57**

**3.1.3 Tarefa exigida nos experimentos ..... 59**
**3.1.4 Design dos experimentos ..... 59**
**3.1.5 Procedimento de execução dos experimentos ..... 61**
**3.1.6 Equipamentos e Materiais ..... 62**
**3.1.7 Participantes dos experimentos ..... 64**
**3.1.8 Variáveis investigadas nos três experimentos ..... 64**
3.2 EXPERIMENTO 1 COM USO DE EYE-TRACKING CONTEXTUALIZADO NO MÉTODO FITRADEOFF ..... 67
**3.2.1 Desenho do experimento ..... 67**
**3.2.2 Conclusões do experimento ..... 71**
3.3 EXPERIMENTO 2 COM USO DE EYE-TRACKING E EEG PARA INVESTIGAÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS PARA DECISÃO MULTICRITÉRIO ..... 71
**3.3.1 Desenho do experimento ..... 72**
**3.3.2 Resultados ..... 73**
3.3.2.1 Hit Rate ..... 73
3.3.2.2 Tempo de Resposta ..... 75
3.3.2.3 Fixações e Visitas ..... 79
3.3.2.4 Diâmetro da Pupila. ..... 81
3.3.2.5 Potência Cerebral ..... 84
3.3.2.6 Correlação entre as variáveis ..... 86
**3.3.3 Discussão de Resultado ..... 86**
3.3.3.1 Hit Rate ..... 86
3.3.3.2 Tempo de Resposta ..... 87
3.3.3.3 Fixações e Visitas ..... 89
3.3.3.4 Diâmetro da Pupila. ..... 89
3.3.3.5 Potência Cerebral ..... 90
3.3.3.6 Correlação entre as variáveis ..... 91
3.4 EXPERIMENTO 3 COM USO DE EYE-TRACKING E EEG PARA INVESTIGAÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS PARA DECISÃO MULTICRITÉRIO NO CASO DE DUAS ALTERNATIVAS ..... 92
**3.4.1 Desenho do experimento ..... 92**
**3.4.2 Resultados ..... 94**
3.4.2.1 Hit Rate para o caso de duas alternativas ..... 94

3.4.2.2 Tempo de Resposta para o caso de duas alternativas ..... 95
3.4.2.3 Diâmetro da pupila ..... 98
3.4.2.4 Potência Cerebral ..... 100
3.4.2.5 Box Plots para coparação dos valores de Theta, Alpha e o diâmetro da pupila para o caso de duas alternativas ..... 101
3.4.2.6 Correlação entre as variáveis ..... 103
3.4.2.7 Análise de quadrantes Alpha-Theta ..... 103
3.4.2.8 Análise da quantidade de acerto dos participates ..... 117
3.4.2.9 Análise do questionário para coleta de informações preferenciais. ..... 120
**3.4.3 Discussão de Resultado ..... 129**
3.4.3.1 Hit Rate para duas alternativas ..... 129
3.4.3.2 Tempo de Resposta para duas alternativas ..... 130
3.4.3.3 Diâmetro da pupila ..... 132
3.4.3.4 Potência Cerebral ..... 134
3.4.3.5 Análise descritiva usando *Box plot* para agregar valores de Theta, Alpha e o diâmetro da pupila para o caso de duas alternativas ..... 136
3.4.3.6 Correlação entre as variáveis e o HR ..... 138
3.4.3.7 Diagrama de Quadrante Alpha- Theta para os Participantes ..... 139
3.4.3.8 Diagrama de quadrante Alpha- Theta para os problemas MCDM/A com duas alternativas ..... 142
3.4.3.9 Análise quantidade de acerto dos participates ..... 145
3.4.3.10 Análise do questionário para coleta de informações preferenciais ..... 147
3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA OS EXPERIMENTOS ..... 149
**4 USO DE NEUROCIÊNCIA PARA MELHORIA DO PROCESSO DECISÓRIO COM O FITRADEOFF E DO DESENHO DO SAD ..... 155**
4.1 PROCESSOS DE DECISÃO COM O FITRADEOFF ..... 157
**4.1.1 Processo decisório para problemática de escolha ..... 157**
**4.1.2 Processo decisório para problemática de ordenação ..... 159**
4.2 INSIGHTS PARA A INTERAÇÃO ENTRE ANALISTA E DECISOR NA AVALIAÇÃO HOLÍSTICA ..... 161
**4.2.1 Geração de regras para o uso das visualizações com base em seu nível de confiança ..... 162**

4.2.1.1 Recomendações para cada uma das visualizações investigadas nos experimentos ..... 165
**4.2.2 Uso da estrutura dos quadrantes Alpha-Theta no aconselhamento ao decisor ..... 169**
**4.2.3 Consideração das diferenças no processo cognitivo para distinta distribuição de pesos ..... 171**
4.2.3.1 Identificação da condição de distribuição dos pesos no FITradeoff ..... 172
4.2.3.2 Recomendação para o analista ..... 173
**4.2.4 Recomendação a partir de diferenciação no número de critérios – par ou ímpar para tabelas ..... 173**
**4.2.5 Recomendação sobre uso de gráfico tipo radar ..... 174**
**4.2.6 Análise holística considerando a natureza do gráfico ..... 174**
**4.2.7 Recomendação sobre as condições dos decisores ..... 174**
4.3 INSIGHTS PARA A INTERAÇÃO ENTRE ANALISTA E DECISOR AVALIAÇÃO HOLÍSTICA PARA PROBLEMÁTICA DE ORDENAÇÃO 175
**4.3.1 Quando o decisor deve adotar uma decisão holística no FITradeoff de ordenação ..... 176**
**4.3.2 Como escolher que melhor par de alternativas deve ser analisado ..... 177**
**4.3.3 Exemplo ilustrativo de análises holísticas ..... 179**
4.4 DESENHO DE SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO (SAD) ..... 186
**4.4.1 Sinalizar em ambos os SADs do FITradeoff o tipo de distribuição dos pesos ..... 186**
**4.4.2 Disponibilizar em ambos os SADs do FITradeoff as regras para uso das visualizações ..... 187**
**4.4.3 Incluir no SAD do FITradeoff de escolha a visualização tabular ..... 188**
**4.4.4 Disponibilizar no SAD do FITradeoff de ordenação as visualizações gráficas e tabulares ..... 188**
**4.4.5 Alterar o SAD do FITradeoff de ordenação ..... 189**
**4.4.6 Alterar o SAD do FITradeoff de escolha ..... 191**
**5 USO DOS RESULTADOS EM APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS COM O FITRADEOFF ..... 192**
5.1 PROBLEMA DE SELEÇÃO DE FORNECEDOR ..... 192
**5.1.1 Descrição do problema ..... 192**

**5.1.2 Problemática de escolha ..... 193**
**5.1.3 Problemática de ordenação para os decisores 1 e 2 ..... 195**
5.2 PROBLEMA DE SELEÇÃO DE TECNOLOGIA AGRÍCOLA ..... 201
**5.2.1 Descrição Suscinta do Problema ..... 201**
**5.2.2 Problemática de Ordenação ..... 201**
5.3 VARIAÇÃO NA APLICAÇÃO DE SELEÇÃO DE FORNECEDOR ..... 205
**5.3.1 Gráfico de barras para problema com cinco critérios ..... 205**
**5.3.2 Gráfico tipo radar para problema com cinco critérios ..... 206**
**5.3.3 Reconfiguração do Diagrama de Hasse ..... 207**
5.4 SÍNTESE DE RESULTADOS USADOS NAS APLICAÇÕES ..... 207
**6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 210**
6.1 CONCLUSÕES ..... 210
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 213
**REFERÊNCIAS ..... 215**
**APÊNDICE A - TEMPO DE RESPOSTAS PARA O EXPERIMENTO 2. ..... 224**
**APÊNDICE B TEMPO DE RESPOSTAS PARA O EXPERIMENTO 3. ..... 226**
**APÊNDICE C - FIXAÇÕES E VISITAS PARA O EXPERIMENTO 2. 229**
**APÊNDICE D- COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PELA BASELINE PARA O EXPERIMENTO 2. ..... 235**
**APÊNDICE E - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PELA BASELINE PARA O EXPERIMENTO 3. ..... 237**
**APÊNDICE F - VALORES DE POTÊNCIA DAS ONDAS CEREBRAIS PARA O EXPERIMENTO 2 ..... 239**
**APÊNDICE G - VALORES DE POTÊNCIA DAS ONDAS CEREBRAIS PARA O EXPERIMENTO 3 ..... 243**

**APÊNDICE H - BOX PLOTS PARA OS VALORES DE P7 EM ALPHA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO ..... 248**

**APÊNDICE I- TABELA COM AS INFORMAÇÕES PESSOAIS E RESPOSTA AOS QUESTIONÁRIOS PARA CADA PARTICIPANTE 252**

**APÊNDICE J - DIAGRAMA DE QUADRANTES PARA CADA UMA DAS VISUALIZÇÕES CONSTRUÍDAS PARA OS PROBLEMAS 2A5C EM DIANTE..... 254**

**APÊNDICE K - TAXA DE ACERTO, MÉDIA RT E MÉDIA PUP PARA OS PARTICIPANTES QUE AVALIARAM OS PROBLEMAS MCDM/A E FORAM USADOS..... 259**

**APÊNDICE L -QUESTIONÁRIOS APLICADOS ..... 261**

# 1 INTRODUÇÃO

O processo de tomada de decisão envolvendo problemas de decisão multicritério, do inglês *Multi-Criteria Decision Making/Aiding* (MCDM/A), é uma atividade que se faz presente, constantemente, na rotina das organizações. Problemas de decisão multicritério são caracterizados, formalmente, por situação onde se faz necessária a decisão entre duas ou mais alternativas de ação, as quais são avaliadas em dois ou mais critérios ou atributos. Tais critérios representam os diversos objetivos do problema, os quais são em muitos casos conflitantes entre si (Keeney & Raiffa, 1976; Belton & Stewart, 2002; Figueira et al., 2005, de Almeida et al., 2015).

Sendo assim, devido a complexidade envolvida nas diversas situações onde problemas MCDM/A se fazem presentes, e as consequências atreladas à escolha inadequada de uma solução, uma preocupação dos decisores está na estruturação destes problemas e na resolução dos mesmos, visando encontrar a melhor solução.

Neste contexto, diversos métodos de resolução a problemas MCDM/A foram desenvolvidos com o objetivo de manter a racionalidade do processo decisório e se fazem presentes na literatura. Estes métodos são indicados a partir de um modelo de decisão construído com base nos elementos do problema e alicerçado nas preferências do decisor ou dos decisores envolvidos, dado que problemas de decisão multicritério podem envolver apenas um decisor ou um grupo de decisores.

Diversos estudos com a aplicação de métodos de resolução a problemas MCDM/A foram desenvolvidos e se fazem presentes na literatura. Um problema comum e que apresenta grande relevância na rotina das diversas organizações é o problema de seleção de fornecedores, com diversas aplicações presentes na literatura, tais como: Frej et al. (2017); Dweiri et al., (2016); Chai et al., (2013) e Barla, (2003). Além deste exemplo, outras aplicações comuns envolvem problemas de seleção de políticas de manutenção, seleção de equipamentos e seleção de localização de plantas apresentados por Wang et al. (2007), Lashgari et al. (2012) e Demirel et al. (2017), respectivamente.

No entanto, em muito dos estudos desenvolvidos envolvendo métodos de resolução à problemas MCDM/A não consideram-se aspectos comportamentais que podem estar presentes no processo decisório, considerando os decisores como seres totalmente racionais. Por outro lado, segundo Eagleman (2015), os seres humanos nem sempre atuam de maneira totalmente racional, podendo aspectos comportamentais, não conscientes, estarem presentes no processo decisório.

Neste contexto, a não inclusão destes aspectos pode ser considerada como uma lacuna na área de MCDM/A e necessita ser investigada com mais profundidade. Tal tema é discutido por Korhonen & Wallenius (1997), os quais comentam sobre a necessidade de modulação dos aspectos comportamentais e a inclusão destes dentro do processo de tomada de decisão. Em outras palavras, Korhonen & Wallenius (1997) discutem a necessidade de transformação dos métodos com base nos resultados de estudos comportamentais, onde modulação refere-se a transformação. Vale ressaltar que o termo modulação, empregado no título desta tese de doutorado, e em diversas partes deste estudo, foi retirado de Korhonen & Wallenius (1997) indicando a transformação no processo decisório com o método FITradeoff a partir da consideração dos aspectos comportamentais.

Além disso, a consideração sobre os aspectos comportamentais (*Behavior Consideration*) é apresentada em Wallenius & Wallenius (2008), o qual foi um estudo que apresentou temas de relevância para o desenvolvimento de pesquisas na área de MCDM/A.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi investigar o processo decisório realizado com base na avaliação holística, pelos decisores, para o método de elicitação de constantes de escala FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff* - de Almeida et al., 2016). A etapa de avaliação holística, permitida pela presença de visualizações gráficas no Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do FITradeoff, foi foco de estudo devido ao 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), este(s) usem das visualizações para definirem relações de dominância entre as alternativas e encurte(m) o processo decisório. Neste contexto, as visualizações trazem flexibilidade para o processo decisório desenvolvido com o método FITradeoff.

Conforme já explorado por estudos de simulação, após a primeira etapa de interação do(s) decisor(es) com o método FITradeoff, a quantidade de alternativas iniciais do problema é reduzida a menos de cinco, em 80% dos problemas testados (Mendes et al., 2019). Sendo assim, com a presença de poucas alternativas para a avaliação, o decisor pode definir relações de dominância entre algumas e encurtar o processo decisório.

Vale ressaltar que, o que concerne ao processo de decisão em grupo, em diversos casos, a agregação dos resultados individuais dos decisores é realizada anteriormente a integração destes decisores. Neste contexto, para este procedimento de agregação, os decisores avaliam,

separadamente, o problema MCDM/A e o solucionam com base em suas preferências, remetendo-se a uma decisão individual (Kilgour & Eden, 2010). Sendo assim, as recomendações apresentadas neste estudo sobre o uso de avaliação holística, com base nas visualizações gráficas e tabulares, apresenta relevância para os dois cenários de decisão, com apenas um ou com mais de um decisores.

Retomando ao objetivo deste estudo, investigar a avaliação holística do processo decisório para o FITradeoff, isto foi possível graças ao uso da abordagem de Neurociência como um suplemento para a investigação do comportamento dos decisores durante o processo avaliação holística, permitindo assim o desenvolvimento de recomendações para a modulação deste processo decisório.

Na literatura de neurociências há duas diferentes visões para o emprego do termo ‘decisão’. A primeira trata de decisão sensorial e a segunda, que é a de interesse para esse trabalho, trata de decisão preferencial, ou seja, que envolve escolhas dos decisores baseadas em sua estrutura de preferências, conceito comumente usado na área de apoio a decisão (MCDM/A e de GDN – *Group Decision and Negotiation*).

Neste contexto, para o desenvolvimento deste estudo, três experimentos de neurociência em decisão, com o termo, em inglês, *Decision Neurocience* para representação, foram desenvolvidos utilizando de dois equipamentos de Neurociência, o *Eye-tracking* e o Eletroencefalograma (EEG), para investigar o comportamento dos decisores quando estes avaliavam problemas MCDM/A representados por gráficos e tabelas.

A partir do uso destes equipamentos, variáveis fisiológicas não controladas pelo decisor, foram coletadas e, após várias análises serem desenvolvidas, diversas recomendações puderam ser apresentadas ao analista para apoiar o seu processo de interação com o decisor, e diversas sugestões de melhorias puderam ser geradas para implementação no desenho e no algoritmo do SAD desenvolvido para o FITradeoff, tanto com problemática de escolha, como de ordenação.

Sobre este estudo, alguns trabalhos já foram desenvolvidos e encontram-se na literatura, sendo eles: Roselli et al., (2019 a, c), Roselli & de Almeida (2019 a,b), Roselli et al., (2018 a,b), de Almeida et al. (2018), Roselli et al (2017 a,b), Roselli & de Almeida (2017) e de Almeida & Roselli (2017 a,b).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa primária para o desenvolvimento deste estudo encontra-se apoiada na lacuna que é observada na literatura sobre a consideração de aspectos comportamentais dos

decisores durante a resolução de problemas MCDM/A (Korhonen & Wallenius, 1997, Hunt et al., 2014). Sendo assim, a abordagem de Neurociência foi utilizada como suplemento de apoio e agregada a abordagem de decisão multicritério para investigar o comportamento dos decisores.

Dentro da temática de tomada de decisão multicritério, o método FITradeoff (de Almeida et al., 2016) foi escolhido para estudo devido a sua estrutura axiomática e menor esforço cognitivo que este exige do decisor quando comparado ao método Tradeoff (Keeney & Raiffa, 1976). E dentro do método FITradeoff, a etapa de visualização gráfica, presente no seu Sistema de Apoio a Decisão (SAD), foi o foco de estudo para desenvolvimento desta pesquisa.

A justificativa principal para escolha da etapa de visualização gráfica foi devido a flexibilidade que a avaliação holística apresenta para o decisor, durante o processo decisório com o método FITradeoff.

Com apoio dos gráficos, já existentes no SAD do FITradeoff, tanto para uma decisão individual, como para uma decisão em grupo, o(s) decisor(es) pode(m) avaliar, por exemplo, as alternativas finalistas em um problema de escolha, ou as alternativas incomparáveis em uma dada posição do ranking, para um problema de ordenação (Frej et al., 2019). No entanto, apesar da flexibilidade que estes gráficos trazem para o método, de nada adianta o seu uso, se os decisores não compreendem as informações apresentadas por eles, e consequentemente, não tem habilidade de desenvolver a avaliação holística dos problemas MCDM/A.

Com base nesta justificativa principal, a questão de pesquisa foi elaborada: Como os decisores avaliam problemas MCDM/A representados em diferentes formas de visualização gráfica e tabular?

Sendo assim, para desenvolver tal questão de pesquisa, três experimentos foram elaborados usando dois equipamentos de neurociência, sendo eles o *Eye-Tracking*, e o Eletroencefalograma (EEG). Com base nas variáveis fisiológicas coletadas pelos equipamentos foi desejado modular o processo decisório para o FITradeoff a partir da geração de recomendações para o analista com relação ao seu processo de interação com o decisor e da geração de sugestões de melhoria para o SAD do FITradeoff, tanto para a problemática de escolha, como de ordenação.

## 1.2 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

A relevância do trabalho pode ser destacada pela atenção que tem despertado na comunidade científica internacional e nacional, particularmente no que concerne ao uso de

estudos comportamentais para modular métodos e processos de tomada de decisão, seja MCDM/A de natureza individual ou em grupo de decisores. Este trabalho é inovador para a área principal de estudo, a tomada de decisão multicritério, devido a baixa quantidade de estudos que realizam integração com a abordagem de Neurociência (Hunt et al., 2014).

Isso foi ainda mais ressaltado por Wallenius & Wallenius (2020) em recente capítulo num livro editado com seleção de trabalhos no contexto da International Society of Multi-Criteria Decision-Making (Sociedade Internacional de Decisão Multicritério). Os autores tratam das recentes implicações que mega tendências globais acarretam nas pesquisas de MCDM/A.

Vários prêmios foram recebidos que de forma direta ou indireta se relacionam a este estudo, no que concerne aos melhoramentos no processo decisório com o método FITradeoff.

O método FITradeoff, que foi escolhido para ser o principal foco de aplicações dos resultados desse estudo, tem tido bons indicadores de uso, conforme se verifica em seu site (www.fitradeoff.org), em 08 de Abril do ano de 2019 a fonte Mendeley indicava 45 citações de seu artigo inicial (de Almeida et al, 2016) com 2696 visualizações, tendo sido visto ou baixado (downloaded) em mais de 60 Países.

Ainda se destaca que esse artigo recebeu em 2019 o prêmio de melhor contribuição Metodológica/Teoria pela EURO (Associação de Sociedades Europeias de Pesquisa Operacional) como melhor artigo no EJOR (European Journal of Operational Research), no período de 2016 a 2017 (em um conjunto de 1381 artigos).

Além deste prêmio, há outros recebidos:

- 2018 – GDN Springer Young Researcher Award – Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System (https://connect.informs.org/group-decision-and-negotiation/awards/new-item);
- 2017 – Euro Working Group on Decision Support Systems Award – Multicriteria decision making for healthcare facilities location with visualization based on the FITradeoff method (https://ewgdss.wordpress.com/2017/10/02/ewgdss-2017-award-marta-dellovo/);
- 2017 – Best Technological Production ANPEPRO – Multicriteria Decision Support System with FITradeoff method (http://anpepro.org.br/premiacoes/).

Dois destaques merecem especial atenção:

- O prêmio de 2018 está relacionado diretamente a esta tese.

O prêmio Tecnológico de 2017, trata do Software que recebe uma das principais contribuições deste estudo, que é na melhoria do seu design.

## 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Neste item é apresentado o objetivo geral desta pesquisa, e a partir deste objetivo são construídos os objetivos específicos da pesquisa.

### 1.3.1 Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste estudo é usar a abordagem de 'neurociência em decisão' para modular o processo de decisão multicritério, com decisores atuando individualmente ou em grupo, com a finalidade de melhorar os procedimentos de avaliação holística, usando visualização gráfica e tabular, por meio da geração de insights que o analista pode usar para efetuar recomendações ao decisor, e melhorias para os SADs construídos para o método FITradeoff com problemática de escolha e de ordenação.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

A partir do Objetivo Geral deste estudo, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Investigar como os decisores avaliam problemas de decisão MCDM/A representados por visualizações gráficas e tabulares usando a abordagem de Neurociência como ferramenta de apoio;
- Desenhar e aplicar experimentos que utilizam os equipamentos *Eye-Tracking* e EEG, para estudar o processo cognitivo em decisões com visualização gráfica e tabular;
- Desenvolver modelo probabilístico para estabelecer probabilidade de acertos e variância em com visualização gráfica e tabular, usando como estimador a Taxa de Acertos - HR (Hit Rate);
- Aplicar o estudo comportamental para modular o processo decisório, usando os insights obtidos para elaborar um conjunto de sugestões, regras e procedimentos como base para que o analista possa efetuar recomendações ao decisor;
- Aplicar o estudo comportamental para modular o método FITradeoff, propondo melhorias para os SADs construídos;
- Mostrar o uso desses resultados em aplicações desenvolvidas com FITradeoff, em problemas de decisão multicritério, com decisores atuando individualmente ou em grupo.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em seis Capítulos a seguir:

O Capítulo I, a Introdução, apresenta as motivações e justificativas para o desenvolvimento do trabalho e os objetivos do estudo.

O Capítulo II, Fundamentação Teórica e Revisão Bibliográfica têm como objetivo fornecer a base conceitual sobre o tema de estudo e o posicionamento frente aos trabalhos já existentes na literatura. Na fundamentação teórica a base conceitual utilizada neste trabalho é apresentada e encontra-se dividida em quatro itens: o primeiro é composto por informações referentes à Decisão Multicritério e Decisão em Grupo; o segundo é composto por uma descrição do Método FITradeoff, o terceiro apresenta o uso da visualização gráfica na tomada de decisão e por fim, o último descreve o uso da Neurociência na tomada de decisão. A revisão bibliográfica foi elaborada com o objetivo de explorar ainda mais a presença de aspectos comportamentais dentro do contexto MCDM/A, a partir da coleta e investigação de estudos unindo tais áreas. Os estudos após coletados foram divididos dentro dos itens: neurociência para entender o processo de tomada de decisão em geral, estudos específicos para entendimento da tomada de decisão multicritério, que apresentam métodos conhecidos e métodos desconhecidos e a investigação das emoções dentro do processo de decisão.

O Capítulo III, Experimentos em Neurociência, apresenta os detalhes dos experimentos desenvolvidos para investigação do uso de visualização gráfica e tabular para representar problemas de decisão multicritério. Sendo assim, este capítulo é subdividido em quatro itens: Experimentos de Neurociência Desenvolvidos, apresentando uma descrição geral dos experimentos desenvolvidos, Experimento 1, apresentando uma breve descrição do primeiro experimento desenvolvido, o qual foi foco de estudo na Dissertação de Mestrado (Roselli, 2018), Experimento 2 desenvolvido com gráfico de barras e tabelas e Experimento 3 desenvolvido com duas alternativas, para tais experimentos detalhes sobre os resultados e discussões de resultados são apresentados. Com base nestes experimentos alguns trabalhos já se fazem presentes na literatura, sendo eles: Roselli et al., (2019 a,c), Roselli & de Almeida (2019 a,b), Roselli et al., (2018 a,b), de Almeida et al. (2018), Roselli et al (2017 a,b), Roselli & de Almeida (2017) e de Almeida & Roselli (2017 a,b).

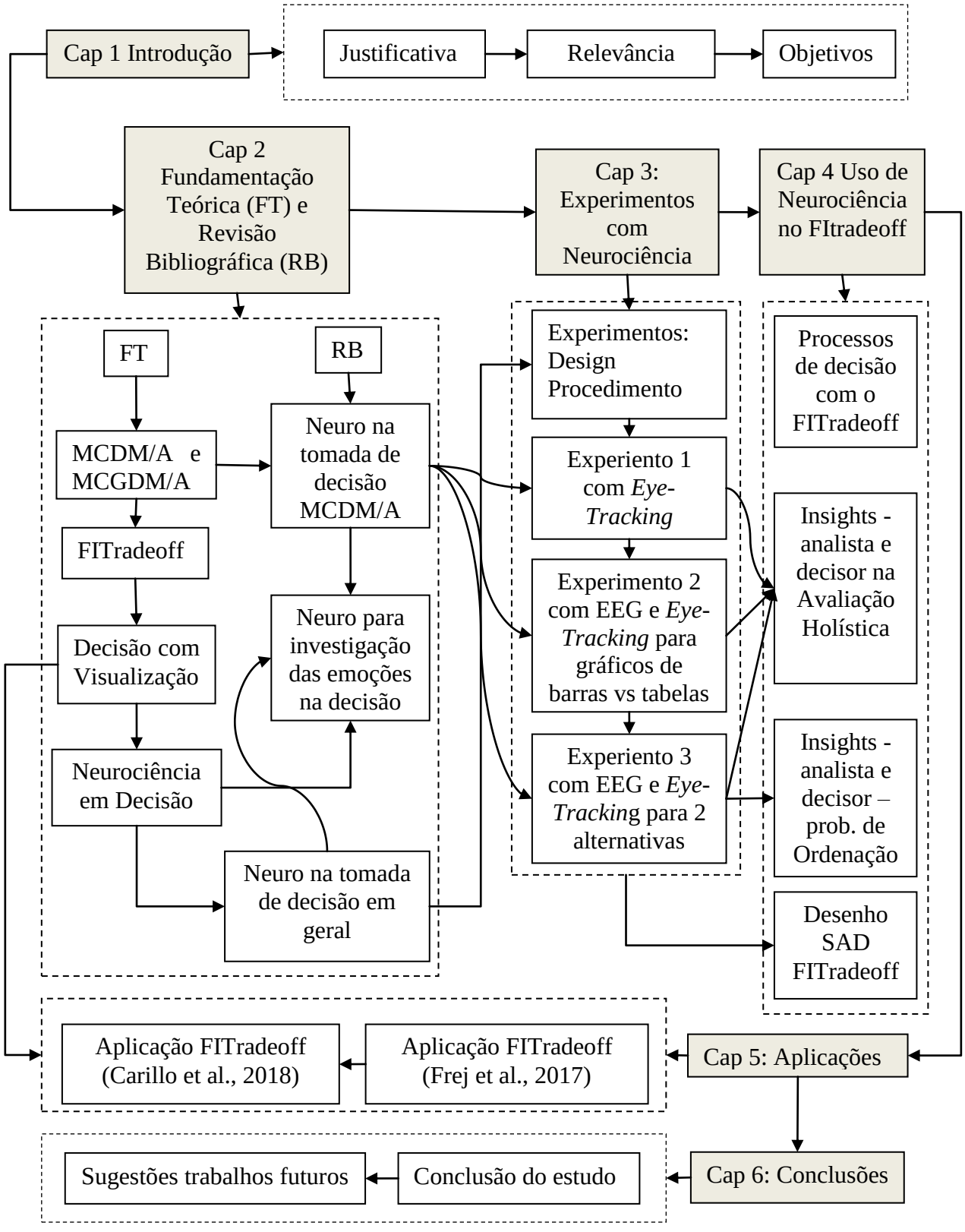
O Capítulo IV, Desenho e Análise do FITradeoff, apresenta os resultados dos experimentos aplicados para a modulação da tomada de decisão multicritério, em duas dimensões: geração de insights para o analista e melhorias no desenho dos SADs.

O Capítulo V, Uso dos resultados em aplicações com o método FITradeoff, ilustra alguns dos resultados desenvolvidos por este estudo em duas aplicações publicadas em periódicos (Frej et al, 2017; Carrillo et al., 2018).

O Capítulo VI, Conclusão, realiza um fechamento do estudo desenvolvido, apresentando os resultados e questionamentos gerados, os quais são utilizados como sugestões para o desenvolvimento de futuros trabalhos.

A estrutura do trabalho encontra-se ilustrada na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma com escopo da tese




Fonte: Esta pesquisa (2020).

# 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentadas a Fundamentação Teórica e a Revisão da Literatura desenvolvida para esta pesquisa.

## 2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base conceitual utilizada neste trabalho é apresentada a seguir e encontra-se dividida em quatro itens: o primeiro é composto por informações referentes à Decisão Multicritério e Decisão em Grupo; o segundo é composto por uma descrição do Método FITradeoff, o terceiro apresenta o uso da visualização gráfica na tomada de decisão e por fim, o último descreve o uso da Neurociência na tomada de decisão.

### 2.1.1 Decisão multicritério e decisão em grupo

Problemas de decisão multicritério são caracterizados por problemas que apresentam pelo menos duas alternativas de escolha, onde esta escolha visa atender a múltiplos objetivos. (Keeney & Raiffa 1976; Belton & Stewart 2002; Figueira et al., 2005). Diversos problemas de decisão multicritério se fazem presentes na rotina da sociedade, sendo enfrentados tanto no âmbito pessoal como no âmbito profissional.

Apesar da grande frequência em que problemas de decisão MCDM/A são vivenciados na rotina da sociedade, estes podem ser considerados complexos por aqueles que os enfrentam devido à presença de múltiplos objetivos, os quais, em muitos casos, são conflitantes entre si. Sendo assim, uma preocupação geral está na estruturação do processo de busca pela melhor solução para um dado problema, considerando que após uma solução ser definida, esta se encontra atrelada a consequências que podem ser desfavoráveis e de difícil reversão.

Neste sentido, visando estruturar os problemas de decisão MCDM/A, modelos de tomada de decisão foram desenvolvidos trazendo uma representação formal para tais problemas. Um dos primeiros modelos desenvolvidos foi o de Simon (1960) o qual foi composto por três estágios, sendo eles: inteligência, desenho e escolha. Além do modelo desenvolvido por Simon (1960), diversos modelos de decisão para problemas MCDM/A foram construídos e se fazem presentes na literatura, tais como: Roy (1996), Polmerol & Barba-Romero, (2000), Belton & Stewart, (2002) e de Almeida et al., (2015).

Neste contexto, modelos de decisão são caracterizados por apresentarem passos estruturados visando a consideração dos diversos elementos presentes nas situações problemas e as preferências dos indivíduos que são responsáveis pela decisão que será

tomada. O objetivo destes modelos é encontrar a solução mais favorável para tais indivíduos, mantendo a racionalidade do processo decisório. Vale ressaltar que de acordo com Box e Draper (1987) todos os modelos de tomada de decisão desenvolvidos para representar e solucionar os problemas MCDM/A são falhos, visto que eles são simplificações da realidade. No entanto, esses modelos são úteis para que seja possível estruturar situações problemáticas, permitindo a definição da solução mais favorável para essas situações.

Com relação aos indivíduos que são responsáveis por tomar a decisão, estes são chamados de decisores e são essenciais dentro do estudo de problemas MCDM/A. Todo o processo de construção do modelo é realizado com base nas preferências dos decisores sobre a situação problema enfrentada. Neste contexto, um modelo de decisão é específico e personalizado para um dado problema (de Almeida et al., 2015).

Problemas de decisão podem envolver apenas um decisor, sendo esta uma decisão individual, ou mais de um decisor, sendo esta uma decisão em grupo (MCGDM – *Multi-Criteria Group Decision Making*). Uma decisão em grupo consiste em uma decisão onde dois ou mais decisores estão presentes e estes tem responsabilidade sobre a escolha que será feita (de Almeida, 2013).

Dentro de problemas de decisão em grupo uma grande preocupação está na interação destes decisores para que uma solução de compromisso satisfatória seja encontrada para o grupo. Neste contexto, utiliza-se de modelos matemáticos para agregar as preferências dos decisores na busca pela solução de compromisso. O processo de agregação de preferências pode ser desenvolvido de duas maneiras, a agregação das soluções finais encontradas por cada decisor de maneira individual ou a agregação das preferências individuais de cada decisor para que a solução seja encontrada pelo grupo, o qual se comporta como um só indivíduo. O processo de agregação que será escolhido para solucionar a situação problema depende do contexto organizacional apresentado (Kilgour & Eden, 2020; Kilgour & Eden, 2010).

De acordo com de Almeida et al. (2015), além do decisor, outros atores podem estar presentes no cenário de decisão, sendo importante não só a identificação destes atores, mas também a definição do papel que eles apresentam no processo decisório. Um ator muito importante no processo de decisão, e que será bastante ressaltado neste trabalho, é o analista. O analista é aquele que apresenta conhecimento sobre a abordagem de decisão multicritério e o seu papel é fornecer apoio metodológico ao(s) decisor(es) durante todo o processo.

Sendo assim, com base no modelo de decisão construído, um método de apoio a decisão multicritério, que pode ser caracterizado por uma teoria axiomatizada ou um procedimento, pode ser utilizado para solucionar o problema. Vale ressaltar que o método indicado deve ser

selecionado durante as etapas de construção do modelo, sendo um output do modelo construído, alicerçado nas preferências do decisor.

Diversos métodos MCDM/A encontram-se disponíveis na literatura, sendo cada um deles construídos com base em estrutura axiomática ou metodológica distinta. Há na literatura várias formas de classificar esses métodos (de Almeida et al, 2015). Por exemplo, com base na classificação de Roy (1996) têm-se três grupos: Métodos de Critério Único de Síntese, Métodos de Sobreclassificação, e Métodos Interativos. Uma forma de classificação mais associada à questão da modelagem de preferências considera a racionalidade do decisor em dois conjuntos de métodos: métodos com racionalidade compensatória e não compensatória (de Almeida et al, 2015).

Os métodos de Critério Único de Síntese são adequados para problemas MCDM/A em que o decisor apresenta racionalidade compensatória para a solução. Neste caso, para tal decisor é coerente a compensação de uma avaliação negativa de uma alternativa em um dado critério, pela avaliação positiva desta mesma alternativa em outro critério. Sendo assim, é realizada a agregação das avaliações de uma mesma alternativa nos vários critérios encontrando um critério único de síntese, ou seja, uma avaliação ou escore global.

Para os Métodos de Critério Único de Síntese, a agregação aditiva é a mais utilizada, sendo utilizada em problemas com avaliações de consequências determinísticas ou probabilísticas. Para problemas de caráter determinístico, tem-se a Teoria do Valor Multi-Atributo (*Multi-Attribute Value Teory* – MAVT). Em situações probabilísticas a Teoria da Utilidade Multi-Atributo (ou *Multi-Attribute Utility Teory* - MAUT) é a maior representante (Keeney and Raiffa, 1976).

Por outro lado, os métodos de Sobreclassificação são adequados para problemas onde a racionalidade do decisor é não compensatória. Para esta classificação os maiores representantes são os métodos da família do ELECTRE (Roy 1996) e da família do PROMETHEE (Vincke & Brans, 1985). Por fim, ainda existem os métodos classificados como Interativos, considerados para Programação Matemática, embora a interatividade tenha sido implementada nos dois tipos de métodos anteriormente descritos.

Embora em sua classificação Roy (1996) não tenha associado a racionalidade compensatória ou não-compensatória, essa ligação entre a racionalidade e sua classificação já foi efetuada acima. Assim, doravante consideraremos apenas essa forma de classificação, em função da racionalidade compensatória ou não compensatória, por ser mais abrangente (de Almeida et al., 2015).

Para este estudo, o método FITradeoff (de Almeida et al., 2016), utilizado para elicitação das constantes de escala e dentro do contexto do MAVT, foi investigado. Em especial, a investigação das visualizações gráficas, as quais se fazem presente no Sistema de Apoio de Decisão (SAD) do método FITradeoff, foi o objetivo principal deste estudo, usando como suporte a abordagem de Neurociência.

### 2.1.2 O método FITradeoff

Um elemento fundamental dentro dos Métodos de Critério Único de Síntese são as constantes de escala. As constantes de escala (ki) são fundamentais para o desenvolvimento da agregação das avaliações de cada uma das alternativas em um único critério. A elicitação das constantes de escala não é uma atividade simples para os decisores desenvolverem, sendo o maior desafio dentro deste grupo de métodos.

Um erro típico quando se usa o modelo de agregação aditivo está na definição dos valores de constantes de escala com base unicamente no grau de importância que cada critério apresenta para o decisor. Tal erro é considerado uma tendência natural por Keeney (1976), no entanto este acarreta na perda de informação com relação aos valores das consequências associadas a cada um dos critérios. Sendo assim, para o cálculo correto destas constantes, deve-se considerar o conjunto de valores de consequências associadas a cada critério e a importância que estas têm para o decisor.

O método FITradeoff (de Almeida et al., 2016) foi desenvolvido para simplificar o processo de elicitação das constante de escala utilizando do conceito de informações parciais e baseando-se no procedimento de elicitação tradicional Tradeoff desenvolvido por Keeney & Raiffa (1976).

Métodos de informação parcial, imprecisa ou incompleta foram desenvolvidos visando facilitar a elicitação das constantes de escala visto que os procedimentos tradicionais, o método Tradeoff (Keeney & Raiffa, 1976) e o Swing (Von Winterfeldt & Edwards, 1986), acarretavam em um número elevado de inconsistências nos resultados, sendo 67% de inconsistências encontradas no Tradeoff e 50% no Swing, de acordo com estudos de Borcherding et al.(1991) e Weber & Borcherding (1993). Vale ressaltar que as inconsistências no método Tradeoff também foram investigadas em Roselli et al. (2019b), onde um valor similar ao apresentado nos estudos acima foi observado.

Neste sentido, o método FITradeoff foi desenvolvido utilizando como base o método Tradeoff, o qual comparado com o Swing apresenta uma estrutura axiomática mais robusta, porém menor taxa de uso devido ao número elevado de inconsistências encontradas.

O FITradeoff encontra-se no contexto do MAVT e apresenta duas fases principais para elicitar as constantes de escala e indicar a solução para o solucionar o problema. Considerando que as etapas iniciais para resolução de problemas de decisão MCDM/A tenham sido realizadas, sendo estas etapas resumidas a ajustes nos dados iniciais para a construção da matriz de consequências e a avaliação intracritério, a primeira etapa do método é a ordenação das constantes de escala.

A título de esclarecimento, a matriz de consequências apresenta nas linhas as alternativas e nas colunas os critérios e é composta pelos valores de consequências. Já a avaliação intracritério consiste na avaliação de cada alternativa em cada critério para a construção da função valor no MAVT, esta etapa varia dependendo da família de métodos pré-selecionados durante a construção do modelo decisório. Dentro da etapa intracritério, transformações de escala podem ser realizadas para normalizar os valores das consequências na matriz, visto que como cada critério representa um objetivo diferente, estes podem ser avaliados em diferentes unidades de medida. O procedimento de normalização utilizado deve estar condizente com as preferências dos decisores expressas ao longo da construção do modelo. Para o método FITradeoff o procedimento que utiliza do conceito de escala intervalar com o valor zero atribuído a pior avaliação e valor 1 atribuído a melhor avaliação em um dado critério, com as outras avaliações entre 0 e 1, é o indicado visto que é o utilizado no método Tradeoff (de Almeida, 2013)

A etapa de ordenação das constantes de escala é comum não só para o FITradeoff mas também para o Tradeoff e Swing e exige que o decisor ordene a constante de escala referente a cada um dos critérios. Para esta etapa é considerado hipoteticamente que existe uma alternativa com os piores valores de consequência em todos os n 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 e a avaliação repetida até que todos os critérios tenham sido avaliados. Com base nesta etapa, a primeira inequação é construída apresentando a ordenação das constantes de escala para os critérios do problema, conforme ilustrado na equação 1.

$$k_1 > k_2 > k_3 > \cdots > k_n \qquad (1)$$

A segunda etapa do processo é a elicitação das constantes de escala propriamente dita. Para esta etapa, comparações são realizadas apresentando valores de consequências associadas a critérios adjacentes, essa adjacência segue a ordem definida na etapa anterior. Sendo assim, o decisor deve expressar apenas sua preferência sobre qual das consequências é

preferível para ele, podendo, se desejar, expressar indiferença entre as consequências ou não responder ao questionamento prosseguindo para a próxima comparação.

Diferentemente do método Tradeoff tradicional, no FITradeoff apenas preferências estritas são necessárias, não sendo imposto ao decisor que este encontre uma relação de indiferença para todas as comparações entre os critérios adjacentes, como é realizado no Tradeoff. Em outras palavras, no método Tradeoff o decisor precisa identificar todos os (n-1) pontos de indiferença, sendo ao final encontrado um valor exato para todas as n constantes de escala, onde n é a quantidade de critérios do problema.

De acordo com Kirkwood & Sarin (1985), métodos que exigem informações completas dos decisores sobre suas preferências, como é o caso do método Tradeoff, são em muitos casos considerados tediosos e cansativos, podendo desencorajar o decisor a enfrentar o processo decisório. Nesta perspectiva, o método FITradeoff não exige que o decisor expresse os exatos pontos de indiferença, e nem muito menos, todos estes pontos. No FITradeoff um espaço de valores é encontrado para cada uma das constantes de escala, ao invés dos valores propriamente ditos, exigindo um menor esforço cognitivo por parte do decisor.

Além disso, o processo decisório com o FITradeoff é interativo, ou seja, a medida que o decisor apresenta uma preferência para uma comparação fornecida, esta relação de preferência é transformada em uma inequação que nutre um problema de programação linear (PPL) na forma de restrição. O PPL para o FITradeoff de escolha é apresentado no sistema de equações ilustrados em (2).

$$Max \sum_{i=1}^{n} k_i v_i(x_{ij}) \qquad (2)$$

$$s.t$$

$$k_1 > k_2 > k_3 > \cdots > k_n$$

$$k_i v_i(x_i') \geq k_{i+1}$$

$$k_i v_i(x_i'') \leq k_{i+1}$$

$$\sum_{i=1}^{n} k_i v_i(x_{ij}) \geq \sum_{i=1}^{n} k_i v_i(x_{iz})$$

$$\sum_{i=1}^{n} k_i = 1$$

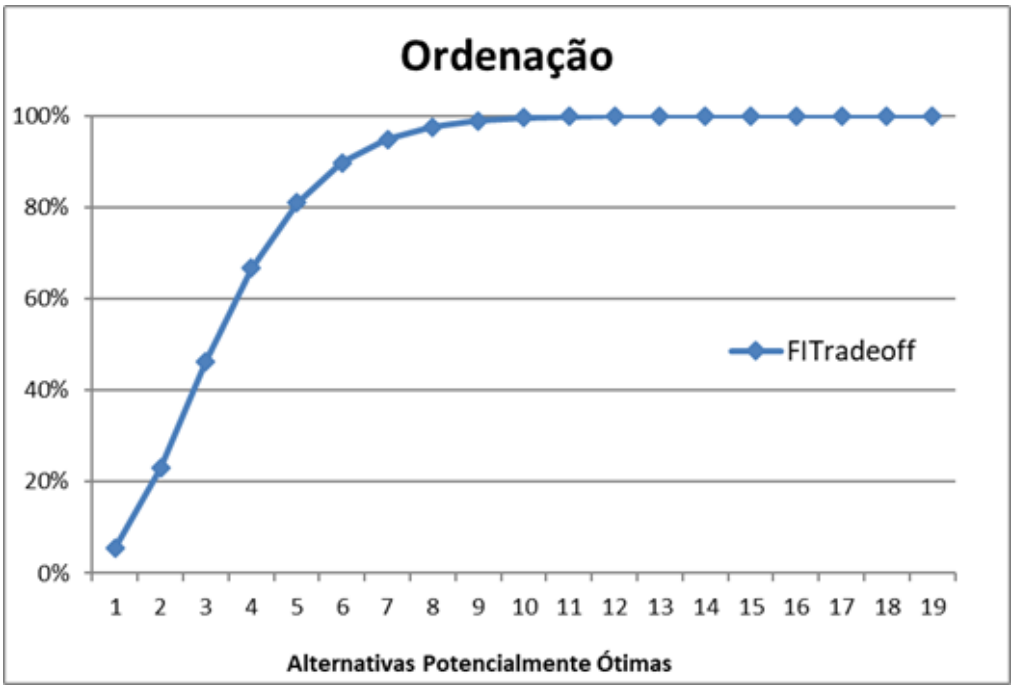
$$k_i \geq 0, i = 1,2,3,\ldots,n$$

Sendo assim, a cada resposta fornecida pelo decisor, esse PPL é atualizado e relações de dominância entre as alternativas são construídas, permitindo a predominância de algumas alternativas sobre as demais, o que é fundamental para a definição da solução final. A solução

final pode ser caracterizada pelo menor subconjunto possível com as melhores alternativas, pelo ranking das alternativas do problema (Frej et al., 2019), entre outras formas, dependendo do tipo de problemática envolvida na situação de decisão, as quais requerem alterações no sistema de equações.

Outra vantagem presente no SAD do FITradeoff é a possibilidade de uso de visualizações gráficas. Estas visualizações apresentam a finalidade facilitar o processo de tomada de decisão trazendo flexibilidade para o método. Estudos de simulação já demonstram que logo após etapa de ordenação dos pesos dos critérios, o número de alternativas iniciais é reduzido a menos de cinco em 80% dos casos e a menos de nove alternativas em 90% dos problemas MCDM solucionados (Mendes et al., 2019), conforme ilustrado na Figura 2

Figura 2- Curva de redução do número de alternativas após ordenação




Fonte: de Almeida & Roselli (2019).

Sendo assim, a ferramenta de visualização gráfica tem um papel muito importante pois fornece ao decisor a possibilidade de avaliar as alternativas finalistas e definir relações de dominância sobre elas, possibilitando que a solução final deseja definida de forma mais ágil, sem que o decisor necessite responder a todas as comparações de consequências apresentadas da etapa de elicitação.

Para a problemática de escolha, por exemplo, o decisor pode avaliar as alternativas potencialmente ótimas (POA), isto é, as finalistas do processo, em um dos gráficos disponíveis, e caso deseje, pode definir qual seria a alternativa final utilizando destes gráficos.

Já para a problemática de ordenação, o decisor pode definir uma relação de dominância de uma alternativa sobre outra a partir da análise das visualizações gráficas. Atualmente no SAD do FITradeoff se fazem presentes três tipos de gráficos, gráficos de barras, gráficos tipo radar e gráficos de bolhas. O FITradeoff encontra-se disponível em (http://www.fitradeoff.org).

Vale ressaltar, que o método FITradeoff, e consequentemente as visualizações gráficas, pode ser utilizado tanto em problemas que envolvem um decisão individual, como problemas que requerem uma decisão em grupo. Conforme comentado, para situações em que decisões em grupo são necessárias, o procedimento de agregação dos resultados finais, encontrados por cada um dos decisores após a avaliação individual do problema, é uma das formas de solução, a qual na essência assemelha-se a uma decisão individual (Kilgour & Eden, 2010).

Além disso, nestas situações onde esta forma de agregação se faz presente, a problemática de ordenação é bastante relevante pois oferece mais informações para que os decisores possam interagir na busca pela solução de compromisso que será adotada pelo grupo. Sendo assim, o processo decisório com o FITradeoff pode ser desenvolvido similarmente para decisão em grupo e individual.

Neste sentido, com base na importância que as visualizações gráficas apresentam para o método FITradeoff, devido a flexibilidade que estas trazem para o processo decisório, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de investigar o comportamento dos decisores quando estes avaliam problemas de decisão MCDM/A representados por visualizações gráficas e tabulares, isto é, quando estes realização avaliação holística com base em visualizações gráficas e tabulares, para permitir a modulação do processo decisório com o FITradeoff.

### 2.1.3 Decisão com visualização gráfica

De acordo com Miettinen (2014), as visualizações gráficas podem ser utilizadas em problemas MCDM/A para auxiliar na melhor compreensão sobre os dados do problema. Na mesma perspectiva, conforme Gettinger et al. (2013) estas visualizações concentram as informações dos problemas, possibilitando a comparação destas informações pelo decisor.

Dessa forma, as visualizações gráficas apresentam de maneira holística as informações sobre os valores de consequência associada a cada uma das alternativas, possibilitando assim a comparação entre estas alternativas, sendo uma ferramenta importante para fornecer insights para o decisor acerca do problema.

O uso do termo holístico tem sido adotado na comunidade de MCDM/A como uma das formas de modelagem de preferências, indicando a avaliação global de alternativas, que

podem ser visualizadas como um todo ou no conjunto de seus critérios, sem efetuar uma decomposição para análise separada desses critérios, na forma cartesiana (de Almeida, 2020). No entanto, quando visualizadas no conjunto de seus critérios, devido a sua natureza analítica, pode não ser canonicamente considerado como uma avaliação holística.

Sendo assim, para o trabalho em questão as visualizações gráficas e tabulares foram foco de estudo devido ao suporte que estas oferecem ao decisor no momento em que este está interagindo com o SAD desenvolvido para o método FITradeoff.

Vale ressaltar, que de acordo com Anderson (2001), visualizações gráficas podem ser utilizadas em diferentes etapas do processo de construção do modelo de decisão, desde a etapa de pré-decisão, podendo esta ser caracterizada como a etapa de estruturação do problema (Keeney, 1992), até na etapa de pós-decisão, podendo ser caracterizada pelo monitoramento da solução tomada.

No entanto, para o estudo em questão, as visualizações foram investigadas apenas durante o processo de resolução de problemas MCDM/A, sendo construídas com base nos valores de consequências que cada uma das alternativas apresentou para cada um dos critérios em problemas MCDM/A.

Além disso, apesar da existência de diferentes formas de visualização gráfica, as quais podem ser empregadas na resolução de problemas MCDM/A (Miettinen 2014), o estudo em questão utilizou apenas das três formas de visualização presentes no SAD do FITradeoff, em conjunto com a forma tabular. Atualmente no FITradeoff existem três tipos de gráficos, sendo eles: o gráfico de barras, o gráfico radar e o gráfico de bolhas.

Outros tipos de visualização gráfica não foram incluídos neste estudo, visto que estes foram julgados como de menor conhecimento pelos decisores, não sendo desejado apresentar novos tipos de visualização para os decisores, mas investigar como estes avaliavam problemas MCDM/A representados em visualizações gráficas já conhecidas. Devido ao seu maior uso nos processos decisórios dentro da rotina das organizações, o gráfico de barras foi investigado com maior profundidade neste estudo, estando presente nos três experimentos desenvolvidos.

### 2.1.4 Neurociência em decisão

O cérebro é o órgão mais complexo de nosso sistema nervoso, sendo composto por milhões de neurônios e trilhões de sinapses. Uma característica interessante sobre o cérebro humano é que este nasce notadamente inacabado, isto é, ao nascermos apresentamos pouquíssimas conexões, diferentemente dos outros animais que já nascem com várias conexões pré-definidas. Essa diferença pode ser vista como uma desvantagem nos primeiros

meses e anos de vida, no entanto, é ela que nos permite tornarmos seres flexíveis e adaptáveis, com capacidade cognitiva superior a dos demais animais (Eagleman, 2015).

Neste contexto, é possível perceber que o cérebro humano modifica-se ao longo da vida, criando novas conexões a medida novas experiências são desenvolvidas e eliminando conexões antigas que deixaram de ser utilizadas.

Apresentando como objetivo formal o estudo do sistema nervoso, e em especial o seu órgão mais importante – o cérebro, a abordagem de Neurociência vem sendo desenvolvida em conexão com diversas áreas do conhecimento, sendo considerada multidisciplinar, (Zhao et al.,2016; Smith & Huettel, 2010).

Em outras palavras, estudos desenvolvidos por diferentes áreas do conhecimento utilizam a abordagem de Neurociência para entender seus sistemas e/ou atividades de interesse. Com relação à atividade de tomada de decisão, 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.

Conforme comentado na introdução, existem duas diferentes visões para o emprego do termo ‘decisão’, sendo elas a visão de decisão sensorial e a visão de decisão preferencial. Decisão sensorial trata de escolhas envolvendo a percepção sobre determinado fenômeno, característica, ou variável, como por exemplo, distinguir se um objeto tem cor azul ou verde. O uso do termo ‘decisão’ para este tipo de escolha é comum nas áreas de neurociências relacionadas à saúde. Com relação a decisões preferencias, estas são foco de estudo de diversas áreas do conhecimento.

Com relação ao uso da Neurociência para a investigação de decisões econômicas, diversos trabalhos se fazem presentes na literatura, com o termo cunhado de Neuroeconomia, do inglês *Neuroeconomics* (Rangel et al., 2008; Glimcher & Rustichini, 2004, Fehr & Camerer, 2007; Mohr et al., 2010). Esta abordagem então tem permitido reavaliar a teoria clássica da economia para que aspectos importantes sejam considerados nos modelos desenvolvidos.

A teoria clássica da economia considerava os seres humanos como seres totalmente racionais, os quais consideravam os prós e contras da situação problema na busca pela solução ótima que maximizasse a utilidade esperada (Von Neumman & Morgenstern, 1944). No entanto, estudos comportamentais posteriores observaram que os seres humanos violavam vários axiomas da Teoria da Utilidade (Von Neumman & Morgenstern, 1944), sendo necessário o desenvolvimento de novas teorias, como a Teoria dos Prospectos (Kahneman &

Tversky, 1979), para reconsiderar estes axiomas e representar de maneira mais coerente o comportamento dos decisores frente à decisões econômicas.

Neste contexto, a Neuroeconomia é uma abordagem que vem sendo desenvolvida para investigar o comportamento de decisores quando estes estão frente a decisões econômicas visando entender as preferências expressadas e complementar as abordagens clássicas. Diversos experimentos foram desenvolvidos e se fazem presentes na literatura com relação a esta abordagem, principalmente usando jogos.

Com relação ao uso da Neurociência para investigar decisões de consumidores no momento de escolha e compra de produtos, a abordagem de *Consumer Neuroscience* se faz presente na literatura. No mesmo sentido, para o desenvolvimento de produtos desejáveis para o mercado consumidor (Khushaba et al., 2013; Morin, 2011), a abordagem de *Neuromarketing* também foi desenvolvida. Para estas abordagens, o uso de equipamentos de neurociência, os quais promovem a coleta e mensuração de variáveis fisiológicas, é de suma importância visto que estes possibilitam a identificação das preferências dos consumidores sem que estas precisem ser expressas conscientemente pelos consumidores (Goucher-Lambert et al., 2017).

Com relação ao uso da Neurociência para investigar o comportamento dos usuários quando estes interagem com Sistemas de informação (SI), a abordagem *NeuroIS* também apresenta trabalhos na literatura, possibilitando assim o desenvolvimento de sistemas que melhor se adequem a necessidades de seus usuários (Riedl et al., 2014).

Sendo assim, é possível perceber que a Neurociência apresenta grande relevância para o fornecimento de insights sobre o comportamento dos decisores contribuindo para o avanço dos estudos desenvolvidos por diversas áreas do conhecimento, sendo essa relevância evidenciada pelo desenvolvimento de abordagens específicas para agregar a Neurociência com estas áreas.

Devido a grande diversidade de temas de estudo para a neurociência, há um extenso número de sociedades científicas nesta área. Sendo as maiores mais direcionadas à área de saúde, sendo elas Society for Neuroscience (http://www.sfn.org/) e Cognitive Neuroscience Society (https://www.cogneurosociety.org/), com principal enfoque no estudo dos componentes do sistema neural e o estudo das doenças que atingem o sistema nervoso. Para a área de tomada de decisão, diversas sociedades se fazem presentes, sendo estas menores e relacionadas a áreas de conhecimento específicas, tais como a *Society for Neuroeconomics* (https://neuroeconomics.org/), direcionada para o estudo de decisões econômicas, *NeuroIS* (https://www.neurois.org), direcionada para o estudo de SI, entre outras.

Neste mesmo contexto, diversos equipamentos de neurociência se fazem presentes no mercado e são utilizados em diversos estudos encontrados na literatura. Tais equipamentos são utilizados para coletar, de maneira não invasiva, variáveis fisiológicas úteis para auxiliar na investigação e no entendimento do comportamento dos decisores frente à ações de interesse.

Alguns exemplos de equipamentos são: ressonância magnética funciona (*functional magnetic resonance imaging* - fMRI), que a partir da medição da taxa de oxigenação das moléculas de hemoglobina consegue estimar áreas cerebrais que estão sendo mais ativadas durante certas atividades; eletroencefalograma (*eletroencephalograph* – EEG), que a partir medição da atividade elétrica gerada durante a transmissão de sinais entre os neurônios apresenta a potência das frequências das ondas cerebrais geradas em diversas áreas do córtex; rastreador ocular (*Eye-Tracking*), que a partir do lançamento de luz infravermelha e reflexão desta pela córnea possibilita a detecção dos movimentos oculares; medidores de batimento cardíaco, medidores das características elétricas da pele, tai como os medidores de condutância da pele (*SCL – skin condutance level*), entre outros (Reuter & Montag, 2016).Há vários aspectos a se considerar nesses equipamentos, que são tratados na literatura, boa parte em livros textos de ampla divulgação (Glimcher & Fehr, 2013; Kahneman, 2013, Martin, 2008; Glimcher, 2004).

Com relação ao uso da Neurociência para investigar o comportamento de decisores quando estes estão frente a problemas MCDM/A, poucos trabalhos ainda são encontrados na literatura, não existindo ainda um termo cunhado para representar a integração desta abordagem com a área de tomada de decisão multicritério. No entanto, esta integração é de extrema importância para que modelos de tomada de decisão que representem de fato o comportamento dos decisores sejam construídos, incorporando aspectos subjetivos também ao processo, como por exemplo, a modelagem de emoções.

## 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme brevemente discutido no Capítulo 1, muitos estudos não levam em consideração a modulação de aspectos comportamentais dentro dos métodos e teorias de MCDM/A desenvolvidas (Korhonen & Wallenius, 1997). Sendo esta questão considerada em Wallenius & Wallenius (2008) que apontam a inclusão de aspectos comportamentais como um tópico relevante para o avanço das pesquisas em MCDM/A, e em Wallenius & Wallenius (2020), que tratam das implicações que tendências globais acarretam nas pesquisas em decisão.

Sendo assim, esta revisão bibliográfica foi elaborada com o objetivo de explorar ainda mais a presença de aspectos comportamentais dentro do contexto MCDM/A a partir da coleta e investigação de estudos unindo as áreas de Neurociência e MCDM/A. Os estudos após coletados foram divididos dentro de quatro seções: neurociência para entender o processo de tomada de decisão em geral, estudos específicos para entendimento da tomada de decisão multicritério, que apresentam teorias e métodos mais utilizados e menos utilizados; e por fim, a investigação das emoções dentro do processo de decisão. O período de coleta dos estudos foi dividido em duas etapas, a primeira realizada em 2017 e a segunda em 2019.

### 2.2.1 Neurociência na tomada de decisão em geral

Segundo Sanfey et al. (2006) e Weber et al. (2007), o processo de tomada de decisão é um tema de estudo investigado por muitas áreas do conhecimento, tais como: economia, psicologia e marketing. Neste contexto, para apresentar o uso da Neurociência em estudos que apresentaram tomadas de decisão e posicionar o trabalho dentro das pesquisas já desenvolvidas neste tema, alguns estudos foram coletados e são apresentados.

Com relação à abordagem Neuroeconomia, onde experimentos com jogos estão muito presentes na literatura, um total de aproximadamente 700 trabalhos foram encontrados quando este termo foi procurado na base de dados *Web of Science* em conjunto com o termo *Decision*. Para alguns destes estudos, diferentes tipos de equipamentos foram utilizados para coletar as variáveis fisiológicas dos decisores e investigar seus comportamentos durante jogos, sendo alguns deles apresentados neste item.

Com o apoio do equipamento *functional magnetic resonance imaging* (fMRI), Sanfey et al.(2003) investigaram o jogo Ultimatum Game. Este jogo apresentava um ofertante e um respondente, onde o papel do primeiro era ofertar uma quantia de dinheiro que achasse adequada e o papel do segundo era aceitar a quantia ofertada ou não. Caso o respondente aceitasse a oferta, a dupla receberia a quantia acordada, porém se o respondente negasse a oferta feita, nenhum deles levaria quantia alguma. Com base nas imagens cerebrais coletadas pelo fMRI observou-se ativação em áreas relacionadas ao sentimento de justiça e injustiça durante a partida.

No mesmo contexto de jogos, com base em um experimento com cartas, Bechara & Damasio (2005) observaram a presença de emoções durante a partida, sendo as emoções muito importantes para prevenir os jogadores contra ações erradas. Neste experimento foi observado que os participantes que conseguiam expressar emoções tiveram melhores desempenhos na partida.

Neste sentido, é possível perceber que os resultados dos experimentos indicaram a presença de aspectos comportamentais, tais como as emoções, durante o processo decisório. Estas evidências apontam limitações na teoria clássica da economia, sendo um desafio o desenvolvimento de modelos econômicos que expressem de maneira mais coerente o processo decisório envolvendo decisões econômicas.

De acordo com Kenning & Plassmann (2005), tal desafio pode ser apoiado fortemente pela Neurociência com seus equipamentos e experimentos. Em seu trabalho, os autores puderam observar, mais uma vez, a presença de mecanismos descritos pelas teorias clássicas em adição com mecanismos estudados pela psicologia, durante o processo decisório.

No mesmo contexto de construção de modelos econômicos mais coerentes com o comportamento dos decisores, a investigação de temas muito importantes da área, tais como: sistema de recompensas e fatores afetivos, confiança, vingança, altruísmo e punição social, foi desenvolvida por Sanfey et al.(2006) e Rilling & Sanfey (2011).

Além dos estudos realizados em seres humanos, existem, na literatura, diversos estudos sobre a investigação do comportamento de animais durante o processo decisório com decisões econômicas. Estudos que investigam tais decisões em macacos apresentam relevância especial devido à relação de ancestralidade deste animal com o ser humano.

Com base no estudo desenvolvido por de Lee et al.(2007) foi sugerido que macacos realizavam a identificação de ações ótimas e o cálculo das utilidades destas ações durante o processo decisório. Além disso, em Sugrue et al.(2005) foi observado que estes animais também faziam avaliações de custo e recompensa para as ações ofertadas.

Com base nestes trabalhos é possível perceber a presença de racionalidade destes primatas em decisões econômicas, a qual também se faz presente no processo decisório envolvendo os seres humanos, sendo que no ser humano, tal processo é composto por inúmeros fatores subjetivos adicionais, conforme observado por outros estudos.

Estudos relacionados a feedbacks do corpo durante decisões econômicas também foram observados na literatura. Em Kim et al.(2012) e Bault et al.(2016) foi observado que movimentos oculares de fixação sugeriam mudança preferencial e podiam estar associados a perdas, sendo um feedback para perdas fornecido pelo corpo durante o processo decisório.

Neste mesmo contexto de interação corpo-cérebro, para apoiar o entendimento do comportamento dos decisores, Glimcher (2003) desenvolveu uma revisão bibliográfica para situar tal tema.

A interação corpo e cérebro é também estudada por Eagleman (2015), o qual cometa que os feedbacks transmitidos por variáveis fisiológicas de áreas do corpo humano são

mecanismos de entendimento e adaptação as situações vivenciadas diariamente. Diversos equipamentos de neurociência são responsáveis por coletarem variáveis fisiológicas corporais e apresentarem importantes sugestões sobre o comportamento humano, sendo alguns exemplos os equipamentos que realizam medição dos batimentos cardíacos, medição dos movimentos oculares e medição das características elétricas da pele.

Relacionado à abordagem *Consumer Neuroscience*, isto é, o uso da Neurociência para investigar o comportamento de consumidores durante o processo decisório por produtos, 135 trabalhos foram encontrados usando a base de dados *Web of Science*.

Com relação a este tema, Karmarkar & Yoon (2016) construíram uma revisão bibliográfica sobre os estudos de comportamento de consumidores que utilizam de equipamentos de neurociência como ferramenta de apoio.

Neste mesmo contexto, com o apoio do equipamento fMRI, Goucher-Lambert et al.(2017) e Sylcott et al.(2013) investigaram as preferências de consumidores com relação a alguns produtos avaliando alguns critérios. Para o primeiro estudo, os critérios modelo, material e preço foram utilizados para avaliar os produtos. Já para o segundo estudo, os critérios forma e função, isto é, modelo e material, foram utilizados.

Por outro lado com apoio do equipamento *Eye-Tracking*, o qual é utilizados para capturar os movimentos oculares, Khushaba et al.(2013) investigaram como consumidores avaliavam biscoitos com base em três critérios, sendo eles: forma, sabor e cobertura. Já utilizando de um EEG e um SCL, Ravaja et al.(2013; 2016) investigaram também a escolha de consumidores sobre produtos utilizando os critérios marca e preço para a construção da situação de decisão. Os resultados indicaram a presença de emoções durante o processo decisório

Com relação à presença de emoções no processo de decisão, Lee et al.(2009) investigaram como as preferências dos consumidores podiam ser alteradas a partir da indução de certas emoções, anteriormente ao processo decisório. No mesmo contexto, Genevsky & Knutson (2015) observaram o aumento na quantidade de pedidos para um determinado serviço após a apresentação de imagens afetuosas.

Assim como nos trabalhos de Neuroeconomia, em *Consumer Neuroscience* é observado, mais uma vez, que as emoções presentam papel especial no processo decisório e podem afetá-lo, sendo importante a consideração deste importante aspecto no processo decisório.

Além disso, vale ressaltar que para os diversos estudos desenvolvidos para investigar a preferência de consumidores em situação de escolha, problemas MCDM/A se fizeram

presentes com a avaliação de alternativas, que foram os diferentes produtos, em diferentes critérios de interesse.

Apesar destes estudos estarem direcionados para a área de Teoria do consumidor, não dando enfoque a construção de modelos de decisão ou ao uso de métodos MCDM/A convencionais, como os classificados por Roy (1996), estes trabalhos apresentam insights interessantes que podem ser úteis para o estudo do comportamento de decisores frente a problemas MCDM/A e por este motivo serão discutidos adiante.

Com relação à abordagem de *Neuromarketing*, 109 trabalhos foram encontrados na literatura, utilizando a base de dados *Web of Science*. Com base nos trabalhos coletados foi observado que estes apresentam como uma das finalidades o desenvolvimento de campanhas publicitárias mais assertivas para o respectivo público alvo, apresentando este tema alto valor agregado dentro de muitas organizações.

Com relação ao desenvolvimento de campanha publicitária, Guixeres (2017) investigou oito campanhas publicitárias de alto valor agregado, as quais eram transmitidas durante os intervalos do evento esportivo *Super Bowl*. Em tal estudo o equipamento *Eye-Tracking* foi utilizado para capturar o movimento dos olhos de 35 participantes quando estes eram expostos aos anúncios. Os resultados deste estudo foram importantes pois indicaram validação positiva dos relatos preferenciais expostos por cada um dos participantes com suas variáveis fisiológicas, tais como o diâmetro da pupila, corroborando para o uso de experimentos de neurociência para aprimorar temas relacionados a outras áreas do conhecimento.

Ainda com relação ao mesmo tema, Plassmann et al.(2007) apresentam, em sua revisão da literatura, a existência de duas formas de atuação para o desenvolvimento de campanhas publicitárias, sendo elas: campanhas que provoquem respostas imediatas dos consumidores ou campanhas que criem ou alterem as memórias dos consumidores sobre a marca.

Com relação à investigação da relação entre o comportamento dos consumidores e as marcas de interesse, Schmitt (2012) construiu um quadro de referência pra relacionar características sobre a marca, tais como personalidade e simbolismo com o comportamento evocado nos consumidores. E Reimann et al.(2012) investigaram consumidores que apresentavam relação afetiva com suas marcas prediletas buscando identificar mecanismos psicológicos presentes nestes consumidores.

Sendo assim, a partir do entendimento tanto das formas como as campanhas publicitárias podem ser construídas, como as características de cada uma das marcas presentes nestas campanhas, e quais são os sentimentos que desejam ser evocar nos consumidores, usando equipamentos de neurociência para apoiar este processo de entendimento, é possível

aprimorar o desenvolvimento de campanhas para aumentar o volume de vendas de determinado produto.

Outra finalidade dos trabalhos desenvolvidos pela abordagem de *Neuromarketing* está no estudo de design de produtos, buscando desenvolver produtos que estejam de acordo com o que os consumidores desejam.

Ares (2014) comparou a resposta dos consumidores frente a decisões rápidas e automáticas *versus* lentas e detalhadas (Kahneman, 2013) para a escolha de rótulos de iogurte usando de rastreador ocular. Além disso, para o desenvolvimento da análise dos rótulos de iogurte problemas MCDM/A foram construídos apresentando os rótulos, como alternativas, avaliados em três critérios, sendo eles teor de gordura e açúcar, modelo e sistema de cores.

Neste mesmo contexto de características visuais, Labrecque et al.(2013) investigaram como as cores podem influenciar o comportamento dos consumidores. De acordo Eagleman (2015) a visão é o sentido mais aguçado do ser humano, sendo as características visuais importantes elementos para serem explorados pela área de desenvolvimento de produtos, conforme observado por experimentos de *neuromarketing*.

Sendo assim, com base nos trabalhos discutidos é possível observar a importante contribuição que as abordagens de *Consumer Neuroscience* e *Neuromarketing* trazem para o aprimoramento dos produtos desenvolvidos por áreas de publicidade e propaganda e vendidos por áreas que estudam aspectos da teoria do consumidor.

Com relação a abordagem de *NeuroIS*, 25 trabalhos foram encontrados na literatura, em conjunto com o termo *Decision* na *Web of Science*. Com base em alguns dos trabalhos coletados foi possível observar que a avaliação do movimento dos olhos dos usuários durante a interação com o Sistema de Informação foi foco de estudo.

Neste contexto, Buettner (2015) realizou a medição do diâmetro da pupila quando participantes avaliavam um determinado webite buscando desenvolver melhorias para este website de acordo com as suposições sobre esforço cognitivo investigado a partir da captura dos diâmetros das pupilas destes usuários.

Ainda com uso de rastreador ocular, mas incluindo também um eletroencefalograma, Slanzi et al.(2016) investigaram a interação de usuários com um website tendo como objeto de estudo a avaliação dos cliques realizados por estes usuários durante a navegação no site. Com conclusão foi observado um aumento do diâmetro da pupila quando os usuários faziam o movimento de clique, quando comparado com momentos onde eles não realizavam tão ação, sendo sugerido um aumento da atividade mental nestes momentos.

Vale ressaltar que os estudos que envolvem a medição do diâmetro da pupila são conhecidos como estudos de pupilometria. Com base nos estudos desenvolvidos foi observada a correlação positiva entre o diâmetro com a intensidade da atividade mental (Porter et al. 2007; Laeng et al. 2012).

O uso da neurociência também traz inúmeras vantagens para a área de SI, conforme discutido por Zhao & Siau (2016) que apresentou as vantagens e desvantagens da inclusão destes equipamentos nos experimentos para a área de SI.

No entanto, conforme observado pela quantidade mais baixa de estudos na litartaura comparado com as demais abordagens, o desenvolvimento de estudos nesta área precisa ser ainda mais alavancado sendo sete oportunidades para o desenvolvimento de estudos na area de *NeuroIS* apresentadas por Dimoka et al. (2011).

Por fim, como observado em todos os trabalhos que envolveram a integração de áreas do conhecimento com Neurociência, a presença de emoções também foi investigara para SI como observado em Riedl et al.(2014). Neste sentido, devido à presença intensa de estudos que comprovaram a inclusão de emoções durante o processo decisório, um subitem foi dedicado à investigação das emoções no processo de tomada de decisão MCDM/A, sendo apresentado adiante.

Neste contexto, é possível perceber como a Neurociência pode contribuir para o entendimento do processo decisório, apresentando contribuições especiais em estudos sobre esse tema, para diversas áreas do conhecimento. De acordo com Linkov et al.(2012), experimentos desenvolvidos usando ferramentas de neurociência são poderosos devido aos insights que eles podem trazer sobre o processo de decisão.

Sendo assim, visando prosseguir a investigação sobre uso da Neurociência para a tomada de decisão, estudos sobre a tomada de decisão para problemas MCDM/A foram coletados e avaliados, conforme apresentado a seguir.

### 2.2.2 Neurociência dentro da decisão MCDM/A com estudos que apresentam teorias e métodos mais utilizados

A presença de estudos comportamentais sobre o processo de tomada de decisão se faz presente na literatura em grande escala, como observado no subitem anterior a partir da interação do termo *Decision* com os termos cunhados para representar abordagens específicas que investigam a união de áreas do conhecimento, tais como: economia, teoria do consumidor, marketing e sistema de informação, com a Neurociência.

No entanto, com relação a tomada de decisão multicritério, após uma busca na base de dados *Web of Science*, uma quantidade pequena de trabalhos foi encontrada, até o dado momento. Sendo um total de 10 trabalhos encontrados com a combinação dos termos *Multi-Criteria Decision Making + Neuroscience* e *Multi-Attribute Decision Making + Neuroscience*, e suas variações.

Neste contexto, este subitem de revisão da literatura foi desenvolvido visando apresentar trabalhos encontrados sobre o tema, especificamente aqueles que apresentaram o uso da Neurociência para apoiar a tomada de decisão em problemas de caráter multicritério usando da classificação em função da racionalidade compensatória e não compensatória, descrita anteriormente.

Com a aplicação do método Tradeoff (Keeney & Raiffa, 1976), Roselli et al. (2019 b) desenvolveram um experimento para investigar o comportamento dos participantes quando problemas MCDM/A foram solucionados usando deste método. As variáveis fisiológicas diâmetro da pupila e potências médias das frequências cerebrais foram coletadas e investigadas. Com base nos resultados, foi observado que maiores valores de pupila e potência foram observados na etapa de elicitação das constantes de escala. Além disso foi observado que o percentual de soluções inconsistentes foi similar a 70%, estando coerente com os estudos de Borcherding, Eppel & Von Winterfeldt, 1991.

Com a aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP - Saaty, 1980), Nermend (2017) desenvolveu um experimento onde um problema MCDM/A de seleção de carros, com seis alternativas e seis critérios, foi apresentado. Neste experimento, um sistema web foi projetado para que as etapas de resolução do problema fossem executadas. Equipamentos como eletroencefalograma (EEG), medição de resposta galvânica da pele (GSR) e medição de frequência cardíaca (HR) foram utilizados para coletar as variáveis fisiológicas. Com base nos dados coletados foi possível observar a presença de emoção quando os participantes desenvolveram as comparações das consequências.

Com a aplicação do método PROMETHEE II (Vincke & Brans, 1985), Ozerol et al. (2008) sugeriram a presença de sentimentos de alegria e arrependimento durante o processo de avaliação das alternativas.

Com a aplicação do *Analytic Network Process* (ANP - Saaty, 2005), Chuang et al.(2015) sugeriram a presença de tripla reciprocidade entre os fatores pessoais, ambientais e comportamentais dentro da problemática organizacional.

No contexto de Teoria dos Prospectos (Kahneman & Tversky, 1979), estudos foram desenvolvidos por Trepel et al.(2005) e Barberis e Xiong (2009) para investigar aspectos comportamentais presentes.

Trepel et al.(2005) forneceram uma sugestão interessante sobre a curvatura da função *S-shape*, sendo esta associada da presença de emoções como medo e/ou esperança na avaliação de altas *versus* baixas probabilidades.

Já Barberis e Xiong (2009) investigaram o efeito de disposição. O efeito de disposição é representado pela maior propensão a vender uma ação que subiu de preço do que uma que caiu, estando muito presente em negociações Uma razão apresentada para usar a Teoria de Prospectos para investigar o efeito de disposição pode ser explicada pelo comportamento do investidor quando os ganhos e perdas são apresentados. O raciocínio usado foi que se uma ação subiu em valor e o investidor teve aversão ao risco sobre os ganhos, ele pode estar inclinado a vender essas ações. Mas se uma ação tiver caído em valor e o investidor estiver buscando risco em detrimento de perdas, estará inclinado a manter as ações.

Sendo assim, estes trabalhos apresentam a presença de aspectos emocionais observados durante o processo de tomada de decisão. Com base nestes trabalhos, um desafio é lançado para a abordagem de MCDM/A - como modelar e incluir esses aspectos comportamentais dentro dos métodos e modelos de resolução dos problemas MCDM/A?

Estes estudos especificamente relacionados a apresentação de métodos já conhecidos dentro do contexto MCDM/A, com uso de Neurociência, apresentam insights sobre o processo decisório, mas ainda há muito para ser explorado neste tema.

### 2.2.3 Neurociência dentro da decisão MCDM/A com estudos que apresentam teorias e métodos menos utilizados

No cenário de problemas de decisão multicritério, mas não utilizando especificamente métodos classificados como compensatórios ou não-compensatórios, alguns trabalhos foram coletados para apresentar o comportamento dos decisores quando problemas MCDM/A se fazem presentes.

Conforme comentado, relacionado a abordagem de *Consumer Neuroscience*, Goucher-Lambert et al. (2017), Sylcott et al. (2013) e Ravaja et al. (2013, 2016) desenvolveram estudos para investigar como consumidores reagiram à comparação de produtos. Nestes três trabalhos foram encontrados problemas MCDM/A, porém sem métodos MCDM/A serem utilizados para a resolução. Apesar desta ausência, estes trabalhos apresentam importantes sugestões sobre o comportamento dos consumidores quando expostos à problemas MCDM/A.

Goucher-Lambert et al.(2017) desenvolveram um experimento no qual um problema MCDM/A foi investigado usando ressonância magnética funcional. O problema apresentou opções de garrafas de água sendo avaliadas em três critérios (forma, função e preço). Com base nos dados do fMRI, foi observado que quando o critério forma, relacionado a aspectos estéticos, foi avaliado um maior esforço foi gerado e áreas relacionadas ao processamento visual foram ativadas. Já o critério função, relacionado ao aspecto sustentável, teve menor tempo de avaliação, e quando avaliado, áreas relacionadas ao comportamento auto referencial, ou seja, relacionadas o reconhecimento de responsabilidade, foram ativadas. Neste problema o critério função teve maior importância do que os outros dois devido à conotação moral associada a ele, representando este uma escolha necessária para os decisores.

No mesmo contexto, os critérios forma e função foram avaliados por Sylcott et al.(2013) em um problema de escolha de produtos, usando fMRI. Os resultados sugeriram que quando os dois critérios eram avaliados conjuntamente, e os consumidores precisavam avaliar os *tradeoffs* entre eles, um processo neural mais complexo e com a ativação de áreas relacionadas a emoções era observado.

Ravaja et al. (2013, 2016) utilizaram de EEG e SCL para investigar um problema que avaliava a marca *versus* o preço de produtos. Os resultados do EEG demonstraram uma maior ativação no córtex frontal esquerdo na fase de pré-decisão dos produtos, assim como a presença de emoção e motivação quando uma escolha avaliada positivamente na fase de pré-seleção era de fato selecionada.

Estes três trabalhos, mesmo relacionados a temática de Teoria do consumidor e não apresentando métodos de resolução de problemas MCDM/A apresentaram perspectivas interessantes para esta abordagem. O primeiro estudo apresentou um resultado interessante sobre a correlação positiva do esforço mental com o processamento visual, sendo útil para o desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão. E os outros dois estudos sugeriram novamente a presença da emoção no processo decisório.

Além disso, uma consideração importante observada a partir da conclusão de Goucher-Lambert et al.(2017), na qual o critério função teve maior importância do que os outros dois devido à conotação moral, está na tendência natural, apresentada por Keeney & Raiffa (1976), dos decisores considerarem a importância dos critérios ao invés do range de consequências avaliadas nestes critérios. Sendo este um erro típico no processo de elicitação das constantes de escala e de fato observado por estudos de neurociência.

Continuando a revisão da literatura, trabalhos com a apresentação de métodos de solução dos problemas não apresentados na classificação de Roy (1996) também foram

coletados. No total, quatro trabalhos foram avaliados, os quais foram: Hunt et al. (2014), Linkov et al. (2012), Bogacz et al. (2006) e Brocas (2012).

Hunt et al.(2014) investigaram um problema com três alternativas e dois critérios utilizando um fMRI. Com base nos resultados deste estudo, foi sugerido que uma comparação dentro dos critérios foi utilizada como método de tomada de decisão ao invés da integração completa dos valores do problema. Este trabalho apresenta uma interessante reflexão sobre como a avaliação multicritério pode ser processada pelo decisor, sugerindo que um cenário de múltiplos atributos pode ser processado por uma comparação dos valores dentro de cada atributo, em vez da integração destes valores para avaliação das alternativas, sendo esta última estratégia usada no Modelo Aditivo (Keeney and Raiffa, 1976).

Linkov et al. (2012) investigaram um método denominado Peso da Evidência (*WoE*). Os autores dividiram o método em cinco fases e investigaram as características da tomada de decisão em cada uma delas. A primeira fase foi a de quantificação de informações para cada alternativa. Nesta fase a avaliação de probabilidades condicionais foi realizada buscando encontrar a alternativa ideal, ou seja, aquela que equilibrava velocidade e precisão. A segunda fase foi a de comparação das informações de cada alternativa. Para esta fase foi observado que a organização dos dados a serem comparados era muito importante para o processamento cognitivo. Os autores apesar de não usarem métodos MCDM/A comentaram sobre a organização que estes dão aos dados, fazendo que informações de alta qualidade sejam usadas para apoiar a tomada de decisão. A terceira fase esteve relacionada à geração da decisão. Nesta fase foi comentado, com base em pesquisas de neurociência, que o cérebro acumula informações, por uma função aditiva, e realiza o tradeoff entre velocidade da tomada de decisão e exatidão dos valores avaliados, até estar preparado para selecionar/tomar uma alternativa/ação. A quarta fase tratou da subjetividade presente no processo decisório. De acordo com os autores fatores subjetivos têm um papel importante visto que estes são responsáveis por orientar o comportamento dos decisores. Por fim, a quinta fase esteve relacionada à adaptação para mudanças devido à atualização de informações coletadas. Para esta fase os autores comentaram que diversos processos de aprendizagem, tal como o *reinforce learning* (Choi et al.,2009) são desenvolvidos pelo cérebro para atualizar as informações e melhorar as decisões futuras.

Como reflexão sobre o estudo de Linkov et al. (2012) é possível observar a semelhança entre as fases do *WoE* e as fases desenvolvidas por muitos métodos clássicos de MCDM/A. Este estudo apontou interessantes sugestões sobre a tomada de decisão, como a acumulação de informações conjuntamente com a compensação entre velocidade e precisão para a tomada

de decisão, assim como a presença de fatores subjetivos como uma fase do processo decisório. Neste contexto, além da inclusão de aspectos comportamentais dentro da tomada de decisão, um novo desafio para a área de MCDM/A pode ser levantado, quantas informações são necessárias para tomar uma decisão?

Por fim, no mesmo contexto de acúmulo de informações, dois estudos que trataram deste tema foram coletados. Bogacz et al.(2006) avaliaram a tomada de decisão quando a escolha entre duas alternativas era realizada, decisão esta caracterizada como simples e rápidas, envolvendo informações limitadas e velocidade e precisão controlada, decisões conhecidas como escolha forçada de duas alternativas (*two-alternative forced-choice* - TAFC). Um exemplo de tal decisão é a escolha de itens por movimento de sacadas dos olhos. Sendo assim, o DDM (*Drift Diffusion Model*) foi investigado como o modelo responsável por essa tomada de decisão, tendo este um limiar responsável por determinar o momento de decisão após certo acúmulo de informação.

Brocas (2012) desenvolveu um experimento utilizando um modelo econômico no qual também foi sugerido um limiar para a tomada de decisão. No experimento foi observado que até um momento esperar e acumular informações era benéfico para a tomada de decisão e a partir de outro momento essa espera já era prejudicial e a decisão deveria ser tomada com urgência.

Sendo assim, nestes dois trabalhos, o acúmulo de informações foi observado como um processo desenvolvido para a tomada de decisão. Embora limiares tenham sido comentados, eles não foram definidos em nenhum dos estudos, podendo ser esta definição, um desafio para estudos agregando as abordagens de neurociência e tomada de decisão. Além disso, mais estudos sobre estes limiares, e se eles estão presentes apenas em decisão rápida, ou se podem ser avaliados também em decisões mais complexas, como é o caso de problemas MCDM/A, podem proporcionar melhorias para os métodos de resolução de problemas MCDM/A.

Por fim, estudos de neurociência envolvendo decisões financeiras e sob risco também foram coletados visto que tais decisões são na maioria dos casos consideradas MCDM/A. Embora estes estudos não apresentem problemas ou métodos MCDM/A especificamente, este forneceram conhecimentos interessantes sobre os processamentos neurais envolvidos quando estas decisões são avaliadas.

Segundo Schonberg et al.(2011) uma gama de processamentos neurais são ativados para responder às decisões sob risco econômico, estando o sistema dopaminérgico envolvido quando decisões sob risco são enfrentadas (Preuschoff et al., 2006).

Neste contexto, Platt & Huettel (2008) investigaram o processamento neural de informações probabilísticas para os cenários de decisão sob risco e incerteza. E Loewenstein et al.(2008) investigaram decisões sob três cenários, sendo os cenários de decisão sob risco e incerteza também focos de estudo.

Com relação ao processamento de decisão financeira, a concentração de processamento em um hemisfério do cérebro foi observada por Kuhnen (2015). E com relação ao processamento de informações referentes à aversão a perda, tema de estudo da Teoria dos Prospectos, o envolvimento da amigdala foi sugerido por (de Martino et al. 2010).

Sendo assim, estes trabalhos apesar de não estarem relacionados ao uso dos métodos MCDM/A mais utilizados, apresentam insights interessantes sobre o comportamento dos decisores frente a problemas MCDM/A e o processamento destes problemas no cérebro.

### 2.2.4 Neurociência para investigação de emoções dentro do processo de tomada de decisão.

Nos estudos desenvolvidos com base na abordagem descritiva, aspectos comportamentais não são considerados extensivamente para resolução de problemas MCDM/A (de Almeida et al., 2015). No entanto, com base nos trabalhos coletados é possível perceber a presença destes aspectos, de maneira geral das emoções, durante a tomada de decisão. Sendo assim, para ampliar a revisão bibliográfica elaborada e investigar ainda mais sobre o processo decisório, trabalhos que apresentaram aspectos comportamentais na tomada de decisão foram coletados.

De um modo geral, as emoções são produzidas para responder a uma percepção sobre um evento positivo ou negativo, gerando modificações nos processamentos cerebrais e estados do corpo (Damasio et al.,1990; 1991; Naqvi et al. 2006).

A presença de emoções na tomada de decisão é observada em muitos estudos, em especial Bechara & Damasio (2005) apresentaram conclusões importantes sobre esses tema no qual a partir de um experimento com cartas, participantes com danos no córtex pré-frontal ventromedial (vmPFC), mesmo apresentando intelecto normal, apresentaram dificuldade para expressar emoções e por isso demonstraram incapacidade para reagir à altas punições, apresentado performance inferior no jogo do que os participantes com vmPFC normal. Sendo assim, é possível perceber que presença da emoção auxilia os decisores no julgamento das ações, a partir da reação que estas apresentam quando um evento negativo ocorre, tornando-se um mecanismo de proteção para enfrentar os próximos eventos negativos.

Outro experimento foi desenvolvido por Liu et al.(2016) para a investigação das emoções expressas em interações online. Segundo os autores, emoções extremas geralmente trazem resultados fracassados para negócios. No mesmo contexto de emoções extremas, Kalenscher et al.(2006) sugeriram que a impulsividade pode estar associada a alguma patologia, já o autocontrole é um comportamento que incorpora mecanismos psicológicos complementares, sendo a conduta mais adequada nas interações.

Para finalizar os trabalhos no contexto de emoções, Tabibnia et al.(2008) desenvolveram um experimento onde ofertas justas e injustas eram apresentadas. Com base nos resultados foi sugerido que um aumento da atividade cerebral na região de emoções foi observado quando propostas injustas estavam em discussão.

Sendo assim, estes trabalhos apresentam as emoções como um aspecto importante dentro da tomada e decisão sendo um mecanismo de proteção para os decisores avaliarem as ações. De acordo com Fehr & Camerer (2007) as emoções são muito importantes para resolver situações conflitantes.

No entanto, segundo Volz & Hertwig (2016) referenciais normativos e descritivos utilizados para modelar a decisão não consideram as emoções. Dessa forma, a modulação de emoções e a inclusão destas nos métodos de apoio a decisão é um desafio.

## 2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO

A Neurociência é uma abordagem considerada multidisciplinar que apresenta uma grande quantidade de estudos desenvolvidos. A maioria destes trabalhos então dentro da área de saúde relacionados ao estudo do sistema nervoso e das doenças que o atinge. Com relação a este tema é observada a presença de mais de 200 periódicos científicos cadastrados na *Web of Science*.

Com relação ao uso da Neurociência para investigação do processo de tomada de decisão, menos trabalhos se fazem presentes na literatura. Com relação a este tema, a busca na literatura encontrou principalmente trabalhos envolvendo a agregação da Neurociência para investigação do processo de tomada de decisão econômica, onde aproximadamente 700 trabalhos foram encontrados quando o termo cunhado *Neuroeconomics* foi adicionado ao termo *Decision*.

Para o processo de tomada de decisão investigado por outras áreas do conhecimento, estudos também são desenvolvidos e se fazem presentes na literatura, como aqueles desenvolvidos para investigar o processo de tomada de decisão de consumidores no momento de compra, com o termo cunhado de *Consumer Neuroscience*; de publicitários no momento

de criação de campanhas publicitárias, com o termo cunhado de *Neuromarketing;* ou de usuários quando estão interagindo com sistemas de informação, com o termo cunhado de NeuroIS. No entanto, diferentemente dos estudos em *Neuroeconomics*, estes são encontrados em menor quantidade na literatura.

Com relação à abordagem tomada de decisão multicritério, poucos trabalhos foram encontrados na literatura, até o dado momento. No entanto, vale ressaltar, que apesar da menor quantidade de estudos em Neurociência para investigar o processo de tomada de decisão, os estudos desenvolvidos trazem poderosos insights sobre o comportamento dos decisores nas diversas situações investigadas, cada qual referente a uma área de conhecimento específica.

Além disso, é possível perceber a oportunidade de inovação que o desenvolvimento de trabalhos na área de Neurociência apresenta para as diversas abordagens, em especial para a abordagem de tomada de decisão multicritério, que dentre as investigadas foi aquela onde foi encontrada uma menor quantidade de estudos. Sendo assim, o desenvolvimento de estudos nesta área deve ser estimulado não só pela lacuna observada na literatura, mas principalmente, pelo potencial de contribuição que tais estudos trazem para esta área, onde os métodos e sistemas de apoio a decisão podem ser desenvolvidos com base no melhor entendimento do comportamento dos decisores.

# 3 EXPERIMENTOS COM NEUROCIÊNCIA PARA MODULAR DECISÃO MULTICRITÉRIO COM VISUALIZAÇÃO GRÁFICA E TABULAR

Os experimentos foram desenhados para modular o processo decisório, usando de avaliação holística com visualização gráfica e tabular, tomando inicialmente o método FITradeoff como referência. No entanto, resultados típicos da abordagem descritiva em decisão são apresentados, o que é predominante nos estudos de neurociências, descrevendo o processo comportamental observado na tomada de decisão.

Nesse Capítulo são descritos os experimentos e seus resultados, iniciando-se com uma apresentação geral da metodologia utilizada para desenvolvimento dos três experimentos, e depois apresentando cada um deles com seus resultados e discussões. Para o primeiro experimento desenvolvido, apresentado em detalhes em Roselli et al. (2018a) e Roselli et al. (2019a), uma breve descrição é apresentada para posicionar os dois outros experimentos desenvolvidos posteriormente.

## 3.1 EXPERIMENTOS DE NEUROCIÊNCIA DESENVOLVIDOS

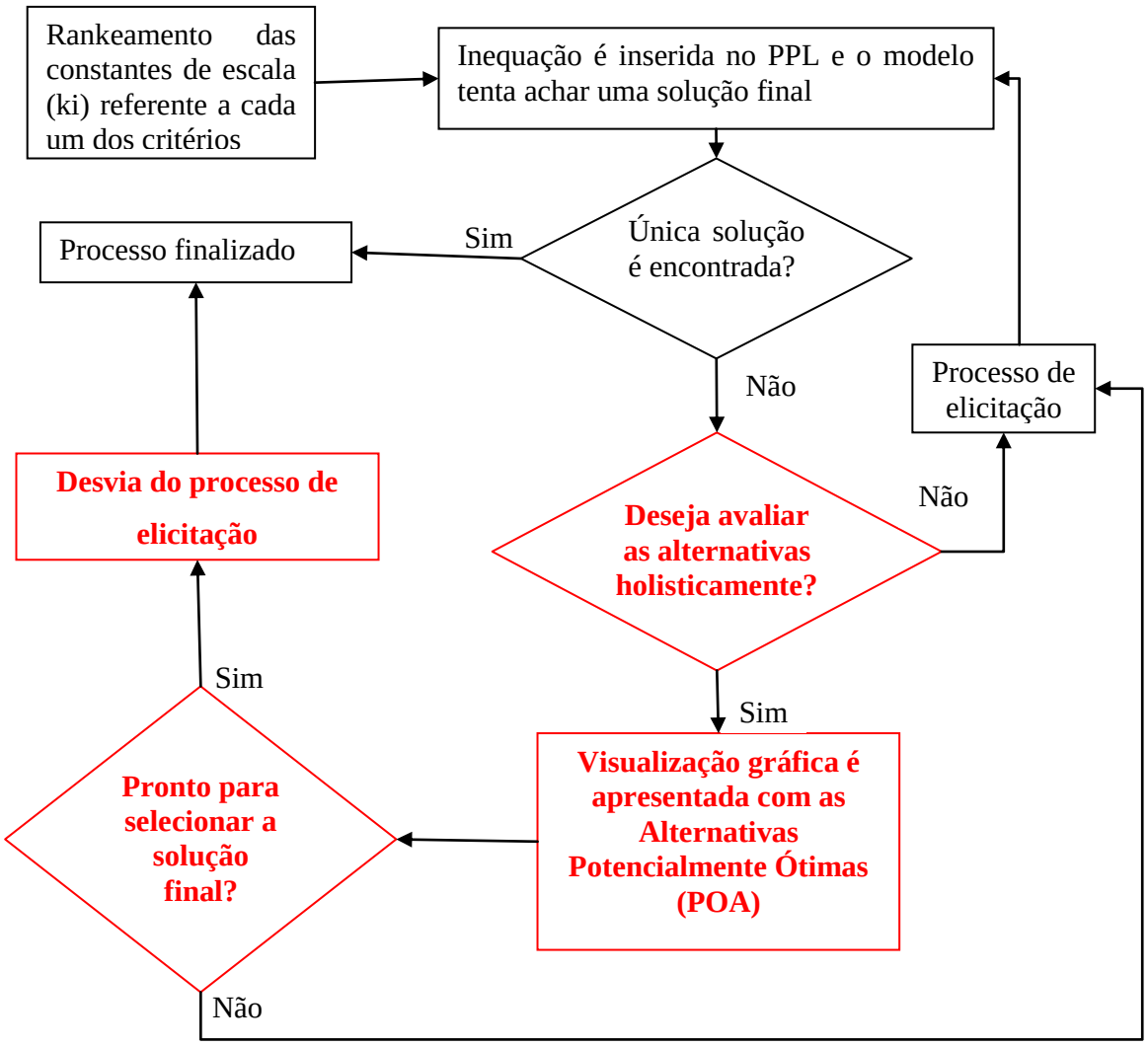
O processo de avaliação holística dentro do método FITradeoff é novamente apresentado como primeiro tópico deste item. Em seguida, uma descrição geral sobre a metodologia de construção dos três experimentos é destacada com a exposição de elementos necessários para a construção de tais experimentos.

### 3.1.1 Visualização gráfica no FITradeoff

A visualização gráfica foi tema deste trabalho devido a importância que esta ferramenta apresenta para o método FITradeoff, sendo ela responsável por trazer flexibilidade ao processo. As visualizações gráficas, atualmente, apenas estão presentes no SAD do FITradeoff de escolha, podendo ser utilizadas durante o processo decisório para auxiliar o(s) decisor(es) na investigação das alternativas, a partir da comparação das alternativas potencialmente ótimas (POA). Para a problemática de ordenação, as visualizações gráficas e tabulares também apresentam um papel relevante, sendo úteis no processo decisório a partir da comparação das alternativas incomparáveis, em cada uma das posições do ranking, devendo estas visualizações serem incluídas no SAD do FITradeoff de ordenação.

Neste contexto, a Figura 3 foi desenvolvida com a finalidade de destacar a etapa de avaliação holística, ressaltando o uso das visualizações gráficas para apoiar o decisor e encurtar o processo decisório dentro do método FITradeoff para escolha.

Figura 3 – Fluxograma com o processo de decisão no FITradeoff




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Sendo assim, de acordo com a figura, a primeira etapa é a de rankeamento das constantes de escala (ki), ou comumente chamadas de pesos, dos critérios. Após essa etapa a primeira inequação é criada e inserida no programa de programação linear (PPL) como a primeira restrição do modelo. Se uma solução final já for gerada após essa etapa, o processo de decisão é finalizado, se não, a segunda etapa do processo é apresentada, sendo esta caracterizada pelo procedimento de elicitação por decomposição (de Almeida, 2020).

Nesta etapa, perguntas são feitas ao decisor comparando consequências do problema, as comparações são feitas par a par, usando os critérios adjacentes. Após cada pergunta ser respondida, uma nova inequação é montada e entra no PPL como uma nova restrição. Conforme já comentado, se uma solução final for encontrada, o processo é finalizado, se não,

o conjunto de alternativas vai sendo reduzido, sendo composto pelas alternativas potencialmente ótimas (*potential optimal alternatives* - POA).

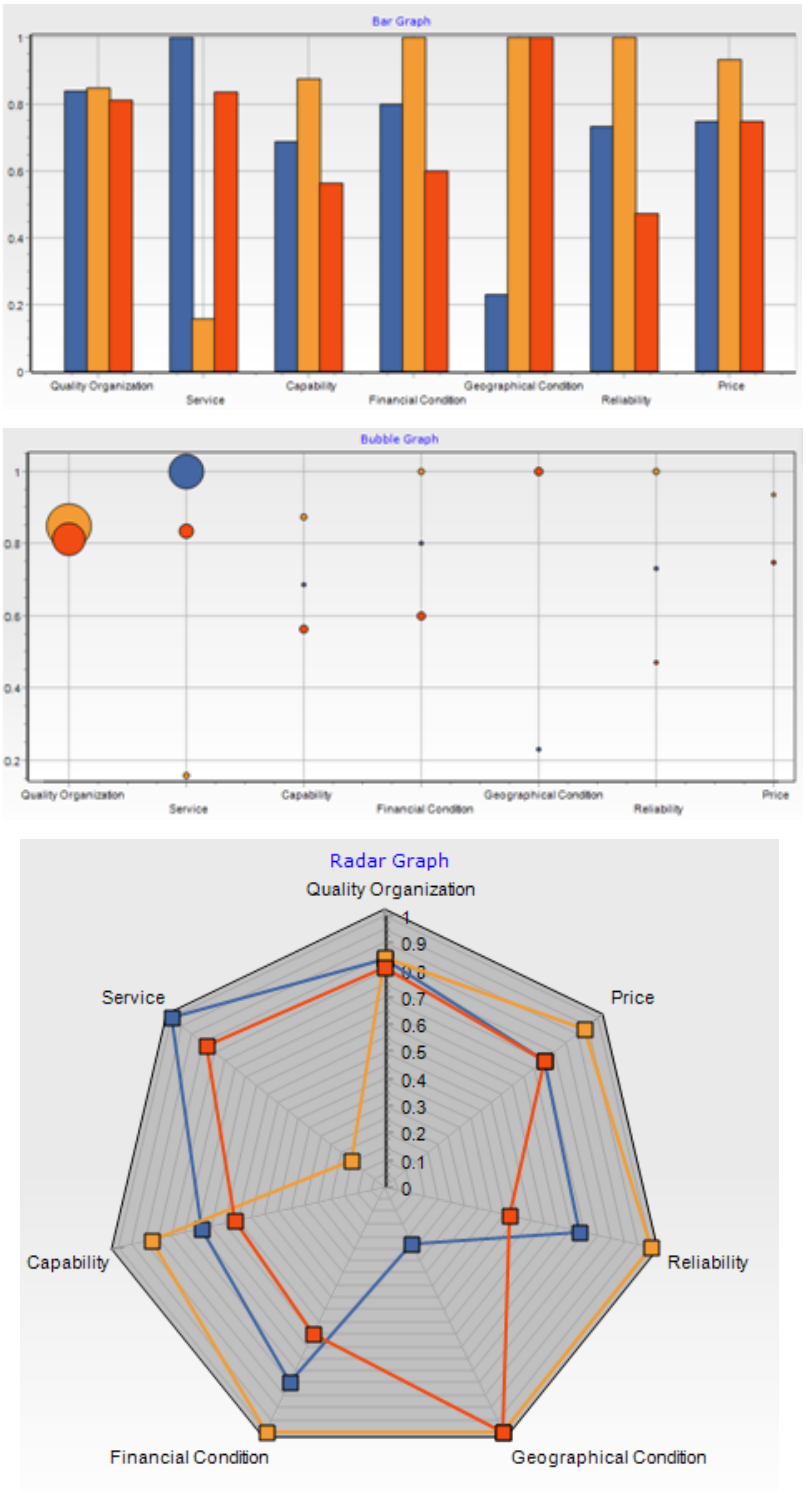
Neste momento é que a visualização gráfica se faz presente, se o decisor desejar, ele pode escolher avaliar o conjunto de POAs com base nos gráficos. Consequentemente, o decisor também pode selecionar a alternativa final do problema com base na informação apresentada nos gráficos. Se isso ocorrer, o processo é finalizado, sem se fazer necessário terminar de responder as questões de elicitação.

Caso o decisor não deseje selecionar a solução final com base nos gráficos, ele pode retornar para o processo de elicitação e continuar respondendo as questões de comparação entre as consequências. Dessa forma, novas restrições são integradas ao PPL até que uma solução final seja encontrada pelo modelo.

Conforme já mencionado, o foco desta pesquisa está no estudo da visualização gráfica devido à modulação no processo de decisão que esta ferramenta pode gerar, destacado de vermelho na figura.

Atualmente no SAD do FITradeoff três gráficos se fazem presentes, o gráfico de barras, o gráfico de bolhas e o gráfico radar. O gráfico de barras apresenta no eixo x os critérios e no eixo y a escala de 0 a 1, normalizada. Quanto maior a altura da barra, melhor o desempenho daquela alternativa no critério. Para o gráfico de bolhas, o tamanho da bolha é proporcional ao valor da constante de escala de cada critério. O gráfico é desenhado da mesma maneira que o gráfico de barras, mas ao invés da altura das barras, as bolhas são posicionadas no respectivo valor da escala referente ao desempenho daquela alternativa naquele critério. Por fim, o gráfico radar apresenta o formato de um polígono, onde cada critério é posicionado em um vértice. A escala de 0 a 1 é mostrada no primeiro vértice. Para este gráfico, quanto mais próximo o ponto está do vértice, melhor o desempenho daquela alternativa naquele critério, e quando mais próximo do centro, pior é o desempenho da alternativa no critério. Os gráficos são apresentados na Figura 4, cada uma das cores representa uma alternativa.

Figura 4 –Gráficos presentes no SAD do FITradeoff




Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

### 3.1.2 Desenho das visualizações aplicadas nos experimentos

Para construir os experimentos, a primeira tarefa executada foi construir o design das visualizações. Essas visualizações foram projetadas a partir de matrizes de consequências geradas utilizando a função *Random/Aleatório* da ferramenta Excel.

Essas matrizes foram construídas a partir da combinação de alternativas e critérios, os quais não estavam relacionados a nenhum contexto ou cenário de problema MCDM/A, com alternativas denominadas como A, B, C e critérios nomeados como 1, 2, 3.

A falta de contexto foi utilizada para permitir a generalização dos resultados encontrados, e minimizar os vieses de avaliação. Tais vieses poderiam ser causados por preferências particulares dos participantes para um dado problema específico. Sendo assim, foi unicamente desejado avaliar como os decisores entendiam problemas MCDM/A na forma gráfica ou tabular, e tomavam decisões sobre a melhor alternativa para o problema usando estas visualizações.

Constantes de escala também foram calculadas para cada uma das matrizes, existindo visualizações com pesos diferentes para os critérios e visualizações com pesos iguais. Para pesos diferentes, os pesos foram calculados seguindo uma progressão aritmética com soma total igual a 1. Sendo assim, por exemplo, para um problema com 4 critérios e pesos diferentes, o critério com maior valor de peso teve este valor igual a 0.4, o segundo maior valor de peso para um dado critério foi igual a 0.3, o terceiro de 0.2 e o último de 0.1. Para as matrizes com pesos diferentes foi convencionado que o primeiro critério teria o maior valor de peso e o último o menor valor de peso, sempre da esquerda para a direita.

Dessa forma, com base nas matrizes de consequências normalizadas, foi possível calcular para cada uma delas a melhor alternativa, seguindo o Modelo Aditivo (Keeney & Raiffa, 1976), no contexto de *Multi-Attribute Value Theory* (MAVT - Keeney & Raiffa, 1976; Belton & Stewart, 2002). O modelo Aditivo para agregação dos critérios foi aplicado conforme usado no método FITradeoff, de acordo com a equação (3).

$$v(A_j) = \sum_{i=1}^{n} k_i v_i(A_j) \qquad (3)$$

Após a definição da melhor alternativa em cada problema, três tipos de análises foram realizadas, as quais buscaram melhorar a representação das visualizações. A primeira delas colocou uma diferença de 5% no valor agregado de performance das alternativas, fazendo com que a segunda melhor alternativa tivesse uma diferença de 5% em performance em

relação a primeira, a terceira melhor tivesse uma diferença de 5% em relação a segunda, e assim sucessivamente. A segunda análise calculou uma diferença de 10% entre as alternativas e a terceira análise uma diferença de 15%, seguindo a mesma lógica descrita.

Sendo assim, após testes pilotos serem realizados, foi observado que 10% e 15% tornavam a diferença entre as alternativas muito nítida e era simples definir qual era a melhor alternativa nas visualizações. Como em problemas de decisão MCDM/A, em geral, as diferenças entre as alternativas não são tão claras, sendo necessária a realização de diversos tradeoffs entre as consequências, foi optado por usar a diferença de 5% para ajustar as visualizações.

Dessa forma, depois que todas as matrizes foram ajustadas, visualizações foram construídas para representar os dados dos problemas na forma gráfica e tabular. Todo o design foi construído com apoio da ferramenta Excel. A Tabela 1 apresenta um problema MCDM/A gerado com apoio da função *Random/Aleatória*, a Tabela 2 apresenta esse problema na forma normalizada, a partir da divisão pelo valor máximo, e por fim a Figura 5 ilustra um gráfico de barras que representa o problema normalizado.

Tabela 1 – Problema MCDM/A gerado com apoio do Excel

| Alternativa x Critério | Critério 1 | Critério 2 | Critério 3 |
|---|---|---|---|
| A | 0,58 | 0,40 | 0,83 |
| B | 0,69 | 0,29 | 0,74 |
| C | 0,77 | 0,34 | 0,52 |

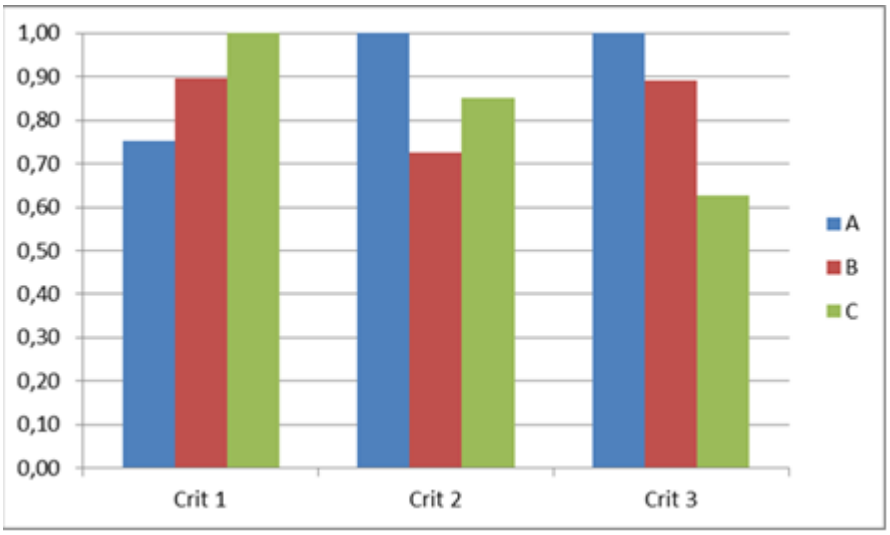
Fonte: Esta pesquisa (2020).

Tabela 2– Problema MCDM/A normalizado

| Alternativa x Critério | Critério 1 | Critério 2 | Critério 3 |
|---|---|---|---|
| A | 0,75 | 1,00 | 1,00 |
| B | 0,90 | 0,73 | 0,89 |
| C | 1,00 | 0,85 | 0,63 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Figura 5– Gráfico de barras que representa o problema normalizado




Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 3.1.3 Tarefa exigida nos experimentos

A única tarefa exigida dos participantes, nos experimentos, foi avaliar cada visualização e selecionar a melhor alternativa para cada uma delas, seguindo como referência o Modelo Aditivo (Keeney & Raiffa, 1976) para determiná-las.

Os participantes não tinham restrição de tempo para tomar as decisões e podiam passar o tempo que desejassem avaliando cada uma das visualizações. O relaxamento no tempo foi concedido visando aproximar os experimentos desenvolvidos a uma tomada de decisão real, onde na maioria dos casos, os decisores não tem tempo limite, isto é, tempo cronometrado, para tomar a decisão.

Além disso, Persson et al. (2018) observaram em seu estudo um maior envolvimento emocional no processo decisório em experimentos com a restrição de tempo, isto é, em experimentos onde os participantes estavam sob efeito de pressão de tempo.

### 3.1.4 Design dos experimentos

Para construir o design de todos os três experimentos, o software do equipamento *Eye-Tracking* X120 da *Tobbi Studio* foi utilizado, visto que este permitia incluir as visualizações geradas, no Excel, como imagens.

Além disso, o software também possibilitava a inclusão de diversos documentos, tais como: questionários, vídeos, instruções, páginas da web, entre outros. Sendo assim, para os

três experimentos desenvolvidos, imagens, questionários e instruções foram carregados na linha do tempo que este software disponibilizava.

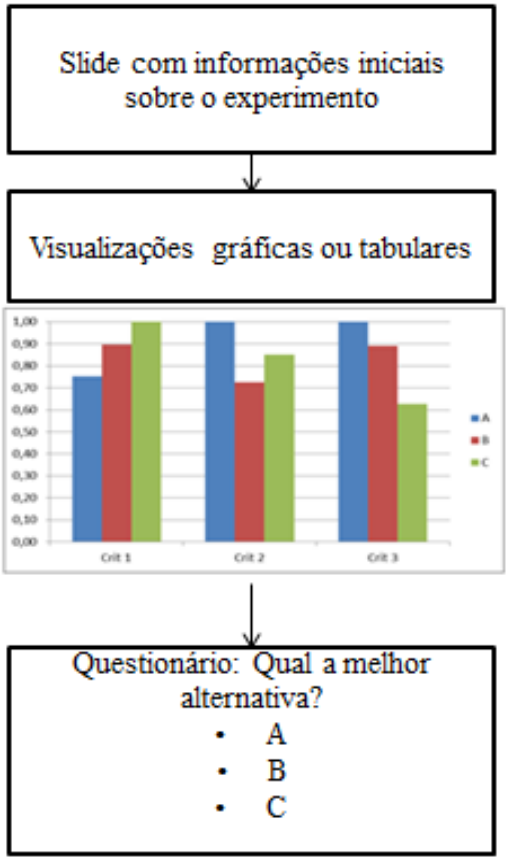
O design dos experimentos foi composto por: um slide inicial com instruções gerais sobre o experimento que seria apresentado, as visualizações criadas, e carregadas no formato de imagens, e questionários. Após cada visualização criada e inserida, um questionário foi incluído apresentando a pergunta: Qual a melhor alternativa?; seguido pelas opções de resposta, as quais correspondiam as alternativas, e suas respectivas cores, apresentadas no slide anterior.

As cores de cada uma das alternativas foram incluídas junto com o nome de cada uma delas visto que, no primeiro teste piloto realizado foi observado que alguns participantes não identificavam as alternativas pelo nome (A, B, C), mas sim pela cor que as representava. A figura 6 apresenta o projeto dos experimentos construído, tendo cada um deles diferentes tipos e formas de visualização.

Além disso, o experimento foi configurado para que após a avaliação de cada visualização o participante clicasse na tecla de espaço do teclado para que o questionário pudesse ser exibido. Depois disso, a alternativa escolhida era selecionada com o mouse e o participante clicava no botão ‘Continuar’ para prosseguir para a avaliação da próxima visualização.

As configurações de primeira passagem, na tecla de espaço, e segunda passagem, no click do mouse, foram inseridas para possibilitar a diferenciação dos tempos de finalização da avaliação de cada visualização e de finalização do preenchimento do questionário. Como a resposta ao questionário não apresentava o processamento cognitivo de interesse neste estudo, pois era desejado investigar como os participantes avaliavam as visualizações, essa ação foi desconsiderada de todas as análises feitas para os três experimentos.

Figura 6–Design experimentos




Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 3.1.5 Procedimento de execução dos experimentos

A primeira tarefa realizada para a execução do experimento foi a aprovação do projeto de pesquisa no Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Sendo assim, após aprovação e criação das visualizações e do design do experimento, as datas para realização da atividade foram marcadas com os participantes.

O procedimento de execução do experimento foi dividido em duas etapas, a etapa do pré-experimento e a etapa da realização do experimento propriamente dita. Na etapa do pré-experimento dois documentos foram apresentados aos participantes. O primeiro documento apresentou explicações sobre a atividade exigida no experimento, sendo composto por um exemplo ilustrativo. O segundo documento comunicou aos participantes que eles não estariam sujeitos a nenhum risco durante a realização do experimento, e que não teriam suas informações pessoais divulgadas. Este documento é chamado de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e é exigido pelo Comitê de Ética da universidade.

Após a leitura dos documentos, e assinatura do TCLE, os participantes eram posicionados na frente do monitor, e os equipamentos eram ajustados e calibrados por voluntários. O tempo de aplicação dos experimentos foi de aproximadamente 60 minutos.

### 3.1.6 Equipamentos e Materiais

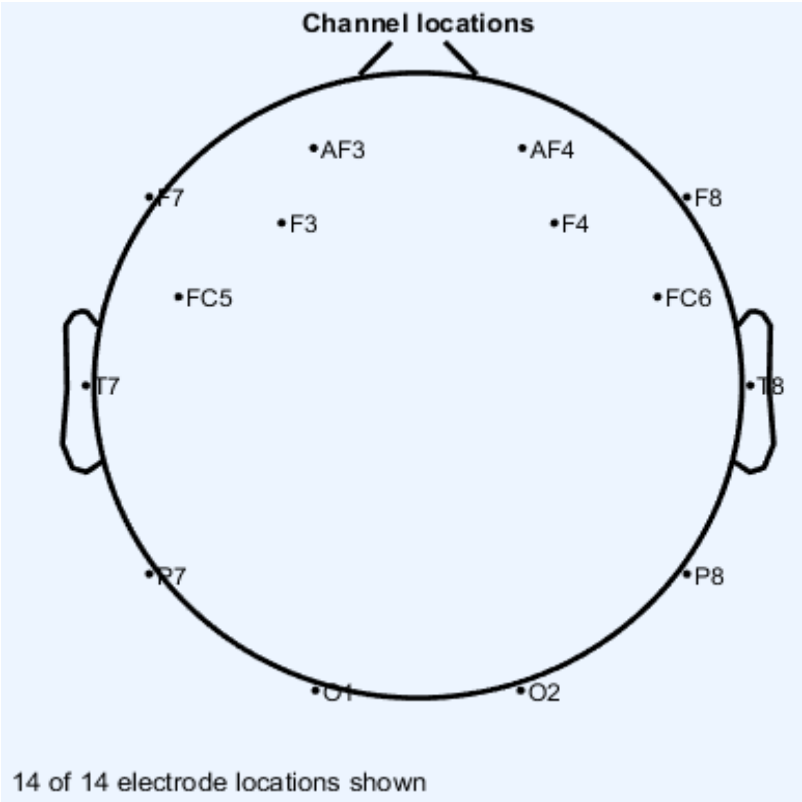
Os mesmos equipamentos e materiais foram usados para a realização dos experimentos. Em outras palavras, para os três experimentos executados foram utilizados o mesmo conjunto de mesa e cadeira, o mesmo monitor com tela de 1920 x 1080 *pixels* e os mesmos equipamentos de neurociência, o EEG com 14 canais da *Emotiv* e o *Eye-Tracking* X120 da *Tobbi Studio*.

O *Eye-tracking* foi utilizado para realizar mensuração dos movimentos dos olhos dos participantes. Este equipamento realiza essa medição a partir da emissão de raios infravermelhos e reflexão destes pela córnea, a taxa de amostragem do equipamento é de 120 Hz (Reuter & Montag, 2016; Tobbi, 2020).

Este equipamento apresenta grande precisão para mensuração dos movimentos dos olhos em telas, porém pouca flexibilidade, sendo necessário mantê-lo fixo e apoiado em uma mesa. Além disso, não permite grandes deslocamentos feitos pelos participantes. Para que bons resultados sejam gerados é recomendado que os participantes, após a calibração, não realizem movimentos brusco para que ruídos não sejam gerados na gravação. Uma distância de aproximadamente 60 cm entre os olhos dos participantes e a tela do monitor é a recomendada para a captura de tais movimentos.

O EEG foi utilizado para captura da atividade elétrica cerebral quando os participantes avaliavam cada uma das visualizações. Este equipamento apresenta 14 eletrodos, sendo eles: AF3, AF4 localizados na região frontal anterior do cérebro; F3, F4, F7 e F8 na região frontal; FC5 e FC6 na região frontal central, T7 e T8 na região temporal, P7 e P8 na região parietal e por fim O1 e O2 na região occipital (Reuter & Montag, 2016), conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7– Eletrodos presentes no EEG




Fonte: Software EEGLAB – MATLAB (2019).

Além destes doze canais, os outros dois presentes no equipamento são os canais de referência, os quais ficam posicionados em cima do osso mastoide, atrás do ouvido. Para a realização da captura pelo EEG, além da exigência de estarem bem posicionados na cabeça dos participantes, os eletrodos também precisam estar bem umidificados, usando de uma solução alcalina para essa umidificação. A taxa de amostragem deste equipamento é de 2048 Hz (Reuter & Montag, 2016; Emotiv, 2020)

Antes das análises serem realizadas, foi necessário se fazer um pré-processamento de dados para eliminar artefatos como movimentos de cabeça e piscadas. Neste contexto, para *Eye-tracking* os valores zerados para o diâmetro da pupila foram removidos, este procedimento pode ser feito por interpolações lineares ou por eliminação direta, os quais são equivalentes. Para o EEG os dados foram re-referenciados, baseando-se na atividade média; filtrados, para a eliminação algumas frequências mais altas (59-61 Hz) e mais baixas (0.1 Hz); e o método de Análise de Componentes Independentes (ICA) foi aplicado. Após essa fase de pré-processamento, a amostra inicial foi reduzida.

### 3.1.7 Participantes dos experimentos

Todos os participantes foram estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Todos os participantes que realizaram os três experimentos estavam cursando a disciplina de Métodos de Apoio a Decisão, tanto na graduação como na pós-graduação, sendo o experimento considerado uma atividade complementar da disciplina. Vale ressaltar que como os experimentos foram realizados em anos diferentes, sendo o primeiro deles realizado no ano de 2017, o segundo no ano de 2018 e o último no ano de 2019, os mesmos participantes não fizeram parte das amostras utilizadas em mais de um experimento.

Além disso, como todos os participantes estavam cursando a disciplina no momento de realização do experimento, todos apresentavam capacidade de desempenhar a atividade exigida, visto que já haviam assistido as aulas sobre MAVT (Keeney & Raiffa, 1976) e sobre o método FITradeoff (de Almeida et al., 2016).

Para o Experimento 1, desenvolvido em 2017, a amostra que compôs este experimento contou com um total de 36 estudantes do curso de Engenharia de Produção. Esta amostra foi composta por 15 mulheres e 21 homens, sendo 16 estudantes de graduação, 10 estudantes de mestrado ou de doutorado. Destes 36 estudantes, 23 apesentaram idade menor a 26 anos.

Para o Experimento 2, desenvolvido em 2018, 51 estudantes fizeram parte da amostra, sendo ela composta por: 25 mulheres e 26 homens, dos quais 28 eram estudantes de graduação e 23 eram estudantes de pós-graduação. Quanto à faixa etária, 37 dos estudantes estavam abaixo dos 26 anos e 14 estavam acima dos 26 anos.

Para o Experimento 3, desenvolvido em 2019, a amostra foi composta por 78 participantes, sendo eles: 30 mulheres e 48 homens, dos quais 34 eram estudantes de graduação e 44 eram estudantes de pós-graduação. Quanto à faixa etária, a média de idade foi 25 anos.

### 3.1.8 Variáveis investigadas nos três experimentos

Para análise dos experimentos construídos, 9 variáveis foram investigadas, sendo elas: a taxa de acertos ou HR, o Tempo de Resposta ou RT, a média dos tempos e média das contagens de fixação, a média dos tempos e média das contagens de visita, o coeficiente de variação pela *baseline* para o Diâmetro da Pupila, a potência média das frequências cerebrais para Theta no canal F3 e a potência média das frequências cerebrais Alpha no canal P7.

Dentre estas variáveis, a taxa de acertos ou Hit Rate (HR) foi a única variável construída para este estudo. Seis variáveis, dentro do conjunto de nove, foram coletadas com base no

equipamento *Eye-Tracking*, sendo elas: tempo de resposta, soma dos tempos de fixação, soma das contagens de fixação, soma dos tempos de visita, soma das contagens de visita e coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila. As variáveis relacionadas à potência média das frequências cerebrais foram coletadas pelo EEG.

A taxa de acertos ou Hit Rate (HR) foi desenvolvida em Roselli et al. (2018a), e repetida neste estudo. Esta variável foi utilizada para avaliar as visualizações com relação à atividade requerida nos experimentos, sendo ela a seleção da melhor alternativa em cada visualização apresentada.

O cálculo do HR foi possível graças ao software do *Eye-Tracking*, visto que este permitiu o registro de todas as respostas fornecidas pelos participantes aos questionários. Assim como, pelo uso do Modelo Aditivo (Keeney & Raiffa, 1976), o qual possibilitou o cálculo da melhor alternativa, para cada problema MCDM/A representado por uma dada visualização gráfica ou tabular.

Sendo assim, o HR foi calculado para cada visualização, a partir da comparação entre cada uma das respostas fornecidas pelos participantes e a alternativa correta. Quando o participante indicava corretamente a melhor alternativa, era somado 1, por outro lado, quando ele não indicava corretamente, era somado 0. Neste contexto, o HR foi encontrado pela divisão entre o número de respostas corretas e o número total de respostas avaliadas, para cada visualização. O número total de respostas avaliadas, ou seja, o denominar foi igual ao número de participantes que realizou cada um dos experimentos, descrito no item acima.

A variável Tempo de Resposta (RT) mediu o tempo, em segundos, que cada participante gastou para avaliar cada visualização. Os Apêndices A e B apresentam o RT consumido por cada participante ao avaliar cada visualização.

Da mesma forma que desenvolvido em Roselli et al. (2018a), a média do tempo e a média das contagens de fixações e visitas foram coletadas. Por fixação entende-se como a uma pausa dos olhos em um ponto fixo. E por visita entende-se como o movimento de fixação em um ponto que já foi fixado anteriormente, ou seja, o retorno para um ponto já olhado (Reuter & Montag, 2016, Tobbi, 2020). A soma dos tempos totais e a contagem de fixações e visitas encontram-se no Apêndice C.

A medida do diâmetro da pupila do olho esquerdo e direito, em milímetros, foi coletada e apresentada em planilhas em Excel no formato de séries temporais, com os diâmetros coletados a cada milissegundo de gravação.

Dessa forma, visando encontrar valores de agregação para o diâmetro da pupila para cada uma das visualizações avaliadas, por cada um dos participantes, diversas métricas foram

calculadas, tais como: média, mediana e desvio-padrão. Para este estudo, a métrica escolhida foi o coeficiente de variação pela *baseline*, apresentado nos Apêndices D e E. A definição desta métrica e sua justificativa de uso encontram-se descritas no subitem específico, à frente

Para este estudo apenas os valores da pupila do olho esquerdo foram escolhidos para serem investigados, visto que não seria ideal usar os dados dos dois olhos devido à ausência de diferenças observadas, conforme apresentado em Sharma et al. (2012), e a extensão já tomada para este estudo.

Por fim, para o desenvolvimento das análises com os dados coletados pelo EEG, as médias dos valores de potência na Banda Theta, referente ao agrupamento de frequências de 4 a 8 Hz, e na banda Alpha, referente ao agrupamento das frequências de 8 a 13 Hz, foram calculadas (Ramsøy et al, 2018, Zhang et al., 2018).

Estes valores médios de potência foram coletados com apoio da ferramenta EEGLAB, usando o software MATLAB, a partir de matrizes de potências que continham o valor da potência para cada uma das 64 frequências coletadas pelo EEG em cada um dos 14 canais. Sendo assim, com base nesta matriz, um valor médio de potência foi encontrado para cada uma das Bandas, em um dos 14 canais, para cada um dos participantes.

Apenas as bandas Theta e Alpha foram investigadas com base nos estudos de e de Loof et al. (2019), Waschera et al. (2014), Macdonald et al. (2011), Holm (2009), Klimesch et al. (2005), os quais 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. E que a redução dos valores Alpha na região cortical posterior pode ser uma indicação de atividade mental e engajamento.

Vale destacar que em Waschera et al. (2014) a condição de fadiga mental foi investigada, não sendo esta condição considerada nos experimentos construídos para esta pesquisa. No entanto, tal condição também indicou aumento dos valores de Theta como indicador de esforço cognitivo, podendo este estudo ser complementar ao desenvolvido para representar situações onde o esforço cognitivo é extremo.

Sendo assim, com base nestes estudos, o valor de potência para o canal F3 em Theta e o valor de potência para o canal P7 em Alpha foram avaliados para desenvolvimento das análises, estes valores médios para cada um dos participantes encontram-se nos Apêndices F e G.

## 3.2 EXPERIMENTO 1 COM USO DE EYE-TRACKING CONTEXTUALIZADO NO MÉTODO FITRADEOFF

Este experimento foi fruto de estudos durante o Mestrado Acadêmico sendo apresentado em alguns trabalhos, tais como Roselli et al., (2019a), Roselli et al., (2018 a,b), de Almeida & Roselli (2017b), Roselli & de Almeida (2017), Roselli et al (2017 a,b). Sendo assim, para este estudo, apenas informações breves sobre esse experimento são apresentadas visando a introdução dos outros dois experimentos desenvolvidos posteriormente, os quais são foco deste trabalho.

### 3.2.1 Desenho do experimento

O primeiro experimento desenvolvido foi construído utilizando cinco tipos de visualizações, as três visualizações já apresentadas no SAD do FITradeoff, e outras duas adicionais, incluídas para incrementar o experimento e gerar mais sugestões de melhoria para o SAD.

Sendo assim, este primeiro experimento contou com um total de 24 visualizações, sendo elas: dezoito gráficos de barras, sendo nove com pesos iguais e nove com pesos diferentes para os critérios, um gráfico tipo radar, um gráfico de bolhas, duas tabelas e dois gráficos de barras acoplados a tabelas, para estas visualizações pesos iguais para os critérios foram utilizados.

Abreviações foram criadas de forma padronizada para identificar cada uma das visualizações. Para alternativas, a letra A foi utilizada, para critérios, a letra C, para pesos iguais, a letra S (*same*) e para pesos diferentes, a letra D. Para gráficos de barras foi usada a letra G, para os gráficos tipo radar foi usada a palavra *Spider*, para o tipo bolhas a palavra *Bubble*, para gráfico de barras com tabelas GT e para as tabelas T. Por exemplo, GS4A5C foi usado para indicar o gráfico de barras com pesos iguais quatro alternativas e cinco critérios.

Tais visualizações foram apresentadas em três sequências distintas, S1 seguiu uma ordem crescente de grau de dificuldade para apresentar as visualizações, partindo de problemas 3x3 com pesos iguais até 5x5 com pesos diferentes. S2 foi feito de forma oposta a S1, partindo de 5x5 com pesos diferentes até 3x3 com pesos iguais. E S3 apresentou as visualizações seguindo uma ordem aleatória. A Tabela 3 indica as visualizações apresentadas em cada uma das sequencias.

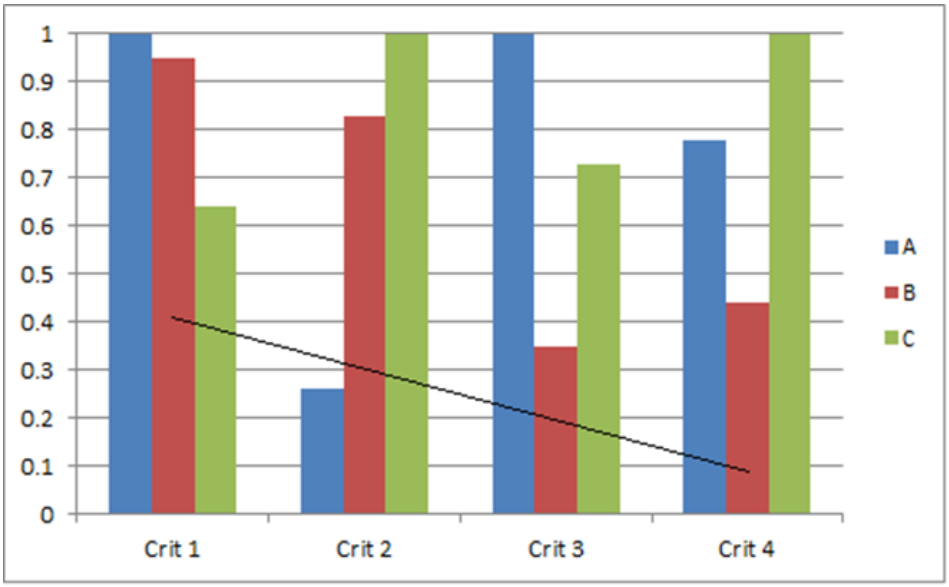
Tabela 3 –Visualizações construídas para o experimento 1**.**

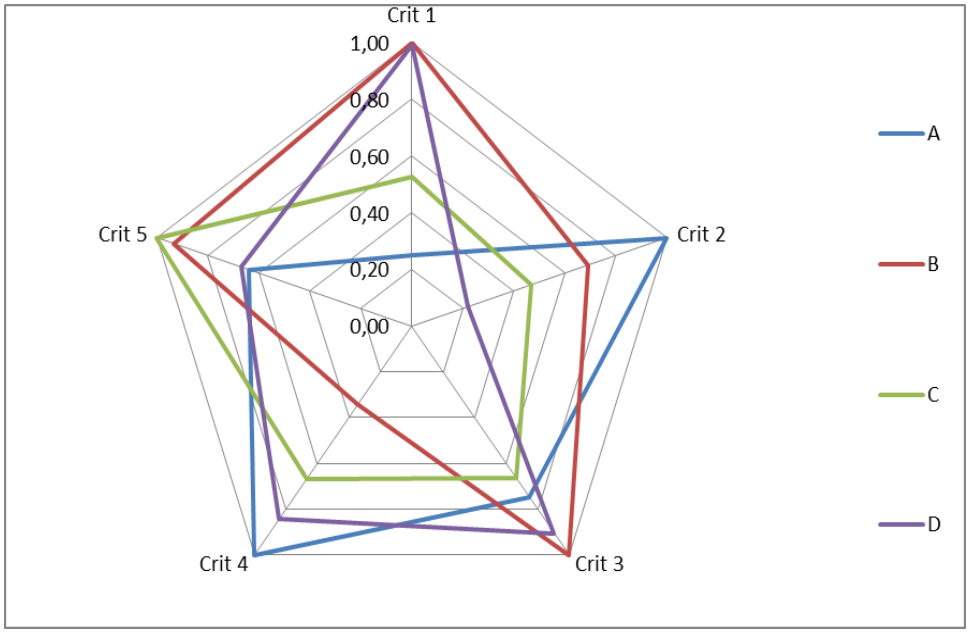
| Sequência S1 | Sequência S2 | Sequência S3 |
|---|---|---|
| GS3A3C | GD5A5C | GS3A4C |
| GS4A3C | GD4A5C | GD4A5C |
| GS5A3C | GD3A5C | GS3A5C |
| GS3A4C | GD5A4C | GD5A4C |
| GS4A4C | GD4A4C | GS4A4C |
| GS5A4C | GD3A4C | GD4A3C |
| GS3A5C | GD5A3C | GD3A4C |
| GS4A5C | GD4A3C | GD5A3C |
| GS5A5C | GD3A3C | GD3A5C |
| GSpider4A5C | GSpider4A5C | GSpider4A5C |
| GBubble4A5C | GBubble4A5C | GBubble4A5C |
| T3A5C | T3A5C | T3A5C |
| T4A5 | T4A5 | T4A5 |
| GT3A5C | GT3A5C | GT3A5C |
| GT4A5C | GT4A5C | GT4A5C |
| GD3A3C | GS5A5C | GS5A4C |
| GD4A3C | GS4A5C | GD5A5C |
| GD5A3C | GS3A5C | GS3A3C |
| GD3A4C | GS5A4C | GS4A3C |
| GD4A4C | GS4A4C | GS5A5C |
| GD5A4C | GS3A4C | GD3A3C |
| GD3A5C | GS5A3C | GD4A4C |
| GD4A5C | GS4A3C | GS4A5C |
| GD5A5C | GS3A3C | GS5A3C |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

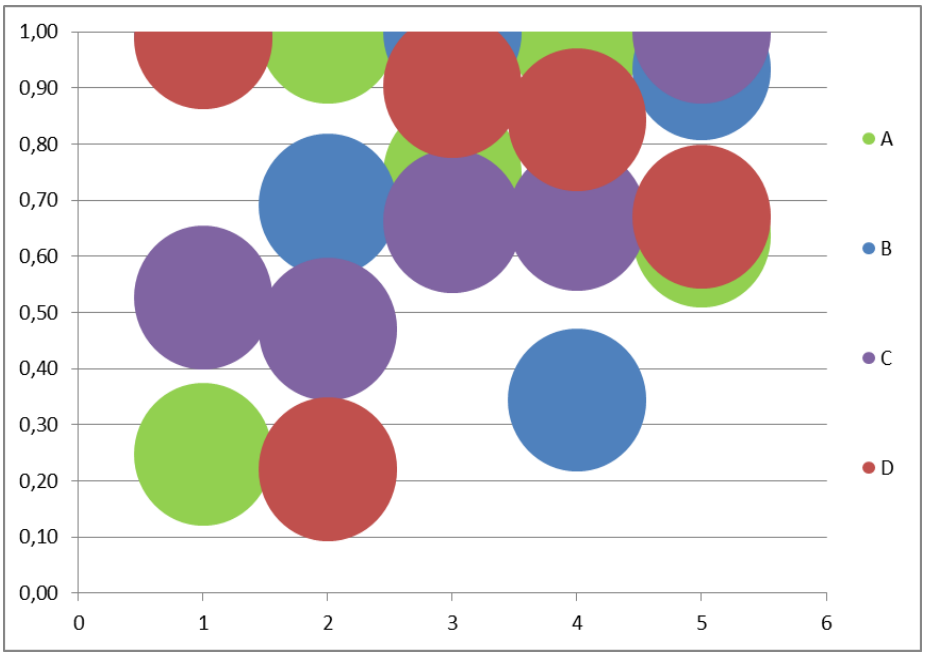
A Figura 8 apresenta exemplos das cinco formas de visualização construídas e utilizadas neste experimento, sendo elas: GD3A4C, GSpider4A5C, T3A4C, GBubble4A5C e GT3A5C, respectivamente. A reta apresentada em GD3A4C indica o decrescimento dos valores de pesos para os critérios, tendo o Crit 1 o maior valor de peso e o Crit 4 o menor valor de peso.

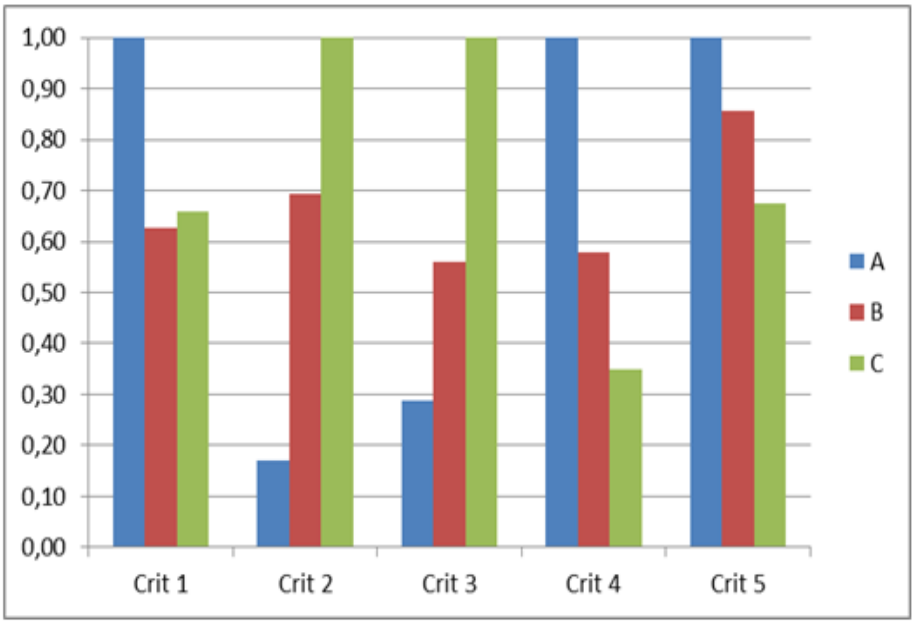
Figura 8–Visualizações utilizados no experimento inicial




| | Crit 1 | Crit 2 | Crit 3 | Crit 4 |
|---|---|---|---|---|
| *A* | 0,66 | 0,61 | 1,00 | 0,86 |
| *B* | 1,00 | 0,75 | 0,86 | 0,36 |
| *C* | 0,74 | 1,00 | 0,79 | 1,00 |




| | Crit 1 | Crit 2 | Crit 3 | Crit 4 | Crit 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| *A* | 1,00 | 0,17 | 0,29 | 1,00 | 1,00 |
| *B* | 0,63 | 0,69 | 0,56 | 0,58 | 0,86 |
| *C* | 0,66 | 1,00 | 1,00 | 0,35 | 0,67 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 3.2.2 Conclusões do experimento

Os resultados para este experimento sugeriram que:

- A sequência S3 apresentou o maior número de acertos, indicando assim que a sequencia aleatória foi a mais apropriada para construir o experimento.
- Gráficos de barras com pesos iguais foram os que receberam as maiores taxas de acertos, o que foi um resultado coerente visto que era um caso mais simples do que quando pesos diferentes estavam presentes.
- A posição dos pesos da esquerda para a direita também foi confirmada, visto que a partir da análise de fixações, os critérios com maiores pesos (critérios 1 e 2) foram os mais visualizados.
- Os gráficos tipo radar e as tabelas apresentaram uma grande taxa de acerto em relação aos demais tipos, devendo ser melhor investigados.
- Gráfico de Bolhas apresentaram as piores taxas de acertos.

Portanto, com base nestes resultados, outros dois experimentos foram desenvolvidos e são apresentados a seguir. O experimento desenvolvido em 2018 teve o objetivo de investigar especificamente gráfico de barras e tabelas visando comparar tais visualizações visto que as tabelas não foram muito exploradas neste experimento inicial. Por outro lado, o experimento desenvolvido em 2019 foi composto por gráficos de barras, tabelas e gráficos do tipo radar; visando comparar estas visualizações e investigar de forma mais específica a relação das duas primeiras com o gráfico radar. Para o experimento em questão, a maioria das visualizações foi construída com duas alternativas, a fim investigar a relação de dominância apresentada no método FITradeoff com problemática de ordenação (Frej et al., 2019).O EEG foi incluído nestes dois novos experimentos em agregação com o *Eye-tracking*.

## 3.3 EXPERIMENTO 2 COM USO DE EYE-TRACKING E EEG PARA INVESTIGAÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS PARA DECISÃO MULTICRITÉRIO

Visto que as tabelas foram avaliadas positivamente pelos participantes para identificação da melhor alternativa, com altas taxas de acertos, um novo experimento foi construído para avaliar especificamente a relação entre tabelas e gráficos de barras. Com relação a este experimento, alguns trabalhos já se fazem presentes na literatura, com apresentado em de Almeida et al. (2018) e Roselli & de Almeida (2019 a,b).

### 3.3.1 Desenho do experimento

Para este experimento, 10 problemas de decisão foram gerados, cinco deles apresentando pesos diferentes para os critérios e cinco deles com pesos iguais para os critérios. Com base nestes problemas, 20 visualizações foram geradas, ou seja, para um mesmo problema, um gráfico de barras e uma tabela foram construídos, permitindo comparações.

Com base nas conclusões do experimento inicial, para este novo experimento apenas uma sequência foi construída para exibir as 20 visualizações, sendo ela gerada aleatoriamente. Tais visualizações foram criadas a partir de problemas com três, quatro ou cinco alternativas avaliadas em três, quatro ou cinco critérios. Especificamente problemas com: 3 alternativas e 4 critérios, 4 alternativas e 3 critérios, 4 alternativas e 4 critérios, 4 alternativas e 5 critérios e 5 alternativas e 4 critérios, conforme apresentado na Tabela 4.

No experimento 1 abreviações foram criadas de forma padronizada para identificar cada uma das visualizações, porém algumas destas abreviações foram ajustadas para melhor apresentar as análises desenvolvidas para este experimento e para o próximo.

Para alternativas e critérios com pesos iguais e diferentes, as letras A, C, S e D continuaram sendo utilizadas. Para gráficos de barras, ao invés de G foi usada a letra B, consequentemente para gráfico de barras com tabelas foi usado BT, e para tabelas continuou-se a usar a letra T. Para gráficos radar ao invés de Spider foi usada a letra R, e gráficos de bolhas não foram mais investigados devido as baixas performances que apresentaram no experimento 1.

Vale ressaltar, que duas visualizações do tipo gráfico de barra com tabela também foram incluídas no final deste experimento, ou seja, o experimento apresentou as 20 visualizações da Tabela 4 mais duas visualizações que combinavam gráficos de barras e tabelas em uma mesma imagem.

Estas visualizações foram incluídas para que comparações pudessem ser desenvolvidas, futuramente, em conjunto com as duas visualizações deste mesmo tipo presentes no experimento anterior. Sendo assim, estas visualizações construídas foram originadas de problemas com 3A5C e 4A5C com pesos iguais para os critérios, da mesma forma que no experimento 1.

Tabela 4 –Visualizações construídas para o experimento inicial

| Problemas construídos x Visualizações | Gráfico de Barras com pesos iguais (BS) | Tabela com pesos iguais (TS) | Gráfico de Barras com pesos diferentes (BD) | Tabela com pesos diferentes (TS) |
|---|---|---|---|---|
| Problema 1 - 3 alternativas e 4 critérios | 3A4C BS | 3A4C TS | 3A4C BD | 3A4C TD |
| Problema 2 – 4 alternativas e 3 critérios | 4A3C BS | 4A3C TS | 4A3C BD | 4A3C TD |
| Problema 3 – 4 alternativas e 4 critérios | 4A4C BS | 4A4C TS | 4A4C BD | 4A4C TD |
| Problema 4 – 4 alternativas e 5 critérios | 4A5C BS | 4A5C TS | 4A5C BD | 4A5C TD |
| Problema 5 – 5 alternativas e 4 critérios | 5A4C BS | 5A4C TS | 5A4C BD | 5A4C TD |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 3.3.2 Resultados

Para a geração de resultados, análises descritivas e estatísticas foram realizadas, com base nas variáveis apresentadas no subitem 3.2.8, visando investigar a relação de gráfico de barras *versus* tabelas na atividade de seleção da melhor alternativa.

#### 3.3.2.1 Hit Rate

Os valores das taxa de acertos ou HR, para cada uma das vinte visualizações, são apresentados na Tabela 5. Vale ressaltar que a ordem das visualizações apresentada na tabela 3.5 é a mesma ordem em que as estas foram exibidas para os participantes.

A fim de investigar os valores de HR, algumas comparações foram realizadas fazendo uso de uma análise descritiva. O primeiro grupo comparado foi composto por visualizações de mesmo tipo, mas que tinham pesos iguais e pesos diferentes para os critérios, conforme apresentado na Tabela 6. O segundo grupo comparado foi composto por gráfico de barras e tabelas, originados do mesmo problema, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 5 –HR para o experimento de gráfico de barras e tabelas

| Visualizações | Hit Rate |
|---|---|
| 4A5C TD | 47% |
| 5A4C BD | 8% |
| 4A4C TS | 55% |
| 5A4C BS | 73% |
| 5A4C TS | 73% |
| 4A3C TS | 39% |
| 4A3C TD | 63% |
| 3A4C TS | 88% |
| 5A4C TD | 16% |
| 4A4C BD | 16% |
| 4A5C BD | 49% |
| 4A3C BD | 59% |
| 3A4C TD | 49% |
| 4A3C BS | 27% |
| 4A5C TS | 82% |
| 4A5C BS | 78% |
| 3A4C BD | 45% |
| 4A4C TD | 20% |
| 3A4C BS | 94% |
| 4A4C BS | 67% |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 6 –Comparação HR para pesos iguais versus diferentes

| Visualizações | BS | BD | BS x BD | TS | TD | TS x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 94% | 45% | BS > BD | 88% | 49% | TS > TD |
| 4A3C | 27% | 59% | BS < BD | 39% | 63% | TS < TD |
| 4A4C | 67% | 16% | BS > BD | 55% | 20% | TS > TD |
| 4A5C | 78% | 49% | BS > BD | 82% | 47% | TS > TD |
| 5A4C | 73% | 8% | BS > BD | 73% | 16% | TS > TD |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 7 –Comparação HR para gráfico de barras versus tabelas

| Visualizações | BS | TS | BS x TS | BD | TD | BD x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 94% | 88% | BS > TS | 45% | 49% | BD > TD |
| 4A3C | 27% | 39% | BS < TS | 59% | 63% | BD < TD |
| 4A4C | 67% | 55% | BS > TS | 16% | 20% | BD < TD |
| 4A5C | 78% | 82% | BS < TS | 49% | 47% | BD > TD |
| 5A4C | 73% | 73% | GS = TS | 8% | 16% | BD < TD |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Sendo assim, com base nestas tabelas foi possível observar que, para a Tabela 6 oito das dez comparações apresentaram HR maior para visualizações com pesos iguais do que para visualizações com pesos diferentes. Para a Tabela 7, os resultados sugeriram que para gráficos

de barras e tabelas, com pesos iguais, os valores de HR foram semelhantes, e com pesos diferentes, as tabelas apresentaram maiores HR em quatro de cinco comparações.

A partir do HR diversas análises puderam ser realizadas, esta variável teve um papel especial, pois possibilitou a identificação de cada visualização, permitindo a comparação do HR com outras métricas fisiológicas coletadas pelos equipamentos, tais como: o tempo consumido por cada participante para avaliar as visualizações, o diâmetro da pupila que cada participante apresentou durante a análise de cada visualização e as potências das frequências cerebrais.

#### 3.3.2.2 Tempo de Resposta

Conforme apresentado em 3.2.8, o Tempo de Resposta ou RT foi o tempo exato que cada participante passou avaliando cada visualização antes de prosseguir para o questionário e selecionar a melhor alternativa.Sendo assim, para associar um único valor de RT, para cada visualização, a média dos RTs consumidos por cada um dos participantes foi calculada para cada visualização, conforme apresentado na Tabela 8. Os valores de RT que cada um dos participantes apresentou na avaliação de cada visualização encontrar-se no Apêndice A.

Tabela 8 –Valores RT para cada visualização

| Visualização | RT (seg) |
|---|---|
| 4A5C TD | 65,42 |
| 5A4C BD | 46,47 |
| 4A4C TS | 65,46 |
| 5A4C BS | 51,90 |
| 5A4C TS | 49,17 |
| 4A3C TS | 61,84 |
| 4A3C TD | 41,32 |
| 3A4C TS | 28,46 |
| 5A4C TD | 33,93 |
| 4A4C BD | 67,38 |
| 4A5C BD | 35,30 |
| 4A3C BD | 35,58 |
| 3A4C TD | 36,42 |
| 4A3C BS | 45,35 |
| 4A5C TS | 40,80 |
| 4A5C BS | 46,84 |
| 3A4C BD | 31,75 |
| 4A4C TD | 41,74 |
| 3A4C BS | 23,07 |
| 4A4C BS | 39,22 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Para avaliar os valores de RT, comparações destes valores, a partir de uma análise descritiva, foram realizadas. Assim como para HR, os dois grupos de visualizações foram comparados. O primeiro grupo comparou pesos iguais *versus* pesos diferentes, e o segundo grupo comparou gráficos de barras *versus* tabelas. As comparações são apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 –Comparação RT para pesos iguais versus diferentes

| Visualizações | BS | BD | BS x BD | TS | TD | TS x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 23 | 32 | BS < BD | 28 | 36 | TS < TD |
| 4A3C | 45 | 36 | BS > BD | 62 | 41 | TS > TD |
| 4A4C | 39 | 67 | BS < BD | 65 | 42 | TS > TD |
| 4A5C | 47 | 35 | BS > BD | 41 | 65 | TS < TD |
| 5A4C | 52 | 46 | BS > BD | 49 | 34 | TS > TD |

Fonte: esta pesquisa (2020*).*

Tabela 10 –Comparação RT para gráfico de barras versus tabelas

| Visualizações | BS | TS | BS x TS | BD | TD | BD x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 23 | 28 | BS < TS | 32 | 36 | BD < TD |
| 4A3C | 45 | 62 | BS < TS | 36 | 41 | BD < TD |
| 4A4C | 39 | 65 | BS < TS | 67 | 42 | BD > TD |
| 4A5C | 47 | 41 | BS > TS | 35 | 65 | BD < TD |
| 5A4C | 52 | 49 | BS > TS | 46 | 34 | BD > TD |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Com base na primeira comparação, foi possível observar que três das cinco comparações apresentaram visualizações com pesos iguais com maiores valores para RT do que visualizações com diferentes pesos, tanto para os gráficos de barras como para as tabelas. Com relação a segunda comparação, gráficos de barras *versus* tabelas, três das cinco comparações apresentaram as tabelas com maiores valores de RT do que os gráficos de barras, tanto para pesos iguais quanto para pesos diferentes.

Neste contexto, visando investigar a diferença destes valores de RT, uma análise estatística foi desenvolvida usando o teste não paramétrico de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para $\alpha = 5\%$. Este teste foi usado pois não era exigida a conformidade com a distribuição normal para os valores de RT, e a amostra foi classificada como dependente visto que os mesmos indivíduos avaliavam todas as visualizações (Montgomery et al., 2000).

Sendo assim, esta análise foi realizada para avaliar se havia diferenças estatísticas nos valores de RT para cada um dos pares de visualizações comparados. Para este teste, a hipótese H0 correspondeu à similaridade dos valores de RT entre as visualizações comparadas e a hipótese H1 a não similaridade destes valores. Tal teste não forneceu a informação de qual

visualização apresentava maior valor de RT dentro dos pares comparados, porém usando da subtração destes valores foi possível identificar qual delas apresentava maiores valores. As Tabelas 11 e 12 apresentam as diferenças nos tempos de resposta, as células indicadas com – indicam a ausência de diferença estatística para o par de visualizações comparado.

Tabela 11–Diferença do RT para pesos iguais versus diferentes

| Visualizações | BS | BD | BS x BD | TS | TD | TS x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 23 | 32 | - | 28 | 36 | - |
| 4A3C | 45 | 36 | BS > BD; 9 seg | 62 | 41 | TS > TD; 21seg |
| 4A4C | 39 | 67 | BS < BD; 28 seg | 65 | 42 | TS > TD; 23seg |
| 4A5C | 47 | 35 | BS > BD; 12 seg | 41 | 65 | TS < TD; 24seg |
| 5A4C | 52 | 46 | - | 49 | 34 | TS > TD; 15seg |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 12 – Diferença de RT para gráfico de barras versus tabelas

| Visualizações | BS | TS | BS x TS | BD | TD | BD x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 23 | 28 | - | 32 | 36 | BD < TD; 4 seg |
| 4A3C | 45 | 62 | - | 36 | 41 | - |
| 4A4C | 39 | 65 | BS < TS; 26 seg | 67 | 42 | BD > TD; 25 seg |
| 4A5C | 47 | 41 | - | 35 | 65 | BD < TD; 30 seg |
| 5A4C | 52 | 49 | - | 46 | 34 | BD > TD; 12 seg |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Com base nessa análise, os pares destacados foram os pares que apresentaram a hipótese H0 rejeitada. Portanto, para esses pares, as diferenças nos valores de RT foram significativas.

A fim de continuar a investigação do tempo de resposta consumido nos problemas MCDM/A, e o comportamento dos decisores quando estes problemas foram avaliados, outras análises foram realizadas.

A primeira análise comparou os valores de RT em problemas com o mesmo número de alternativas, ou seja, 4A3C *versus* 4A4C, 4A3C *versus* 4A5C e 4A4C *versus* 4A5C. A segunda delas comparou os valores de RT em problemas com o mesmo número de critérios, isto é, 3A4C *versus* 4A4C, 3A4C *versus* 5A4C e 4A4C *versus* 5A4C. E a última análise investigou problemas que apresentaram uma combinação oposta de alternativas e critérios, sendo eles 3A4C *versus* 4A3C e 4A5C *versus* 5A4C. As análises são apresentadas nas Tabelas 13 a 15. Para estas tabelas os pares destacados foram os que apresentaram diferenças significativas para os valores de RT.

Tabela 13 –Diferença do RT para problemas com mesmo número de alternativas

| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 4A3C (1) | 45 | 36 | 62 | 41 |
| 4A4C (2) | 39 | 67 | 65 | 42 |
| Comparação | - | (1) < (2); 31 seg | (1) < (2); 3 seg | - |
| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
| 4A3C (3) | 45 | 36 | 62 | 41 |
| 4A5C (4) | 47 | 35 | 41 | 65 |
| Comparação | - | - | (3) > (4) 21 seg | (3) < (4); 24 seg |
| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
| 4A4C (5) | 39 | 67 | 65 | 42 |
| 4A5C (6) | 47 | 35 | 41 | 65 |
| Comparação | - | (5) > (6); 32 seg | (5) > (6) ; 24 seg | (5) < (6); 23 seg |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 14 –Diferença de RT para problemas com mesmo número de critérios

| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 3A4C (7) | 23 | 32 | 28 | 36 |
| 4A4C (8) | 39 | 67 | 65 | 42 |
| Comparação | (7) < (8); 16 seg | (7) < (8); 35 seg | (7) < (8); 37 seg | (7) < (8); 6 seg |
| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
| 3A4C (9) | 23 | 32 | 28 | 36 |
| 5A4C (10) | 52 | 46 | 49 | 34 |
| Comparação | (9) < (10); 29seg | (9) < (10);14seg | (9) < (10);21seg | - |
| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
| 4A4C (11) | 39 | 67 | 65 | 42 |
| 5A4C (12) | 52 | 46 | 49 | 34 |
| Comparação | (11) < (12); 13seg | (11) > (12); 21 seg | (11) > (12); 16 seg | (11) > (12); 8 seg |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 15 –Diferença de RT para problemas opostos

| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 3A4C (13) | 23 | 32 | 28 | 36 |
| 4A3C (14) | 45 | 36 | 62 | 41 |
| Comparação | (13) < (14); 22 seg | (13) < (14); 4 seg | (13) < (14); 34 seg | - |
| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
| 4A5C (15) | 47 | 35 | 41 | 65 |
| 5A4C (16) | 52 | 46 | 49 | 34 |
| Comparação | - | (15) < (16); 11 seg | - | (15) > (16); 31 seg |

Fonte: esta pesquisa (2020).

### 3.3.2.3 Fixações e Visitas

A Tabela 16 apresenta para cada visualização a contagem média de fixações feitas pelos participantes e a duração média das fixações, em segundos para cada uma das visualizações. Da mesma forma do que foi realizado para as fixações, a contagem e a duração das visitas também foram calculadas, conforme apresentado na Tabela 17.

Conforme apresentado em 3.2.8, fixações são caracterizadas como a pausa do olhar em um dado local. Já visitas são caracterizadas como o retorno do olhar para um local já visualizado anteriormente (Tobbi, 2020). Os valores de fixações e visitas para cada um dos participantes são apresentados no Apêndice C.

Tabela 16– Contagem e Duração de Fixações

| Visualizações | Contagem média de fixações | Duração média das fixações |
|---|---|---|
| 4A5C TD | 22,60 | 82,33 |
| 5A4C BD | 24,77 | 107,87 |
| 4A4C TS | 27,41 | 111,87 |
| 5A4C BS | 26,71 | 126,97 |
| 5A4C TS | 21,07 | 86,53 |
| 4A3C TS | 22,51 | 95,03 |
| 4A3C TD | 20,30 | 81,23 |
| 3A4C TS | 10,42 | 43,53 |
| 5A4C TD | 16,56 | 64,53 |
| 4A4C BD | 35,24 | 166,50 |
| 4A5C BD | 20,33 | 95,97 |
| 4A3C BD | 19,77 | 89,40 |
| 3A4C TD | 15,68 | 59,27 |
| 4A3C BS | 22,25 | 104,00 |
| 4A5C TS | 19,23 | 72,47 |
| 4A5C BS | 28,75 | 133,27 |
| 3A4C BD | 14,26 | 64,90 |
| 4A4C TD | 18,12 | 64,50 |
| 3A4C BS | 12,86 | 54,40 |
| 4A4C BS | 23,92 | 107,47 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 17 –Contagem e Duração de Visitas

| Visualizações | Contagem média de visitas | Duração média das visitas |
|---|---|---|
| 4A5C TD | 54,00 | 24,35 |
| 5A4C BD | 54,10 | 28,63 |
| 4A4C TS | 75,47 | 30,42 |
| 5A4C BS | 68,97 | 31,89 |
| 5A4C TS | 59,50 | 23,02 |
| 4A3C TS | 61,80 | 26,10 |
| 4A3C TD | 44,37 | 24,40 |
| 3A4C TS | 29,77 | 11,56 |
| 5A4C TD | 39,87 | 19,04 |
| 4A4C BD | 82,37 | 43,29 |
| 4A5C BD | 49,37 | 23,77 |
| 4A3C BD | 40,13 | 23,55 |
| 3A4C TD | 36,57 | 17,88 |
| 4A3C BS | 52,33 | 26,42 |
| 4A5C TS | 50,00 | 21,52 |
| 4A5C BS | 75,83 | 32,86 |
| 3A4C BD | 35,20 | 16,87 |
| 4A4C TD | 41,20 | 19,83 |
| 3A4C BS | 32,23 | 14,43 |
| 4A4C BS | 58,83 | 27,25 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

As métricas de contagem de fixações / visitas e de média dos tempos de fixações / visitas foram correlacionadas entre si, usando da Correlação de Spearman (Montgomery et al., 2000), para verificar se existia correlação entre elas, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 –Correlação entre as métricas de Fixação e Visitas

| Correlações analisadas | Valor rho |
|---|---|
| Contagem Fixações x Contagem Visitas | 0,89 |
| Duração Fixações x Duração Visitas | 0,97 |
| Contagem Fixações x Duração Fixações | 0,95 |
| Contagem Visitas x Duração Visitas | 0,91 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Além disso, como duração média de fixações apresenta significado semelhante ao tempo de resposta (RT), apresentando as duas métricas o tempo dispendido na avaliação de uma dada visualização, estas métricas foram também correlacionadas com os valores de RT, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 –Correlação entre as métricas de Fixação e Visitas com RT

| Correlações analisadas | Valor rho |
|---|---|
| Contagem Fixações x RT | 0,67 |
| Duração Fixações x RT | 0,84 |
| Contagem Visitas x RT | 0,88 |
| Duração Visitas x RT | 0,78 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Neste contexto, devido aos altos valores de correlação encontrados entre as métricas de contagem e média dos tempos para fixações e visitas, na Tabela 18, e a semelhança de definição entre RT e a duração total de fixações, apenas a análise de RT foi desenvolvida para este trabalho.

#### 3.3.2.4 Diâmetro da Pupila.

Para o desenvolvimento das análises dos diâmetros das pupilas dos participantes, o coeficiente de variação pela *baseline* foi o escolhido para uso. Este coeficiente apresentou o valor da média do diâmetro da pupila, que cada participante obteve ao analisar uma dada visualização, dividido pelo valor da *baseline.* A *baseline* foi igual ao valor do diâmetro da pupila, capturado pelo equipamento, no tempo exato de 10 segundos após a aparição de uma dada visualização para o participante, isto é, no tempo exato de 10 segundos que o participante estava analisando a visualização.

Sendo assim, com base neste coeficiente, um valor maior que 1 indica que aquele participante apresentou um aumento do diâmetro da pupila durante a avaliação da visualização. Por outro lado, para coeficientes menores que 1 observa-se uma queda do diâmetro da pupila ao longo da análise de uma dada visualização.

Neste contexto, análises de comparações dos pares de visualizações foram realizadas, da mesma forma que apresentado para RT. Os valores de coeficiente de variação pela *baseline* que cada participante obteve são apresentados no Apêndice D. Para agregar estes valores e gerar um único valor para cada visualização, as médias foram calculadas, sendo os valores médios de coeficiente de variação pela *baseline* apresentados na Tabela 20.

Sendo assim, da mesma forma que desenvolvido para RT, análises descritivas e estatísticas, usando do teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon com $\alpha = 5\%$, foram desenvolvidas. As análises descritivas de comparação estão apresentadas nas Tabelas 21 e 22.

Tabela 20 – Valores de coeficiente de variação pela baseline do diâmetro da pupila do olho esquerdo

| Visualizações | Média do Coeficiente de variação pela baseline |
|---|---|
| 4A5C TD | 0,87 |
| 5A4C BD | 1,02 |
| 4A4C TS | 1,17 |
| 5A4C BS | 1,03 |
| 5A4C TS | 1,16 |
| 4A3C TS | 1,14 |
| 4A3C TD | 1,00 |
| 3A4C TS | 1,18 |
| 5A4C TD | 1,02 |
| 4A4C BD | 1,04 |
| 4A5C BD | 1,03 |
| 4A3C BD | 1,03 |
| 3A4C TD | 1,06 |
| 4A3C BS | 1,07 |
| 4A5C TS | 1,18 |
| 4A5C BS | 1,04 |
| 3A4C BD | 1,02 |
| 4A4C TD | 1,04 |
| 3A4C BS | 1,06 |
| 4A4C BS | 1,03 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 21 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para pesos iguais versus diferentes

| Visualizações | BS | BD | BS x BD | TS | TD | TS x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 1,06 | 1,02 | BS > BD | 1,18 | 1,06 | TS > TD |
| 4A3C | 1,07 | 1,03 | BS > BD | 1,14 | 1,00 | TS > TD |
| 4A4C | 1,03 | 1,04 | BS < BD | 1,17 | 1,04 | TS > TD |
| 4A5C | 1,04 | 1,03 | BS > BD | 1,18 | 0,87 | TS > TD |
| 5A4C | 1,03 | 1,02 | BS > BD | 1,16 | 1,02 | TS > TD |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 22 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para gráfico de barras versus tabelas

| Visualizações | BS | TS | BS x TS | BD | TD | BD x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 1,06 | 1,18 | BS < TS | 1,02 | 1,06 | BD < TD |
| 4A3C | 1,07 | 1,14 | BS < TS | 1,03 | 1,00 | BD > TD |
| 4A4C | 1,03 | 1,17 | BS < TS | 1,04 | 1,04 | BD = TD |
| 4A5C | 1,04 | 1,18 | BS < TS | 1,03 | 0,87 | BD > TD |
| 5A4C | 1,03 | 1,16 | BS < TS | 1,02 | 1,02 | BD = TD |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Com base na Tabela 21, foi possível observar que para os gráficos de barras com pesos iguais apresentaram maiores valores do coeficiente de variação pela *baseline*, em quatro das cinco comparações. Da mesma forma, as tabelas com pesos iguais apresentaram, em todas as comparações, maiores valores de coeficiente.

Com base na Tabela 22 foi possível observar que, para a comparação de gráfico de barras vs tabelas com pesos iguais, as tabelas apresentaram maiores valores de coeficiente de variação pela *baseline*, em todas as comparações. Já para a comparação destas visualizações com pesos diferentes, os valores de coeficiente de variação pela *baseline* foram semelhantes.

Para as análises estatísticas com o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon, as visualizações foram comparadas com os resultados sendo apresentados nas Tabelas 23 e 24. Os pares destacados, nestas tabelas, indicam os casos onde a hipótese H0 foi rejeitada, sendo diferentes os valores de coeficiente de variação pela *baseline* para estas visualizações. Vale ressaltar que para estas tabelas, o valor da diferença entre os coeficientes não foi apresentada, como feito nas tabelas para RT, visto que os valores de coeficiente foram originados a partir de uma variável fisiológica (diâmetro da pupila) não fazendo sentido a subtração dos valores.

Tabela 23 –Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para pesos iguais versus diferentes

| Visualizações | BS | BD | BS x BD | TS | TD | TS x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 1,06 | 1,02 | BS > BD; | 1,18 | 1,06 | TS > TD |
| 4A3C | 1,07 | 1,03 | BS > BD | 1,14 | 1,00 | TS > TD |
| 4A4C | 1,03 | 1,04 | - | 1,17 | 1,04 | TS > TD |
| 4A5C | 1,04 | 1,03 | - | 1,18 | 0,87 | TS > TD |
| 5A4C | 1,03 | 1,02 | - | 1,16 | 1,02 | TS > TD |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 24 –Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para gráfico de barras versus tabelas

| Visualizações | BS | TS | BS x TS | BD | TD | BD x TD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3A4C | 1,06 | 1,18 | TS > BS | 1,02 | 1,06 | TD > BD |
| 4A3C | 1,07 | 1,14 | TS > BS | 1,03 | 1,00 | - |
| 4A4C | 1,03 | 1,17 | TS > BS | 1,04 | 1,04 | - |
| 4A5C | 1,04 | 1,18 | TS > BS | 1,03 | 0,87 | BD > TD |
| 5A4C | 1,03 | 1,16 | TS > BS | 1,02 | 1,02 | - |

Fonte: esta pesquisa (2020).

A análse prosseguiu com a comparação dos problemas com mesmo número de alternativas, conforme apresentado na Tabela 25; mesmo número de critérios, Tabela 26 e problemas com combinação oposta de alternativas e critérios, Tabela 27.

Tabela 25 –Diferença dos coeficientes para problemas com mesmo número de alternativas

| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 4A3C (1) x 4A4C (2) | (1) > (2) | - | - | - |
| 4A3C (3) x 4A5C (4) | (3) > (4) | - | (3) < (4) | (3) < (4) |
| 4A4C (5) x 4A5C (6) | - | - | - | (5) > (6) |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 26 –Diferença dos coeficientes para problemas com mesmo número de critérios

| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 3A4C (7) x 4A4C (8) | - | - | - | - |
| 3A4C (9) x 5A4C (10) | - | - | - | (9) > (10) |
| 4A4C (11) x 5A4C (12) | - | - | - | - |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 27 –Diferença dos coeficientes para problemas opostos

| Visualizações | BS x BS | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 3A4C (13) x 4A3C (14) | - | - | - | (13) > (14) |
| 4A5C (15) x 5A4C (16) | - | - | - | (15) < (16) |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Todas as células preenchidas, nestas tabelas, indicam os pares onde foi observada a rejeição da hipótese nula (H0) sobre a similaridade dos valores de coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila.

#### 3.3.2.5 Potência Cerebral

A fim de identificar a dificuldade em avaliar uma dada visualização, o valor médio da potência cerebral no canal F3 para Theta foi investigado neste estudo. Este canal (F3), para esta banda (Theta), foi escolhido com base os estudos de de Loof et al. (2019), Wascher et al. (2014), Holm (2009), Klimesch et al. (2005) onde foi observado que maiores valores de potência para a banda Theta, encontrados nos canais frontais, estavam relacionados à maiores dificuldades enfrentadas para a realização de operações mentais.

No mesmo contexto, a análise do canal P7 para a banda Alpha (8-13 Hz) foi desenvolvida. Esta análise foi realizada com base em estudos que correlacionaram a redução da potência de Alpha, na área cortical posterior do cérebro, a uma indicação de maior atividade mental e engajamento (Macdonald et al., 2011, Holm 2009).

Neste contexto, visando comparar as visualizações aos pares, para investigar se a avaliação de uma determinada visualização gerou um maior valor em Theta e um menor valor em Alpha, quando comparada à outra visualização, indicando aumento do esforço cognitivo e aumento do engajamento na análise, o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon foi utilizado

novamente. Os valores de potência para F3 em Theta e P7 em Alpha, para cada um dos participantes, encontram-se no Apêndice F.

Para esta análise, as comparações foram feitas para os mesmo grupos, o primeiro deles apresentando visualizações com pesos iguais *versus* diferentes, e o segundo apresentando gráficos de barras *versus* tabelas.

Assim, no mesmo contexto que RT, se a hipótese nula não fosse rejeitada, os valores de potência seriam similares, e se fosse rejeitada tais valores não seriam similares. A visualização que apresentou o maior valor de potência também foi identificada a partir da subtração destes valores.

Após a aplicação dos testes, para F3 em Theta diferenças estatísticas não foram observadas para nenhum dos pares avaliados. Já para os valores de potência em P7 para Alpha, os pares onde diferenças estatísticas foram observadas são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Análise banda Alpha

| Visualização | BS x BD | TS x TD | BS x TS | BD x TD |
|---|---|---|---|---|
| 3A4C | - | TD > TS | BS > TS | - |
| 4A4C | - | TD > TS | - | - |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Da mesma forma que desenvolvido para o RT e para o coeficiente de variação pela baseline para o diâmetro da pupila, a análise dos valores de potência cerebral em F3 Theta e P7 Alpha avançou com a comparação dos problemas com mesmo número de alternativas, mesmo número de critérios e problemas com combinação oposta de alternativas e critérios. Os pares onde diferenças estatísticas foram observadas são indicados na Tabela 29.

Tabela 29 – Comparações quando variou alternativas e critérios

| Visualizações | F3 em Theta | P7 em Alpha | | |
|---|---|---|---|---|
| | TD x TD | BD x BD | TS x TS | TD x TD |
| 4A3C (1) x 4A4C (2) | - | (1) < (2) | - | (1) < (2) |
| 4A3C (3) x 4A5C (4) | - | - | - | - |
| 4A4C (5) x 4A5C (6) | - | - | - | (5) > (6) |
| 3A4C (7) x 4A4C (8) | (7) < (8) | - | (7) < (8) | (7) < (8) |
| 3A4C (9) x 5A4C (10) | - | (9) > (10) | (9) < (10) | (9) > (10) |
| 4A4C (11) x 5A4C (12) | (11) > (12) | - | - | - |
| 3A4C (13) x 4A3C (14) | - | - | - | (13) < (14) |
| 4A5C (15) x 5A4C (16) | - | - | - | - |

Fonte: esta pesquisa (2020).

#### 3.3.2.6 Correlação entre as variáveis

A fim de investigar os valores de HR encontrados para os gráficos de barras e tabelas a partir da análise das outras variáveis investigadas, análises de correlação de Spearman foram desenvolvidas. Neste contexto, os valores de HR foram correlacionados, de forma pareada com os valores médios de: RT, coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila e potência média para cada F3 em Theta e P7 em Alpha. Os valores de correlação encontrados são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 –Correlação de Spearman entre HR e variáveis fisiológicas

| Correlações analisadas | Valor rho |
|---|---|
| HR x RT | -0,27 |
| HR x Média dos Coef de Variação pela baseline | 0,40 |
| HR x Média das potências de F3 em Theta | - 0,33 |
| HR x Média das potências de P7 em Alpha | - 0,27 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

### 3.3.3 Discussão de Resultado

A discussão dos resultados encontrados pelas análises desenvolvidas, para investigar o comportamento dos decisores quando gráfico de barras e tabelas foram avaliados, é apresentada nesta seção.

#### 3.3.3.1 Hit Rate

O primeiro resultado apresentado foi o HR, essa variável é de grande importância visto que ela naturalmente já fornece um importante insight para o analista com relação ao uso ou não de uma dada visualização para apoio no processo decisório.

Com base na primeira comparação desenvolvida, pesos iguais *versus* pesos diferentes, foi possível observar que para visualizações com pesos iguais os valores de HR foram maiores do que para visualizações com pesos diferentes.

Tal resultado é similar a conclusão levantada no experimento 1, reforçando ainda mais que visualizações com pesos diferentes são mais complexas para os decisores avaliarem e têm menores HR.

Para a segunda comparação realizada, gráfico de barras *versus* tabelas, foi observado que para visualizações com pesos iguais, HR semelhantes foram encontrados. Por outro lado, para visualizações com pesos diferentes, as tabelas tiveram maiores HR do que os gráficos.

Este resultado encontrado também confirmou a conclusão do experimento 1, onde as tabelas apresentaram um desempenho favorável na seleção da melhor alternativa em problemas MCDM/A. Neste contexto, esse resultado reforça a necessidade de inclusão das tabelas no SAD do FITradeoff, as quais ainda não estão presentes da maneira apropriada.

A partir da análise do HR, diversas análises puderam ser realizadas, sendo esta variável de grande relevância neste estudo visto que ela possibilitou a identificação de cada visualização e permitiu a comparação com outras métricas fisiológicas coletadas pelo equipamentos de neurociência.

#### 3.3.3.2 Tempo de Resposta

Em relação a variável tempo de resposta (RT), análises descritivas e estatísticas foram realizadas para investigar o comportamento dos decisores quando estes avaliaram cada uma das visualizações.

A primeira análise apontou que os participantes consumiram mais tempo para avaliar visualizações com pesos iguais do que visualizações com pesos diferentes, conforme Tabela 9. Além disso, também foi apontado que os participantes consumiram mais tempo na avaliação de tabelas do que na avaliação de gráficos de barras, tanto para pesos iguais como para pesos diferentes, conforme apresentado na Tabela 10. Para suportar esta análise descritiva, uma análise estatística utilizando o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon foi realizada.

Sendo assim, com base na Tabela 11, foi observado que os participantes consumiam mais tempo avaliando problemas com pesos iguais do que problemas com pesos diferentes, para a maioria dos casos.

Este resultado pode ser apoiado pela conclusão apresentada no estudo anterior, onde foi concluído que os decisores passavam mais tempo avaliando os critérios de maior peso, isto é, os primeiros critérios da esquerda para a direita, para selecionar as melhores alternativas (Roselli et al. 2019a, Roselli et al. 2018a). Neste contexto, para visualizações com pesos iguais, pode ser sugerido que os decisores precisam avaliar todos os critérios para selecionar a melhor alternativa, sendo coerente o resultado de maior consumo de tempo para avaliar visualizações com pesos iguais, tanto para tabelas quando para gráficos de barras.

Outro resultado apontado pela Tabela 10 indicou que os participantes consumiram mais tempo na avaliação das tabelas do que na avaliação dos gráficos de barras. Avaliando as diferenças na Tabela 12, foi possível confirmar, com base na análise estatística, esse resultado para pesos iguais. No entanto, quando visualizações com pesos diferentes foram comparadas,

um resultado não confirmatório foi encontrado, apresentando dois casos em que o BD teve RT maior do que TD e dois casos em que o TD teve RT maior do que o BD.

As Tabelas 11 e 12 apresentaram a comparação das visualizações em cada um dos problemas MCDM/A. Portanto, a fim de comparar as visualizações que representaram diferentes problemas MCDM/A, algumas análises foram realizadas. Na Tabela 13, a comparação dos problemas com mesmo número de alternativas foi desenvolvida. Na Tabela 14, os problemas que tinham o mesmo número de critérios foram comparados.

Com base nessas tabelas, foi possível observar que, para a maioria dos casos, problemas com menor número de itens foram avaliados em um menor tempo do que problemas com maior número de itens. Por itens se entende como a soma da quantidade de alternativas e critérios.

Este resultado é coerente visto que problemas como 4A3C ou 3A4C foram compostos por 7 itens para serem avaliados pelos decisores, enquanto problemas como 4A4C e 4A5C/5A4C apresentaram 8 e 9 itens, respectivamente, consumindo mais tempo dos decisores.

Comparando o incremento no número de critérios, apresentado na Tabela 13, e o incremento no número de alternativas, apresentado na Tabela 14, foi possível observar que quando o número de alternativas aumentou, mais diferenças estatísticas foram observadas do que quando o número de critérios aumentou.

Este resultado pode indicar que os participantes consumiram mais tempo avaliando problemas que apresentaram um maior número de alternativas do que problemas que apresentaram um maior número de critérios. E a razão para esta indicação pode estar atrelada a forma como os dados do problema estão agrupados, sendo este agrupamento feito nos critérios.

Neste contexto, para que o participante defina qual a melhor alternativa na visualização, este precisa avaliar a performance de cada uma das alternativas em todos os critérios presentes no problema, demandando mais tempo de análise a medida que o número de alternativas aumenta. Provavelmente, se o agrupamento fosse realizado de outra forma, este resultado poderia ser diferente, ficando com sugestão futura de pesquisa a investigação de outra(s) forma(s) de agrupamento em problemas MCDM/A.

Para reforçar este resultado, uma análise foi realizada para comparar problemas opostos. Sendo assim, com base nos dados da Tabela 15, a maioria dos casos confirmaram o resultado referente a maior tempo de análise para problemas com maior número de alternativas.

No entanto, para a comparação dos problemas 4A4C *versus* 5A4C, na Tabela 14, a maioria dos casos indicou maior tempo no problema com menor número de itens, ou seja, 4A4C. Da mesma forma, para a comparação dos problemas 4A5C *versus* 5A4C, na Tabela 15, foi observado que, para a avaliação de tabelas de pesos diferentes, maiores tempos foram consumidos no problema 4A5C. Sendo assim, os problemas 4A4C e 4A5C devem ser mais investigados em experimentos futuros.

#### 3.3.3.3 Fixações e Visitas

Para as variáveis relacionadas à medição dos movimentos dos olhos, métricas de fixações e visitas foram coletadas e exploradas. A partir da análise de correlação, altos valores foram encontrados sendo possível escolher apenas uma métrica (RT) para ser investigada em conjunto com o HR. Esse resultado foi similar ao desenvolvido no experimento 1, confirmando altos índices de correlação entre as variáveis de movimentos dos olhos.

#### 3.3.3.4 Diâmetro da Pupila.

Da mesma forma que desenvolvida para a variável Tempo de Resposta, análises descritivas e estatísticas foram desenvolvidas para os valores dos diâmetros das pupilas. O coeficiente de variação pela *baseline* foi escolhido com métrica para desenvolvimento destas análises visto que este é uma métrica relativizada, isto é, não considera o valor do diâmetro mas a razão entre o diâmetro médio, que cada participante obteve ao longo da análise de uma visualização, e o diâmetro coletado após exatos 10 segundo de exibição da visualização.

Conforme comentado no Capítulo 2, existem trabalhos na literatura que sugerem uma correlação positiva entre o aumento do diâmetro da pupila e o aumento do esforço cognitivo (Porter et al., 2007, Laeng et al., 2012).

Sendo assim, comparar médias dos diâmetros das pupilas, ou qualquer outra métrica que representasse o valor desta variável fisiológica diretamente, poderia induzir a avaliações erradas, dado que os diâmetros podem ser maiores para alguns participantes não porquê estes apresentaram maior esforço cognitivo na avaliação de uma visualização, mas porquê estes têm, naturalmente, estes diâmetros maiores.

Além disso, o tempo de 10 segundos foi definido após testes que demonstraram que, para a maioria dos participantes, o valor do diâmetro da pupila é maior no exato momento que a visualização é exibida, não sendo desejado usar como *baseline* o primeiro diâmetro da pupila, coletado pelo equipamento, pois a divisão por este valor poderia indicar uma queda do diâmetro da pupila ao longo da análise.

Sendo assim, com base na análise descritiva de comparação dos valores de coeficiente de variação pela *baseline* para pesos iguais *versus* pesos diferentes, na Tabela 21, foi possível observar que, para a maioria dos participantes, maiores valores de coeficientes foram observados na avaliação de visualizações com pesos iguais. Este resultado é apoiado pela análise estatística apresentada na Tabela 23.

Para a análise na Tabela 22, onde foi apresentada a comparação de gráficos de barras *versus* tabelas, foi observado que os participantes apresentaram maiores valores de coeficiente durante a avaliação das tabelas, para pesos iguais. Para o caso de problemas com pesos diferentes, valores semelhantes de coeficiente foram observados. Estes dois resultados foram confirmados pela análise estatística apresentada na Tabela 24.

Para a comparação dos problemas com o mesmo número de alternativas, critérios e problemas com número oposto de alternativas e critérios, apresentadas nas Tabelas 25 a 27, não foi possível observar nenhum padrão, como feito em RT. Para esta análise poucos casos com diferença estatística foram observados. Além disso, estes casos foram contraditórios entre si, sendo em alguns deles o coeficiente maior para problemas com maior número de itens e em outros para problemas com menor número de itens.

#### 3.3.3.5 Potência Cerebral

Para a análise dos valores de potência cerebral as visualizações foram comparadas nos dois grupos, da mesma forma que realizado para as outras variáveis investigadas. Sendo assim, para a análise estatística sobre os valores de F3 na banda Theta, usando $\alpha = 5\%$ nenhuma diferença estatística entre os grupos foi observada, sugerindo que o esforço cognitivo dos participantes para avaliar os gráficos de barras e as tabelas, tanto com pesos diferentes como iguais, era similar.

Por outro lado, com $\alpha = 7\%$, uma única diferença foi observada, sendo esta na comparação de TD *versus* TS para o problema 4A4C. Sendo assim, este resultado sugeriu que, para este problema, o esforço cognitivo pra avaliar a tabela com pesos diferentes foi superior ao dispendido para avaliar a tabela com pesos iguais, o qual é um resultado coerente.

Com relação a análise estatística sobre os valores de P7 na banda Alpha usando $\alpha = 5\%$, apresentada na Tabela 28, diferenças estatísticas foram observadas nos problemas 3A4C e 4A4C, onde os valores de Alpha foram superiores nas tabelas com pesos diferentes quando comparados às tabelas com pesos iguais. Além disso, para o problema 3A4C, foi observado que os valores de Alpha foram superiores quando os participantes avaliaram o gráfico de barras com pesos iguais, quando este foi comparado a tabela.

Estes resultados também são coerentes e sugerem um menor engajamento dos participantes para a análise das visualizações que tiveram valores de Alpha superiores. Para o último resultado comentado, em 3A4C, este reforça a conclusão de Roselli et al. (2019a) e Roselli et al. (2018b) sobre a inclusão das tabelas no SAD do FITradreoff.

Para estas variáveis, comparações dos problemas com incremento no número de alternativas, critérios e problemas opostos também foram desenvolvidas. Com base na Tabela 29 foi possível observar que:

Para os gráficos de barras com pesos iguais os valores foram similares em todas as comparações, não variando o esforço cognitivo e o engajamento dispendido na análise destas visualizações, mesmo quando se variou o número de alternativas e critérios.

Para os gráficos de barras com pesos diferentes, foi observada diferença estatística com menor valor de engajamento para 3A4C quando comparado a 5A4C.

Para as tabelas com pesos iguais, duas diferenças foram observadas indicando maiores valores de engajamento em 4A4C e 5A4C quando comparados com 3A4C, respectivamente.

Por fim, para as tabelas com pesos diferentes, foram encontradas mais diferenças estatísticas, sendo na maioria delas um valor de maior esforço cognitivo e menor engajamento sugerido para a tabela construída para representar o problema 4A4C.

Sendo assim, para a avaliação dos valores de potência média cerebral em F3 para Theta e P7 para Alpha para as visualizações construídas para o experimento 2, nenhum padrão foi observado, devendo no entanto que maiores investigações sejam desenvolvidas o problema 4A4C dado que para este problema altos valores de Theta e de Alpha foram observados, indicando aumento do esforço porém com desengajamento.

#### 3.3.3.6 Correlação entre as variáveis

A primeira análise desenvolvida foi para investigar a correlação de HR e RT. Essa análise foi desenvolvida com base no entendimento de que altos valores de RT poderiam estar relacionados a maiores investigações nas visualizações, o que poderia levar a maiores acertos, ou erros, devido a uma maior dificuldade de entendimento para tais visualizações.

Com base na correlação de Spearman calculada, um valor de igual a – 0.27 foi encontrado, apresentando uma correlação negativa baixa entre o HR e o RT. Em outras palavras, pela correlação calculada foi sugerido que quanto maior o HR, menor o RT, ou vice-versa. No entanto, este valor de correlação indica não haver uma forte relação entre estas variáveis, observando ainda que o HR é influenciado por outros fatores.

Com base nos valores para o coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila, a correlação foi calculada para investigar se os valores de diâmetro da pupila estavam

correlacionados com HR. Para este caso, um valor de 0,40 foi encontrado indicando uma correlação positiva entre o a razão de diâmetros da pupila e o HR.

Sendo assim, com base neste valor de correlação pode ser sugerido que um aumento de atividade mental, a qual é indicada por um aumento do diâmetro da pupila (Porter et al., 2007, Laeng et al., 2012), pode ser determinante para a obtenção de maiores acertos no processo decisório com as visualizações. No entanto, outros fatores cognitivos, não só a atividade mental, estão presentes neste processo de análise das visualizações gráficas e tabulares.

Por fim, a análise de correlação também foi desenvolvida para investigar se os valores de HR estavam correlacionados com os valores médios das potências nas bandas Alpha e Theta. Para estes casos valores de -0,33 e -0,27 foram observados, indicando uma relação oposta entre HR e as potências.

Para o F3 em Theta este resultado pode ser interpretado com um aumento do esforço cognitivo levando a uma redução do HR. Esta intepretação é coerente quando se supõe que existe dificuldade para avaliar uma visualização, o que leva a maiores valores de esforço cognitivo e a erros na indicação da melhor alternativa. Já para P7 em Alpha, este resultado de correlação também apresenta uma interpretação coerente, onde baixos valores de Alpha, os quais indicam aumento do engajamento com base no estudo de Macdonald et al. (2011), estão relacionado à aumento na taxa de acerto.

## 3.4 EXPERIMENTO 3 COM USO DE EYE-TRACKING E EEG PARA INVESTIGAÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS PARA DECISÃO MULTICRITÉRIO NO CASO DE DUAS ALTERNATIVAS

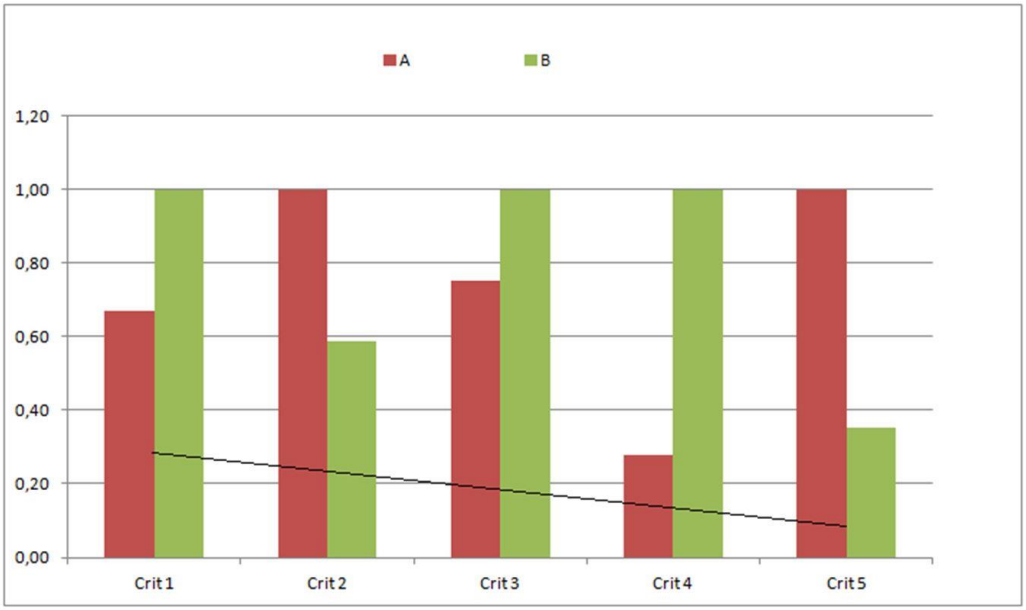
Com o objetivo de investigar a taxa de acertos (HR) quando apenas duas alternativas são apresentadas, um novo experimento foi elaborado, sendo este descrito e discutido nesta seção. Sobre este experimento alguns estudos já se fazem presentes na literatura e outros estão em processo de submissão, sendo eles: Roselli & de Almeida (2019 a,b), Roselli & de Almeida (2020).

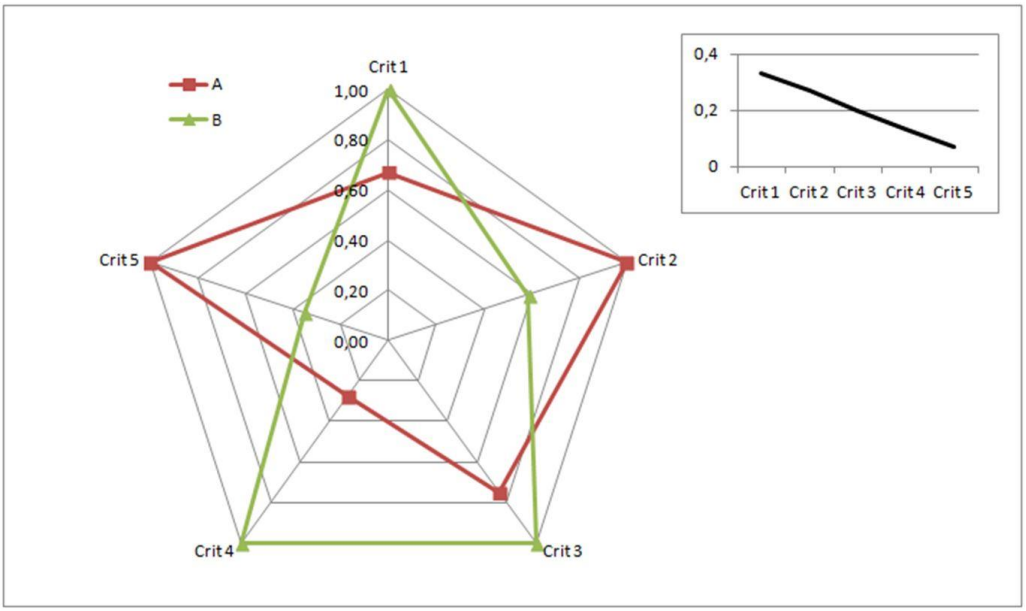
### 3.4.1 Desenho do experimento

O experimento desenvolvido apresentou os mesmos procedimentos já discutidos e apresentados no início deste Capítulo. No total, 22 visualizações foram utilizadas neste experimento, apresentadas em uma sequência aleatória.

Destas 22 visualizações, 15 foram construídas com duas alternativas, sendo usados gráficos de barras, gráficos tipo radar e tabelas para problemas com quatro, cinco, seis e sete critérios. Para a maioria das visualizações construídas, pesos diferentes foram usados; apenas o problema com 7 critérios foi construído com pesos iguais e pesos diferentes. A Figura 9 apresenta as visualizações originadas do problema 2A5C, onde as linhas de tendência nos gráficos de barras e radar indicam o decrescimento dos valores de pesos para os critérios.

Figura 9 – Visualizações para o experimento com duas alternativas




| Decreasing Weights (Pesos Decrescentes) | Crit 1 | Crit 2 | Crit 3 | Crit 4 | Crit 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 0,67 | 1,00 | 0,75 | 0,28 | 1,00 |
| B | 1,00 | 0,59 | 1,00 | 1,00 | 0,35 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

As outras sete visualizações presentes neste experimento foram compostas das cinco visualizações repetidas do experimento anterior e duas visualizações com gráficos de barras e tabelas. As cinco visualizações repetidas do experimento anterior foram incluídas para melhor investigar os valores de HR, sendo elas: 4A3C BS, 3A4C BD, 5A4C BD, 3A5C BTS e 4A5C BD, as quais serão analisadas em futuros trabalhos, por não terem sido incluídas no escopo desta tese, devido a seu alcance já suficiente aos objetivos propostos.

As outras duas visualizações com gráficos de barras e tabelas foram construídas para serem investigadas, futuramente, em conjunto com as duas presentes no experimento 1 e as outras duas presentes no experimento 2, sendo elas também com 3 e 4 alternativas avaliadas em 5 critérios, porém para este experimento estas visualizações foram construídas com pesos diferentes para os critérios.

### 3.4.2 Resultados

O foco principal deste experimento foi investigar como os decisores investigavam problemas com a duas alternativas visando, principalmente, modificar o SAD para o FITradeoff com problemática de ordenação (discutido no Capítulo 4).

Para este experimento as análises foram efetuadas da mesma maneira que o experimento 2 sendo incrementadas por novas análises.

#### 3.4.2.1 Hit Rate para o caso de duas alternativas

Foram considerados gráficos de barra, radar e tabela para 4, 5, 6 e 7 critérios, com pesos diferentes, sendo que para 7 critérios foi também avaliado para pesos diferentes. A Tabela 31 apresenta o HR para estas visualizações.

Tabela 31 –HR para duas alternativas.

| Visualizações | 4 (pesos diferentes ) | 5 (pesos diferentes ) | 6 (pesos diferentes ) | 7 (pesos diferentes ) | 7 (pesos iguais) |
|---|---|---|---|---|---|
| Barras | 75% | 91% | 60% | 31% | 94% |
| Radar | 57% | 78% | 40% | 46% | 81% |
| Tabela | 54% | 93% | 49% | 27% | 78% |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Com base nesta tabela dois grupos de comparações podem ser realizados, o primeiro deles compara os três tipos de visualização dentro de cada um dos problemas construídos e o segundo compara o mesmo tipo de visualização à medida que a quantidade de critérios aumenta.

Para a primeira comparação é possível observar que gráficos de tipo radar têm HR menor do que de gráficos de barras, com exceção para o problema com 7 critério com pesos diferentes. Comparando gráficos de barras com tabelas, observa-se que as tabelas também tem HR menores do que gráficos de barras, com exceção de 4A5C.

Com relação a segunda comparação é possível perceber que, em geral, o HR decresce a medida que a quantidade de critérios aumenta, havendo uma exceção para o problema 4A5C. Da mesma maneira, para pesos iguais *versus* pesos diferentes é possível perceber maiores HR para as visualizações com pesos iguais.

Para todas as análises desenvolvidas para o experimento 3, com duas alternativas, estes dois grupos de comparação foram investigados.

#### 3.4.2.2 Tempo de Resposta para o caso de duas alternativas

Da mesma forma que efetuado para o experimento 2, o tempo médio de resposta consumido em cada tipo de visualização foi investigado. Sendo assim, com base na variável RT análises descritivas e estatísticas foram desenvolvidas para comparar as visualizações com duas alternativas. A média dos valores de RT que cada um dos participantes consumiu para avaliar as visualizações com duas alternativas são apresentados na Tabela 32. O Apêndice B apresenta os valores de RT consumidos pelos participantes durante a avaliação das visualizações com duas alternativas.

Como em HR, os dois grupos de comparações foram investigados, o primeiro deles comparou as visualizações dentro dos problemas MCDM/A e o segundo comparou as visualizações de mesmo tipo quando aumentava-se o número de critérios nos problemas, conforme apresentado nas Tabelas 33 e 34.

Com base na Tabela 33 foi possível observar que para as cinco comparações de gráficos de barras com gráficos tipo radar, os participante apresentaram em quatro delas maior tempo médio para análise do gráfico radar. Já para a análise do gráfico de barras *versus* a tabela, em três das cinco comparações as tabelas consumiram maior tempo de análise. E para a comparação de gráfico tipo radar e tabela, em três das cinco comparações os gráficos tipo radar tiveram maior valor de RT.

Tabela 32 – Valores RT para cada visualização com duas alternativas

| Visualização | RT (seg) |
|---|---|
| 2A4C BD | 25,23 |
| 2A4C RD | 41,87 |
| 2A4C TD | 34,29 |
| 2A5C BD | 29,23 |
| 2A5C RD | 27,62 |
| 2A5C TD | 28,07 |
| 2A6C BD | 29,92 |
| 2A6C RD | 33,77 |
| 2A6C TD | 45,71 |
| 2A7C BD | 29,15 |
| 2A7C RD | 42,34 |
| 2A7C TD | 27,25 |
| 2A7C BS | 27,54 |
| 2A7C RS | 37,48 |
| 2A7C TS | 33,44 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 33 –Comparação RT para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A

| Visualizações | B | R | B x R | B | T | B x T | R | T | R x T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2A4C | 25,23 | 41,87 | B < R | 25,23 | 34,29 | B < T | 41,87 | 34,29 | R > T |
| 2A5C | 29,23 | 27,62 | B > R | 29,23 | 28,07 | B > T | 27,62 | 28,07 | R < T |
| 2A6C | 29,92 | 33,77 | B < R | 29,92 | 45,71 | B < T | 33,77 | 45,71 | R < T |
| 2A7C D | 29,15 | 42,34 | B < R | 29,15 | 27,25 | B > T | 42,34 | 27,25 | R > T |
| 2A7C S | 27,54 | 37,48 | B < R | 27,54 | 33,44 | B < T | 37,48 | 33,44 | R > T |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 34 –Comparação RT para as visualizações de mesmo tipo

| Visualizações | 2A4C | 2A5C | 2A6C | 2A7C D | Observações | 2A7C D | 2A7C S | D x S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Barra | 25,23 | 29,23 | 29,92 | 29,15 | Cresceu | 29,15 | 27,54 | D > S |
| Radar | 41,87 | 27,62 | 33,77 | 42,34 | Sem padrão | 42,34 | 37,48 | D > S |
| Tabela | 34,29 | 28,07 | 45,71 | 27,25 | Cresceu nos pares | 27,25 | 33,44 | D < S |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Para a análise da Tabela 34, a qual investigou, para problemas com pesos diferentes, os RT para os mesmos tipos de visualização, e para os problemas 2A7C, o RT para o caso com pesos diferentes *versus* iguais, foi observado que para o gráfico de barras em problemas com pesos diferentes houve, no geral, um aumento do RT; para os gráficos tipo radar não foi observado padrão de aumento no RT; e para as tabelas o aumento foi observado somente para os problemas onde o número de critérios era par.

Ainda, para a comparação de pesos diferentes *versus* iguais foi observado que em duas das três comparações avaliadas os problemas com pesos diferentes consumiram mais tempo de análise, conforme observado para o gráfico de barras e o gráfico tipo radar.

Sendo assim, para continuar a análise, o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon, para α = 5% e 10%, foi aplicado para os dois grupos de comparação. Com base neste teste os valores de RT foram comparados para verificar se estes eram similares ou não, e caso não fossem, em qual das visualizações os valores de RT eram maiores. Os resultados para esta análise são apresentado nas Tabelas 35 e 36.

Sendo assim, os pares indicados nas Tabelas 35 e 36 foram aqueles onde diferenças significativas para o RT foram observadas, sendo hipótese H0 sobre a similaridade dos valores rejeitada. Vale ressaltar que os – (traços) indicam a ausência de diferença estatística para o par de visualizações comparado. Além dos pares, foi apresentado o tipo de visualização, na Tabela 35, e o problema MCDM/A, na Tabela 36, onde o valor de RT foi superior.

Tabela 35 –Diferença do RT para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A

| Visualizações | Barra vs Radar | | Barra vs Tabela | | Radar vs Tabela | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value |
| 2A4C | Radar | 0,0000 | Tabela | 0,003 | Radar | 0,004 |
| 2A5C | - | - | - | - | - | - |
| 2A6C | - | - | Tabela | 0,0000 | Tabela | 0,0005 |
| 2A7C D | Radar | 0,0005 | - | - | Radar | 0,0001 |
| 2A7C S | Radar | 0,0001 | Tabela | 0,5000 | - | - |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 36 –Diferença de RT para as visualizações de mesmo tipo

| Visualizações | Barra | | Radar | | Tabela | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value |
| 2A4C vs 2A5C | 2A5C | 0,03 | 2A4C | 0,0000 | - | - |
| 2A4C vs 2A6C | 2A6C | 0,01 | 2A4C | 0,004 | 2A6C | 0,0005 |
| 2A4C vs 2A7C D | - | - | - | - | - | - |
| 2A5C vs 2A6C | - | - | - | - | 2A6C | 0,0000 |
| 2A5C vs 2A7C D | - | - | 2A7C D | 0,0000 | - | - |
| 2A6C vs 2A7C D | - | - | 2A7C D | 0,01 | 2A6C | 0,0000 |
| 2A7C D vs 2A7C S | - | - | 2A7C D | 0,09 | 2A7C S | 0,1 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

#### 3.4.2.3 Diâmetro da pupila

O coeficiente de variação pela *baseline* foi o escolhido com a métrica para a investigação dos valores de diâmetro de pupila. A análise deste coeficiente já foi desenvolvida e apresentada para o experimento 2. No entanto, para este experimento, o mesmo formato de tabelas utilizado no subitem anterior, para apresentação dos resultados das análises descritivas e estatísticas, foi desenvolvido.

Neste contexto, a primeira Tabela construída, 37, apresentou os valores médios de coeficientes de variação pela *baseline* para o diâmetro das pupilas. Estes valores foram obtidos a partir do cálculo da média sobre os valores de coeficientes de cada um dos participantes, conforme apresentado no Apêndice E.

Com base nos valores da Tabela 37, a primeira análise desenvolvida foi uma análise descritiva que comparou as visualizações com duas alternativas com base em dois conjuntos de análises. O primeiro conjunto investigou as diferenças nos coeficientes para as três diferentes formas de visualização dentro de cada um dos problemas MCDM/A. Já o segundo conjunto investigou o mesmo tipo de visualização em problemas MCDM/A distintos, conforme apresentado nas Tabelas 38 e 39.

Tabela 37 –Valores de coeficiente de variação pela baseline do diâmetro da pupila para cada visualização com duas alternativas

| Visualização | coeficiente de variação pela baseline do diâmetro da pupila |
|---|---|
| 2A4C BD | 1,006 |
| 2A4C RD | 0,994 |
| 2A4C TD | 0,983 |
| 2A5C BD | 0,988 |
| 2A5C RD | 0,998 |
| 2A5C TD | 0,976 |
| 2A6C BD | 0,993 |
| 2A6C RD | 0,995 |
| 2A6C TD | 0,980 |
| 2A7C BD | 1,002 |
| 2A7C RD | 0,968 |
| 2A7C TD | 0,972 |
| 2A7C BS | 0,965 |
| 2A7C RS | 1,007 |
| 2A7C TS | 0,972 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 38– Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A

| Visualizações | B | R | B x R | B | T | B x T | R | T | R x T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2A4C | 1,006 | 0,994 | B > R | 1,006 | 0,983 | B > T | 0,994 | 0,983 | R > T |
| 2A5C | 0,988 | 0,998 | B < R | 0,988 | 0,976 | B > T | 0,998 | 0,976 | R > T |
| 2A6C | 0,993 | 0,995 | B < R | 0,993 | 0,980 | B > T | 0,995 | 0,980 | R > T |
| 2A7C D | 1,002 | 0,968 | B > R | 1,002 | 0,972 | B > T | 0,968 | 0,972 | R < T |
| 2A7C S | 0,965 | 1,007 | B < R | 0,965 | 0,972 | B < T | 1,007 | 0,972 | R > T |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 39 – Comparação dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações de mesmo tipo

| Visualizações | 2A4C | 2A5C | 2A6C | 2A7C D | Observações | 2A7C D | 2A7C S | D x S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Barra | 1,006 | 0,988 | 0,993 | 1,002 | Cresceu a partir de 2A5C no geral | 1,002 | 0,965 | D > S |
| Radar | 0,994 | 0,998 | 0,995 | 0,968 | decréscimo para 2A7C | 0,968 | 1,007 | D < S |
| Tabela | 0,983 | 0,976 | 0,980 | 0,972 | cresceu nos pares | 0,972 | 0,972 | D = S |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Para o primeiro grupo de comparações, com base na análise descritiva, foi observado que para as comparações de gráficos de barras *versus* gráficos tipo radar, em três das cinco comparações os gráficos tipo radar apresentaram maiores valores de coeficiente de variação para o diâmetro da pupila.

Já para as comparações dos gráficos de barras *versus* as tabelas e dos gráficos tipo radar *versus* as tabelas, em oito das dez comparações as tabelas apresentaram menores coeficientes de variação pela *baseline*.

Para o segundo grupo de análises, para problemas com pesos diferentes, foi observado que os gráficos de barras apresentaram crescimento nos valores dos coeficientes a partir do problema 2A5C. Já os gráficos tipo radar apresentaram valores semelhantes com um decréscimo para a análise do problema mais complexo, sendo ele 2A7C. E as tabelas apresentaram valores mais altos para os dois problemas onde o número de critérios foi par.

Mais uma vez, para investigar as diferenças entre os valores destes coeficientes, o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon foi aplicado, considerando não mais a média destes valores, mas os valores de coeficientes para cada um dos participantes (Apêndice E). Após

este teste ser aplicado, as comparações que apresentaram diferenças estatísticas foram apresentadas nas Tabelas 40 e 41, para cada um dos grupos investigados.

Tabela 40 –Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações dentro dos problemas MCDM/A

| Visualizações | Barra vs Radar | | Barra vs Tabela | |
|---|---|---|---|---|
| | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value |
| 2A4C | Barra | 0,020 | Barra | 0,007 |
| 2A5C | - | - | - | - |
| 2A6C | - | - | - | - |
| 2A7C D | Barra | 0,0001 | Barra | 0,001 |
| 2A7C S | Barra | 0,0001 | Barra | 0,000 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 41 –Diferença dos coeficientes de variação pela baseline para as visualizações de mesmo tipo

| Visualizações | Barra | | Radar | |
|---|---|---|---|---|
| | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value |
| 2A4C vs 2A5C | 2A4C | 0,01 | - | - |
| 2A4C vs 2A6C | - | - | 2A6C | 0,090 |
| 2A4C vs 2A7C D | - | - | 2A4C | 0,06 |
| 2A5C vs 2A6C | - | - | - | - |
| 2A5C vs 2A7C D | 2A7C D | 0,05 | 2A5C | 0,01 |
| 2A6C vs 2A7C D | - | - | 2A6C | 0,001 |
| 2A7C D vs 2A7C S | - | - | - | - |

Fonte: esta pesquisa (2020).

#### 3.4.2.4 Potência Cerebral

Os valores de potência para o canal F3 em Theta e o canal P7 em Alpha foram investigados a partir da análise estatística de Wilcoxon, com $\alpha = 5\%$. Os valores obtidos quando os participantes avaliaram os três tipos de visualização, para uma mesma configuração de problema MCDM/A, foram comparados entre si de maneira pareada, conforme já desenvolvido para as outras variáveis.

Além disso, os valores obtidos quando os participantes investigaram um mesmo tipo de visualizações, para todas as configurações de problemas MCDM/A com pesos diferentes, também foram comparados. Para o problema com pesos iguais, os valores destas variáveis foram comparados com o problema de mesma configuração (2A7C), porém com pesos diferentes.

Para todas estas comparações desenvolvidas, a única diferença estatística encontrada foi na comparação dos valores de P7 em Alpha observados durante a análise das tabelas

construídas para representar o problema de 2A6C e 2A7C. Para esta comparação, os valores de P7 em Alpha foram significativamente diferentes, sendo maiores em 2A7C.

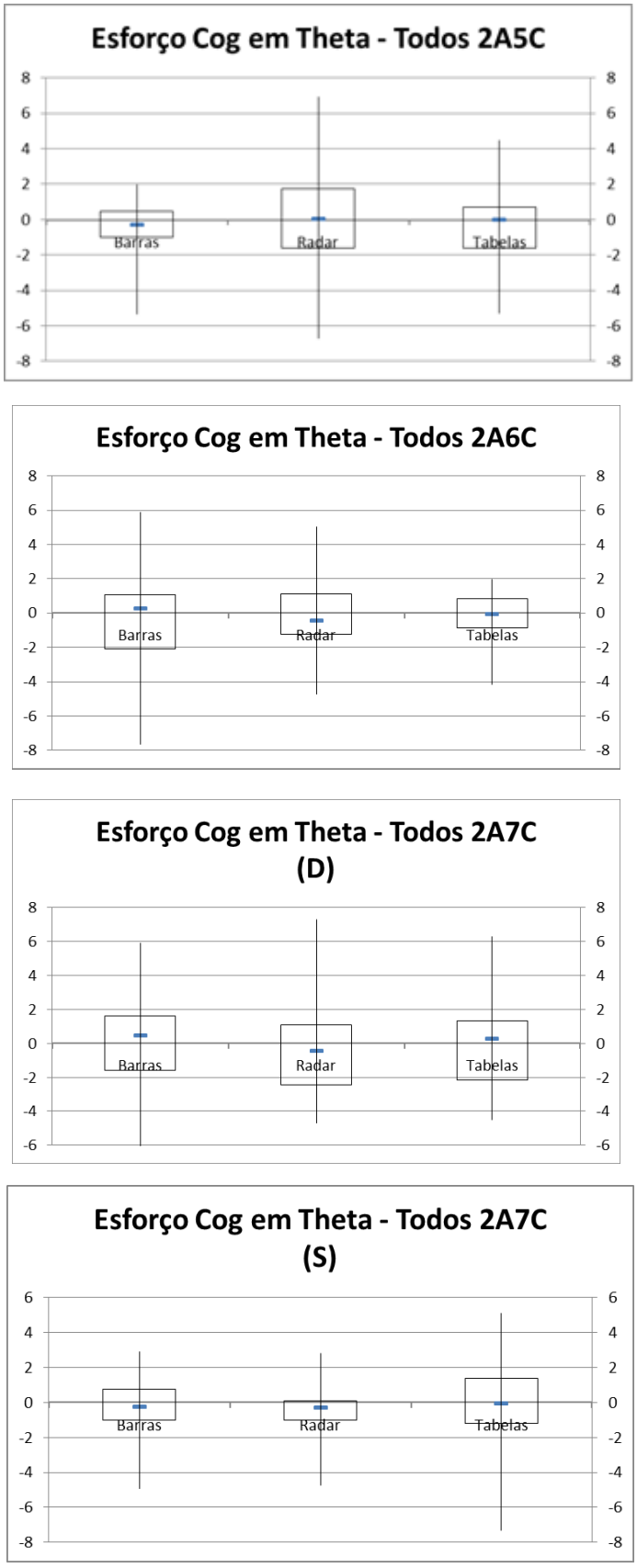
A título de detalhamento, para este experimento, as análises para avaliação dos valores de potência cerebral desenvolvidas foram todas referenciadas. Para este caso, o primeiro gráfico avaliado no experimento foi utilizado como referência, sendo os valores de potência em um dado canal subtraídos dos valores de referência naquele mesmo canal. A subtração foi feita visto que estes valores de potência já haviam sofrido uma transformação logarítmica durante o processo de limpeza de dados.

O processo de referenciamento realizado nos dados de potência cerebral realizados nos dados do experimento de 2019 representa uma evolução no processo de análise desenvolvido ao longo deste estudo, dado que este não foi realizado para os dados de potência cerebral no experimento 2, realizado em 2018 e permite a comparação destas variáveis de maneira mais adequada. Os valores de potência para Theta e Alpha, em F3 e P7, encontram-se no Apêndice G.

#### 3.4.2.5 Box Plots para coparação dos valores de Theta, Alpha e o diâmetro da pupila para o caso de duas alternativas

Esta análise fez uso de *Box Plots* (Diagrama de Caixa - Montgomery et al., 2000) para comparar os valores de potência em F3 e P7, assim como os valores de coeficientes de variação pela *baseline* de diâmetro da pupila. Neste caso, diferentemente da comparação descritiva a partir dos valores médios, *Box Plots* foram construídos utilizando métricas como mediana e quartis permitindo uma comparação visual entre as três visualizações em cada um dos problemas MCDM/A. Os *Box Plots* construídos para os valores de Theta são apresentados na Figura 10 e os gerados para os valores de Alpha e diâmetro da pupila encontram-se no Apêndice H.

Figura 10 - Box Plots para comparar as visualizações para os valores de F3 em Theta




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Sendo assim, com base nos *Box Plots* desenvolvidos, para comparar os valores de Theta, foi observado um crescimento no esforço cognitivo para todas as visualizações, com pesos diferentes, à medida que o número de critérios aumentou nos problemas.

Com relação aos *Box Plots* desenvolvidos para comparar os valores de Alpha, apresentados no Apêndice H, foi observado um maior desengajamento para as tabelas e para os gráficos tipo radar à medida que o número de critérios aumentou nos problemas, onde para o gráfico tipo radar o desengajamento foi maior principalmente nos problemas com número ímpar de critérios.

E com relação ao coeficiente de variação para o diâmetro da pupila foi observado valores semelhantes de coeficiente para o gráfico tipo radar; um aumento destes valores para as tabelas; e uma queda nestes valores para o gráfico de barras, à medida que o número de critérios aumentou.

#### 3.4.2.6 Correlação entre as variáveis

Da mesma forma que desenvolvido para o experimento 2, a correlação entre os valores médios das variáveis apresentadas e o HR foi calculada com base na correlação de Spearman, conforme apresentado na Tabela 42.

Tabela 42 –Correlação entre as variáveis e o HR para o experimento com duas alternativas

| Correlação | HR |
|---|---|
| Média do RT | 0,09 |
| Média do Coeficiente de variação pela *baseline* | -0,06 |
| Média de F3 em Theta | -0,34 |
| Média de P7 em Alpha | -0,27 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

#### 3.4.2.7 Análise de quadrantes Alpha-Theta

Uma análise diferente das anteriores foi desenvolvida a partir da combinação dos valores de potência em Theta e em Alpha, permitindo a criação do ‘diagrama de quadrantes Ahpha-Theta’. Este diagrama apresentou no eixo x os valores de Theta, para o canal F3, e no eixo y os valores de Alpha, para o canal P7.

Sendo assim, neste estudo foi desenvolvida uma nova concepção para a classificação do comportamento dos participantes considerando o engajamento, a partir dos valores da banda Alpha no canal P7, e o esforço cognitivo, a partir dos valores de F3 em Theta.

Neste contexto, essa classificação foi aplicada para analisar padrões de comportamento dos participantes para as visualizações investigadas no experimento 3. Com base no diagrama

de quadrantes Alpha-Theta, cinco padrões de comportamento foram identificados, sendo quatro deles caracterizados em cada um dos quadrantes, e o quinto pela combinação destes padrões, sendo considerado como um padrão distribuído de comportamento, conforme apresentado na Figura 11.

Vale ressaltar que estes valores foram normalizados, tendo como o valor mínimo -1 e o valor máximo 1. Esta normalização foi desenvolvida para que os valores de potência fossem apresentados em uma mesma escala, possibilitando assim a construição deste diagrama.

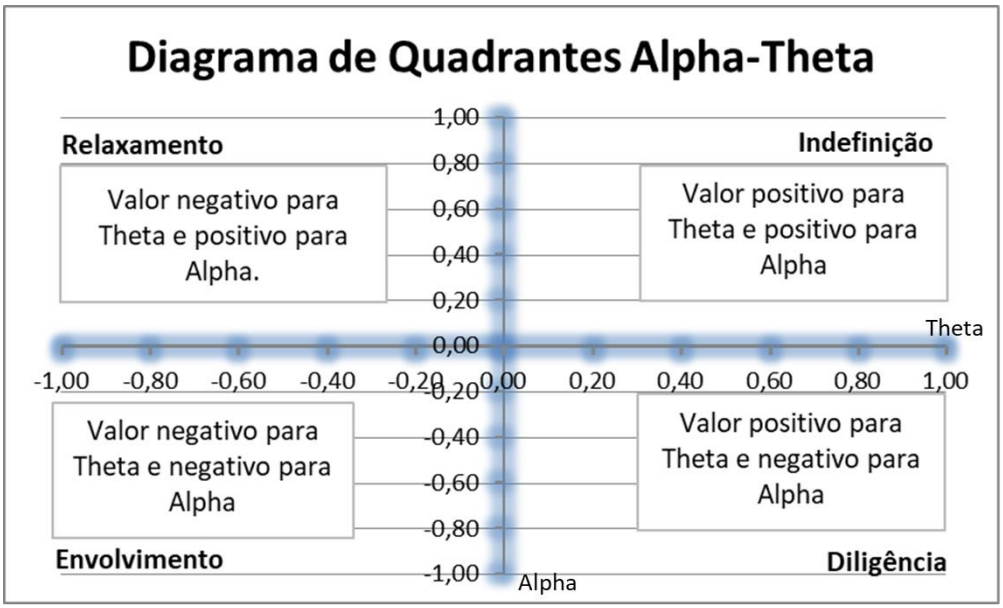
Dessa forma, o quadrante superior esquerdo apresentou o comportamento nomeado como Relaxamento, o qual foi caracterizado por um baixo esforço cognitivo realizado pelo participante, valor negativo para Theta, e um baixo engajamento, valor positivo para Alpha.

O quadrante superior direito apresentou o comportamento nomeado como Indefinição, sendo este caracterizado por um alto esforço cognitivo, valor positivo para Theta, e baixo engajamento, valor positivo para Alpha.

O quadrante inferior esquerdo apresentou o comportamento nomeado como Envolvimento, caracterizado por um baixo esforço cognitivo, valor negativo para Theta, e alto engajamento, valor negativo para Alpha.

E o quadrante inferior direito apresentou o comportamento nomeado como Diligência, sendo este caracterizado por um alto esforço cognitivo, valor positivo para Theta, e alto engajamento, valor negativo para Alpha.

Figura 11 – Diagrama de Quadrante Alpha-Theta




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Vale ressaltar, que para a análise de quadrantes não foi considerado o referenciamento como para a análise dos *Box Plots*. A referência não foi considerada visto que, após testes terem sido realizados, foi observado que uma hipótese muito plausível era de que os participantes já começavam o experimento engajados, apresentando valores negativos de Alpha durante a avaliação do primeiro gráfico. Sendo assim, caso o valor de Alpha no canal P7, para uma dada visualização, fosse subtraído do valor de referência, que já era negativo, pela transformação de sinal teríamos um valor positivo para Alpha, o qual caracterizaria uma redução do valor inicial considerado.

Esta hipótese foi formulada após o desenvolvimento de testes onde quadrantes foram construídos com e sem referência e foi observado que para o caso com a subtração pela referência, a maioria dos pontos encontrava-se nos dois quadrantes superiores, onde o engajamento é baixo. Já sem a consideração da referência, os pontos eram deslocados para os quadrantes inferiores, os quais indicam comportamento coerente para o tipo de atividade desenvolvida pelos participantes e investigada neste estudo.

Sendo assim, como a subtração para este caso trouxe distorções no comportamento inicial dos participante e diferentemente da análise desenvolvida para a construção dos *Box plot*, não estávamos interessados nos valores de Alpha e Theta propriamente ditos, mas nos sinais que estes valores apresentaram, o não uso da referência foi definido para a construção destes diagramas.

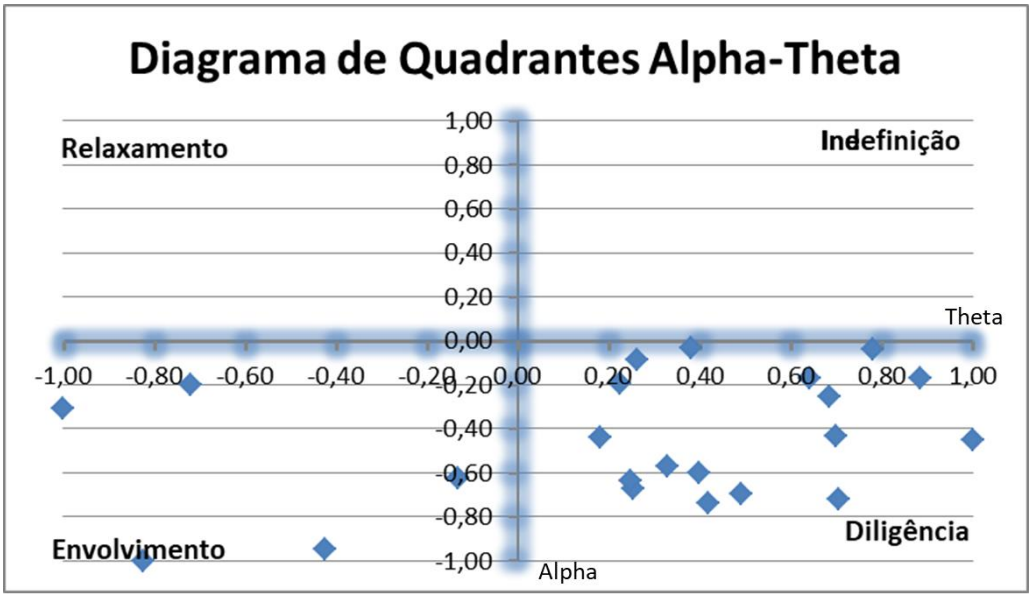
a) Análise dos Quadrantes Alpha-Theta para os Participantes

Neste contexto, visando investigar se padrões de comportamento eram observados durante a avaliação das visualizações pelos participantes, diagramas de quadrante Alpha-Theta foram desenvolvidos com os valores de Theta e Alpha obtidos para um dado participante durante o experimento.

Para este caso, foram considerados todos os participantes onde foi possível capturar, com qualidade, os valores de potência de Theta no canal F3 e Alpha no canal P7 quando estes avaliavam as 22 visualizações utilizadas no experimento. Para esta análise foram considerados os valores de Theta e Alpha observados por cada um dos participantes ao avaliarem para todas as 22 visualizações presentes no experimento, sendo elas as 15 visualizações com 2 alternativas e outras 7 adicionais, pois foi desejado investigar se padrões de comportamento se mantinham ao longo do experimento.

Todos os diagramas desenvolvidos para cada um dos participantes não foram apresentados neste estudo devido à extensão deste documento, no entanto, a Figura 12 apresenta diagrama de quadrantes Alpha-Theta construído para o participante identificado como 1.

Figura 12– Diagrama de Quadrante para o participnate 1




Fonte: Esta pesquisa (2020)

Da mesma forma que observado na Figura 12, onde o participante 1 se comportou de maneira diligente para a grande maioria das visualizações avaliadas, foi possível perceber que para a maioria dos participantes um padrão de comportamento foi seguido durante todo o experimento, estando a maioria das visualizações localizadas predominantemente em um ou dois quadrantes. O Apêndice I apresenta a quantidade de visualizações alocadas à cada um dos quadrantes para cada participante.

Sendo assim, com base na predominância do comportamento em um ou dois quadrantes, análises descritivas e estatísticas foram desenvolvidas para investigar se características pessoais, variáveis fisiológicas e respostas fornecidas a dois questionários estavam associadas a um padrão de comportamento seguido pelo participante durante o experimento.

Vale ressaltar que o primeiro questionário foi construído para coletar informações pessoais dos participantes, tais como: idade, sexo, nível de escolaridade, se estes tinham conhecimento sobre métodos de apoio a decisão multicritério anteriormente a participação na disciplina, quantas horas de sono havia-se dormido na noite anterior e quantas horas o participante estava sem comer no momento de início do experimento.

Já o segundo questionário foi construído para coletar informações preferenciais dos participantes após a realização do experimento. Este questionário foi aplicado simultaneamente com todos os participantes, após a finalização da coleta de dados. Tal questionário foi construído com perguntas do tipo: Qual das formas de visualização gráfica achou melhor para avaliar? Qual das formas de visualização gráfica achou mais difícil para

avaliar? Em que grau as respostas fornecidas podem ter sido menos precisas? Os dois questionários encontram-se no Apêndice L.

b) Análise Descritiva

Com base no comportamento de cada um dos participantes, estes participantes foram separados em classes e suas características pessoais investigadas. As classes foram montadas a partir da quantidade de visualizações que se encontram em cada um dos quadrantes, de acordo com a regra expressa na Tabela 43 para as três classes inicias criadas.

Tabela 43 –Regra para criação de classes de comportamento

| Comportamento | Regra de definição |
|---|---|
| Diligente | Quantidade em Diligência maior que o dobro da quantidade nos demais quadrantes. |
| Envolvido | Quantidade em Envolvimento maior que o dobro da quantidade nos demais quadrantes. |
| Diligente / Envolvido | Maior predominância no quadrante Diligência e menor no quadrante Envolvimento, predominância em Diligência menor que o dobro da quantidade em Envolvimento. |
| Envolvido / Diligente | Maior predominância no quadrante Envolvimento e menor no quadrante Diligência, predominância em Envolvimento menor que o dobro da quantidade em Diligência. |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com base na quantidade de visualizações alocada a cada um dos quadrantes, 8 classes foram definidas, sendo elas: Diligente, Envolvido, Diligente / Envolvido; Envolvido / Diligente, Relaxado, Envolvido / Relaxado, Indefinido e Distribuído. A Tabela 44 apresenta os usuários classificados com Diligentes para a ilustração da regra criada, onde é possível observar que no quadrante Diligência um total de 15 visualizações se fazem presentes, sendo este valor o dobro da quantidade (igual a sete) de visualizações localizadas no quadrante Indefinição.

Tabela 44–Participantes diligentes

| Usuário | Indefinição | Diligência | Envolvimento | Relaxamento | Total = 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 69 | 7 | 15 | 0 | 0 | Diligência |
| 68 | 0 | 17 | 5 | 0 | Diligência |
| 66 | 5 | 13 | 3 | 1 | Diligencia |
| 50 | 1 | 15 | 6 | 0 | Diligência |
| 44 | 3 | 14 | 5 | 0 | Diligencia |
| 1 | 0 | 17 | 5 | 0 | Diligencia |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Sendo assim, com base nestas oito classes as respostas fornecidas pelos participantes aos dois questionários criados foram avaliadas e sintetizadas.

Para os participantes julgados como diligentes foi observado que a maioria afirmou que não se sentia exausto ou sob muito estresse, também não fez uso de medicamento. Além disso, a maioria julgou o experimento como pouco cansativo, afirmando, porém que a etapa de análise das visualizações gráficas foi a mais exaustiva.

Para os participantes classificados como envolvidos também foi observado que maioria afirmou que não se sentia exausto ou sob muito estresse, também não fez uso de medicamento. Além disso, a maioria julgou o experimento como pouco cansativo, afirmando ter respondido as questões com um médio grau de precisão. Para estes participantes, todos julgaram o gráfico de Barras como sendo o melhor para avaliar e o gráfico tipo Radar como sendo o mais difícil para avaliar.

Tanto para os participantes que apresentaram comportamento de diligência durante o experimento como os que apresentaram comportamento de envolvimento, não houve uma predominância de resposta com relação à afirmação positiva sobre o conhecimento prévio com relação ao tema Métodos de Apoio a Decisão Multicritério. Em outras palavras, um grupo de participantes afirmou que já havia cursado disciplinas sobre o assunto anteriormente e outro grupo afirmou que não havia cursado nenhuma disciplina anteriormente, sendo o primeiro contato com o assunto realizado no período do experimento, onde todos participantes cursavam a disciplina de métodos de apoio a decisão na graduação e pós-graduação.

Com relação à classe Diligente / Envolvido, onde o comportamento diligente predominou, apenas um usuário foi classificado. Este afirmou que apresentava conhecimento prévio sobre MCDM/A, não se sentia exausto ou sob muito estresse e não fez uso de medicamento. Este classificou o experimento como sendo ‘Médio Cansativo’ e afirmou ter tido um ‘médio grau de precisão em suas respostas’.

Com relação à classe Envolvido / Diligente, onde o envolvimento predominou, seis participantes foram classificados. A maioria afirmou que não tinha conhecimento prévio sobre MCDM/A. Além disso, todos afirmaram que não se sentiam exausto ou sob muito estresse. Vale ressaltar que para o único participante que fez uso de medicamento foi observado um valor de indefinição superior comparado com os demais que afirmaram não ter feito uso de medicamento.

Apenas um usuário apresentou comportamento classificado como relaxado. Este participante afirmou que estava exausto ou sob muito estresse no momento do experimento e que havia feito uso de medicamento nas últimas 8hs anteriores a realização do experimento. Além disso, este participante afirmou ter respondido as questões com um baixo grau de

precisão, no entanto este também afirmou que tinha conhecimento prévio sobre métodos de apoio a decisão.

Para a classe Envolvido / Relaxado, apenas um participante foi classificado. Este diferentemente do participante que teve comportamento classificado como relaxado afirmou não estar exausto ou sob muito estresse no momento do experimento e nem ter feito uso de medicamento. Além disso, este participante julgou o experimento como pouco cansativo e afirmou ter selecionado a melhor alternativa, nas visualizações, com 'baixo grau de imprecisão'. Para este participante o comportamento Envolvido é mais coerente.

Com relação ao comportamento de indefinição, dois participantes apresentaram comportamento predominante neste quadrante. Ambos afirmaram que não tinham conhecimento prévio sobre MCDM/A. Estes não se sentiam exaustos ou sob muito estresse e não fizeram uso de medicamento. Ambos classificaram o experimento como sendo 'Médio Cansativo' e afirmaram ter tido um 'médio grau de precisão' em suas respostas sobre a melhor alternativa.

Por fim para a classe distribuído, onde os participantes não apresentaram comportamento predominante em um ou dois quadrantes, cinco participantes foram encontrados. Para estes foi possível observar uma variação maior nas respostas fornecidas do que para os participantes classificados nas outras categorias. Para estes participantes foi observado que dois dos cinco afirmaram estar exaustos ou sob muito estresse. Outro participante, diferente destes dois, afirmou fazer uso de medicamentos. Para os cinco participantes também foi observado uma variação no julgamento do experimento com relação ao cansaço e ao grau de respostas precisas.

Essa constatação da variação nas respostas reforça a construção de padrões de comportamento para a avaliação das visualizações no experimento. Sendo assim, visando ampliar a investigação dos padrões de comportamento, análises estatísticas foram desenvolvidas.

c) Análises Estatísticas

Duas análises estatísticas foram desenvolvidas. A primeira investigou a relação entre cada um dos comportamentos identificados nos quadrantes com as informações pessoais dos participantes, sendo elas: Sexo, Idade, Nível de escolaridade, Conhecimento prévio sobre MCDM/A, Horas de sono, Horário da última refeição, Sensação de exaustão ou Extremo Estresse e Uso de medicamentos analgésicos. Estas informações estão apresentadas no Apêndice I.

Para as informações numéricas, tais como: idade, horas de sono e horário da última refeição, a correlação de Spearman foi aplicada com os valores apresentados na Tabela 45.

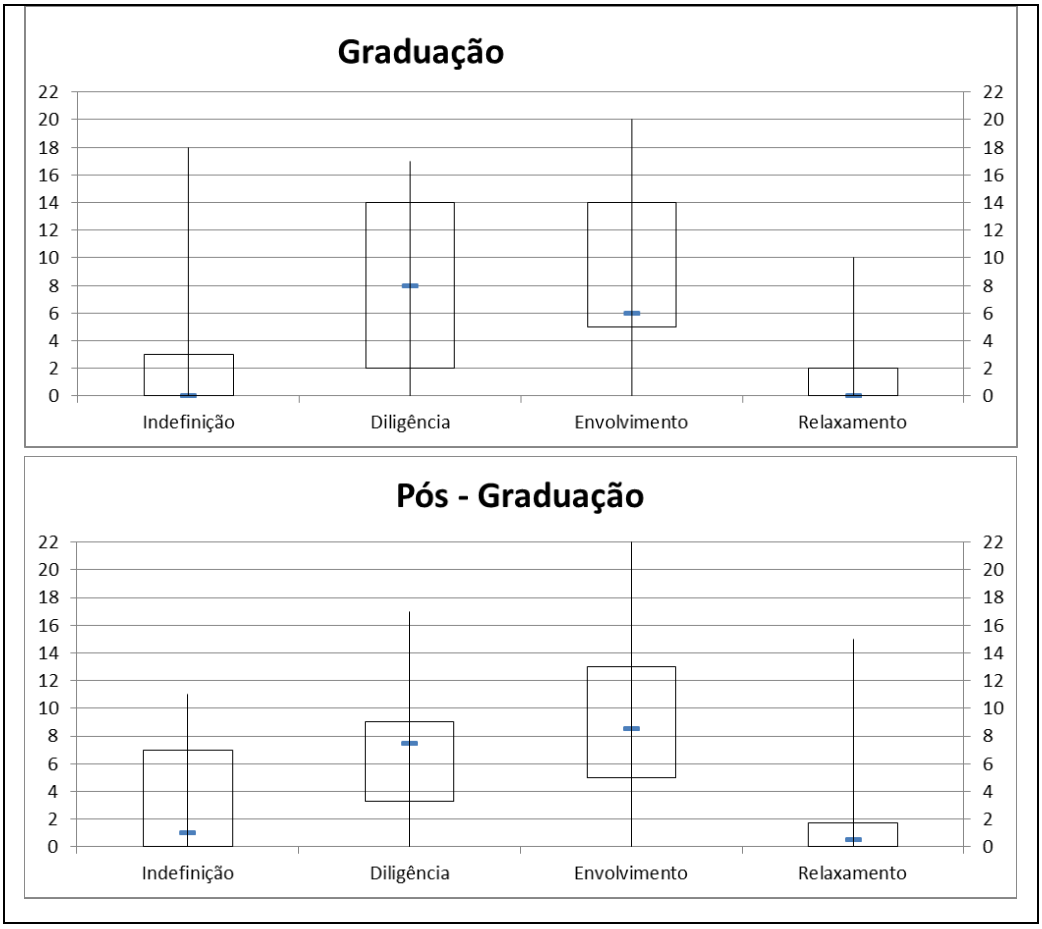
Tabela 45– Correlação de Spearman informações pessoais dos participantes

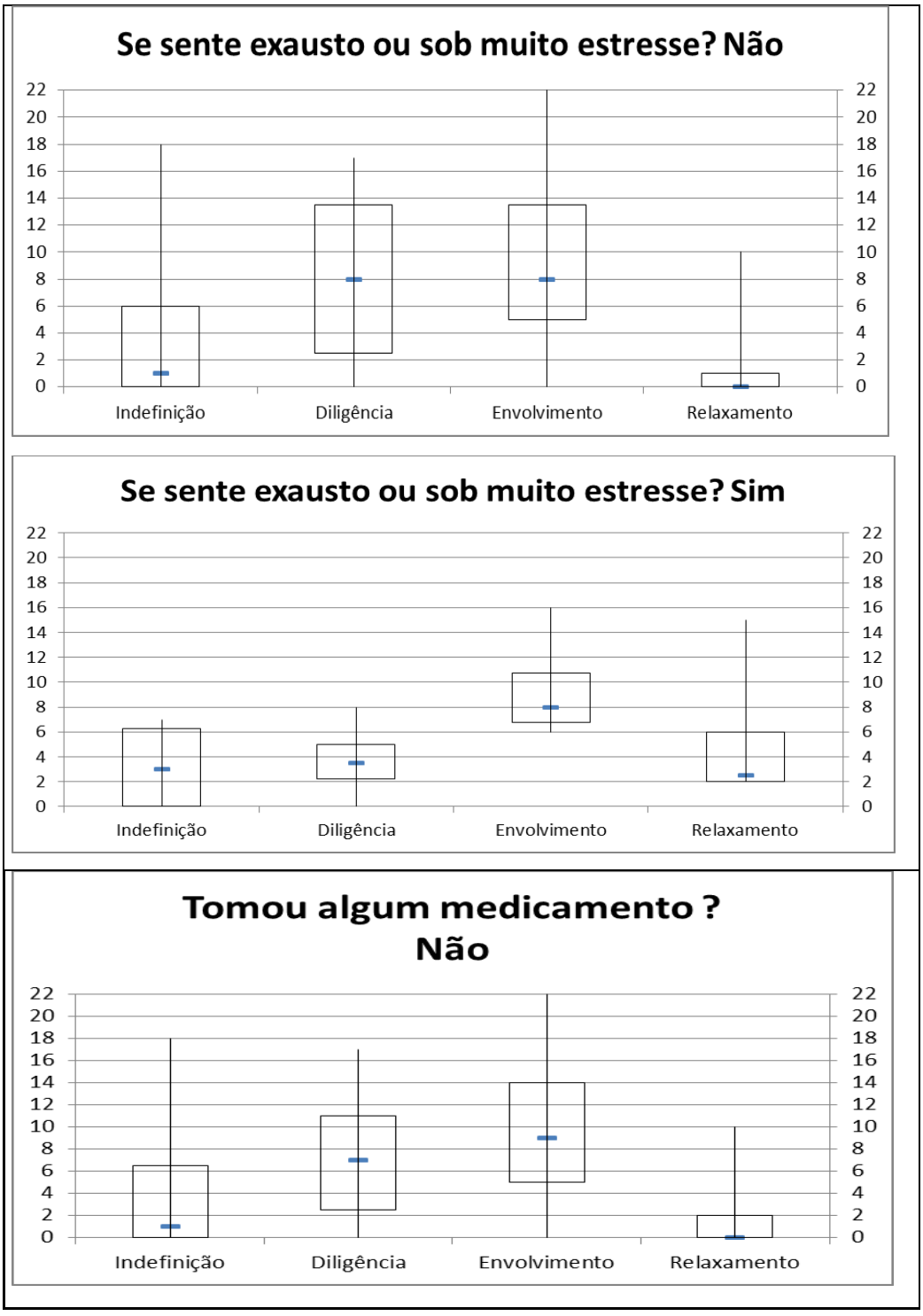
| Correlação | Indefinição | Diligência | Envolvimento | Relaxamento |
|---|---|---|---|---|
| Idade | 0,08 | -0,002 | 0,02 | 0,2 |
| Dormiu quantas horas essa noite? | 0,29 | 0,39 | -0,34 | -0,26 |
| Faz quantas horas que se alimentou? | -0,29 | -0,34 | 0,28 | -0,005 |

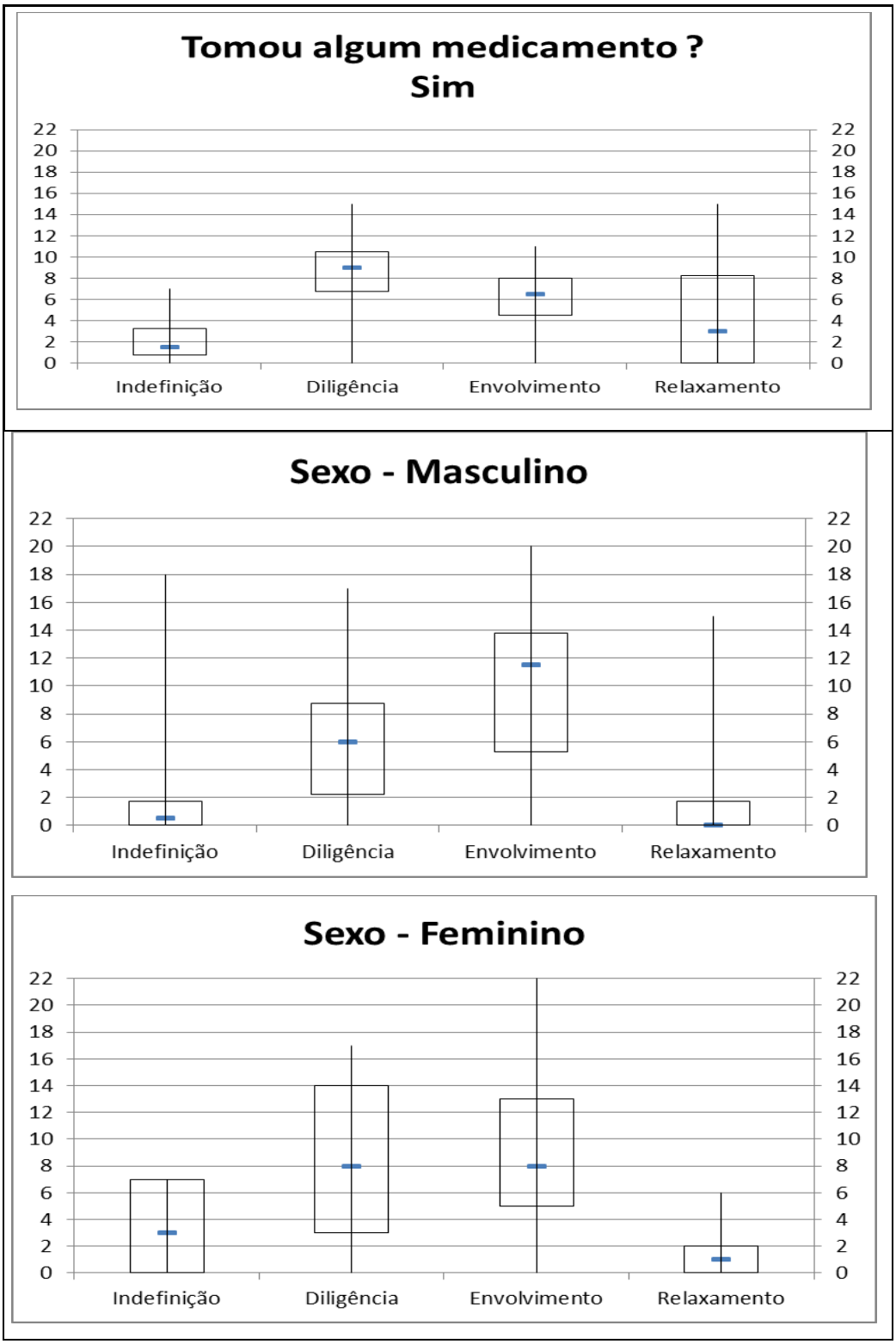
Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com relação às informações pessoais não numéricas, sendo a maioria delas referente a informações binárias de respostas Sim ou Não para perguntas dos questionários (Apêndice L), *Box plots* foram desenvolvidos para apresentar a quantidade de visualizações em cada um destes quadrantes, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Box Plots da quantidade de visualizações em cada comportamento




Se sente exausto ou sob muito estresse? Não
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Indefinição
Diligência
Envolvimento
Relaxamento
Se sente exausto ou sob muito estresse? Sim
Indefinição
Diligência
Envolvimento
Relaxamento
Tomou algum medicamento ?
Não
Indefinição
Diligência
Envolvimento
Relaxamento




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Por fim, a última análise desenvolvida visou investigar a relação entre a quantidade de visualizações pertencentes a um dado quadrante com: a taxa de acertos obtida nestas visualizações, a média do diâmetro da pupila e a média do tempo de resposta consumido na avalição destas visualizações. Para esta análise usou-se do teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon com $\alpha = 5\%$, os resultados são apresentados nas tabelas 3.46 a 3.48.

Tabela 46–Taxa de Acerto das visualizações em cada quadrante

| Taxa de Acertos | Qual foi maior? | p-value |
|---|---|---|
| Indefinição x Diligência | Diligência | 0,07 |
| Indefinição x Envolvimento | Envolvimento | 0,06 |
| Indefinição x Relaxamento | - | - |
| Diligência x Envolvimento | - | - |
| Diligência x Relaxamento | Diligência | 0,03 |
| Envolvimento x Relaxamento | Envolvimento | 0,02 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Tabela 47 – Média do Coeficiente de Variação pela baseline para o Diâmetro da Pupila obtido na análise das visualizaçõeslocalizadas em cada quadrante

| Média do Coeficiente de Variação pela baseline para o Diâmetro da Pupila | Qual foi maior? | p-value |
|---|---|---|
| Indefinição x Diligência | Diligência | 0,03 |
| Indefinição x Envolvimento | Envolvimento | 0,06 |
| Indefinição x Relaxamento | - | - |
| Diligência x Envolvimento | - | - |
| Diligência x Relaxamento | Diligência | 0,06 |
| Envolvimento x Relaxamento | Envolvimento | 0,01 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Tabela 48 – Média do RT consumido na análise das visualizaçõeslocalizadas em cada quadrante

| Média do RT | Qual foi maior? | p-value |
|---|---|---|
| Indefinição x Diligência | Diligência | 0,05 |
| Indefinição x Envolvimento | Envolvimento | 0,06 |
| Indefinição x Relaxamento | - | - |
| Diligência x Envolvimento | - | - |
| Diligência x Relaxamento | Diligência | 0,03 |
| Envolvimento x Relaxamento | Envolvimento | 0,01 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com base no teste de Wilcoxon é possível perceber que somente para as relações de Indefinição vs Relaxamento e Diligência vs Envolvimento, a quantidade de acertos não foi estatisticamente diferente, para $\alpha = 5\%$.

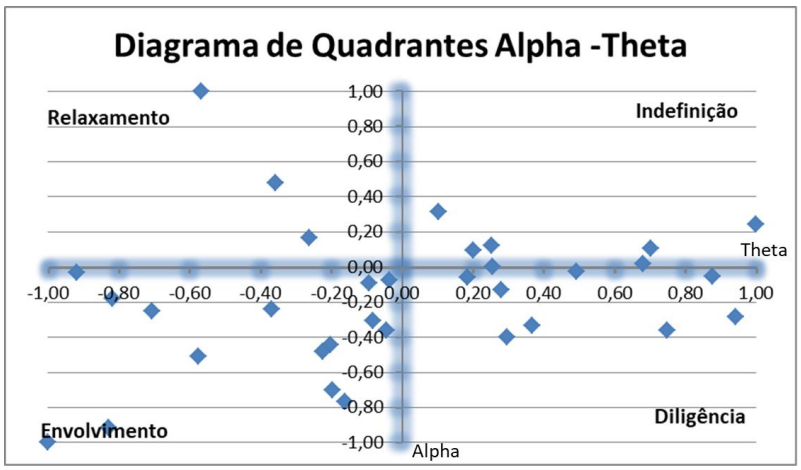
Sendo assim, devido à predominância de padrões, seguido pela maioria dos participantes durante o processo de tomada de decisão usando das visualizações gráficas e tabulares, o diagrama de quadrantes foi desenvolvido para cada uma das visualizações construídas a partir da agregação dos valores de Alpha e Theta que cada um dos participantes apresentou quando avaliaram em cada das visualizações.

d) Quadrantes Alpha-Theta para os problemas MCDM/A com duas alternativas

Neste contexto, o diagrama de quadrantes Alpha-Theta foi construído para cada um dos tipos de visualização nos problemas com duas alternativas. Para as três visualizações construídas para o problema 2A4C, os diagramas e a quantidade de participantes classificados em cada um dos quadrantes são apresentados na Figura 14. Os demais diagramas de quadrantes construídos para todos os problemas com duas alternativas encontram-se no Apêndice J.

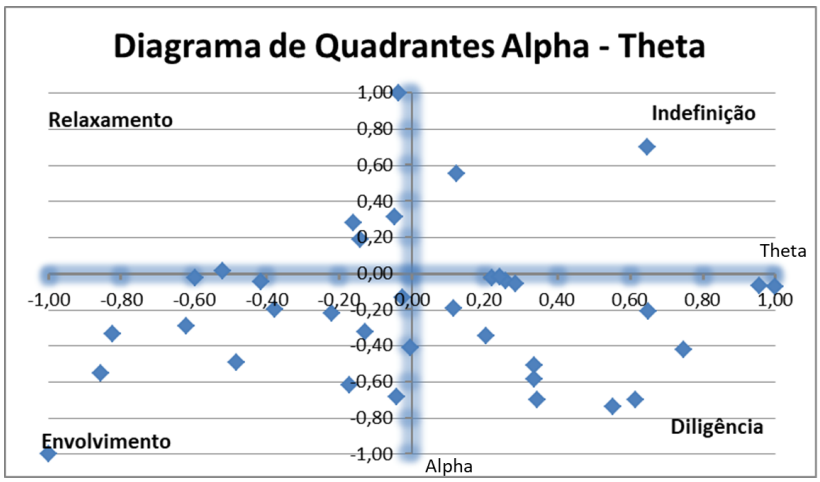
Figura 14 - Diagrama de Quadrante para comparar as visualizações em 2A4C

2A4C - Barras



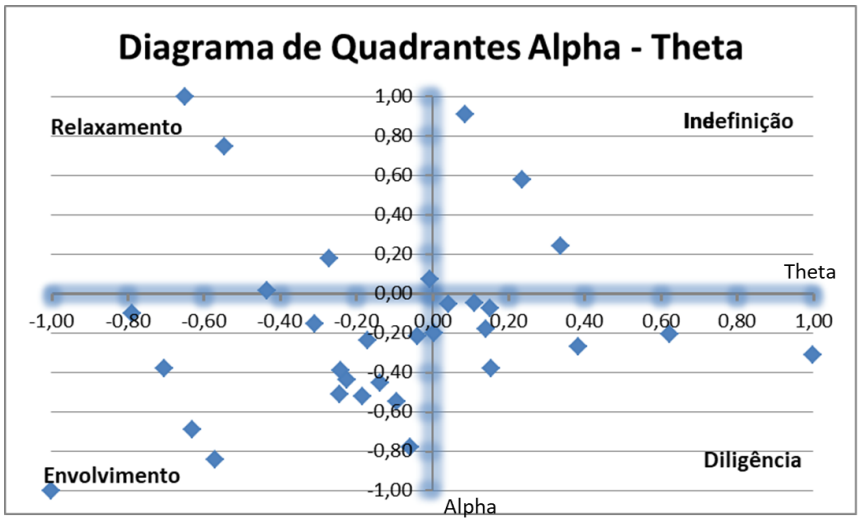

| | |
|---|---|
| Indefinição | 7 |
| Diligência | 8 |
| Envolvimento | 15 |
| Relaxamento | 3 |

2A4C - Radar




| | |
|---|---|
| Indefinição | 2 |
| Diligência | 15 |
| Envolvimento | 14 |
| Relaxamento | 5 |

2A4C - Tabela




| | |
|---|---|
| Indefinição | 3 |
| Diligência | 9 |
| Envolvimento | 15 |
| Relaxamento | 5 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

e) Análise Descritiva

Com base nos diagramas de quadrantes Alpha-Theta construídos para cada um dos tipos de visualização, apresentados no Apêndice J, a Tabela 49 foi construída para sintetizar as informações deste apêndice exibindo a quantidade de participantes que apresentaram um dado comportamento durante a avaliação das visualizações.

Tabela 49 –Quantidade de participante em cada quadrante para todos os problemas MCDM/A

| Visualização | Indefinição | Diligência | Envolvimento | Relaxamento |
|---|---|---|---|---|
| 2A4C BD | 7 | 8 | 15 | 3 |
| 2A4C RD | 2 | 15 | 14 | 5 |
| 2A4C TD | 3 | 9 | 15 | 5 |
| 2A5C BD | 2 | 12 | 18 | 4 |
| 2A5C RD | 5 | 12 | 13 | 3 |
| 2A5C TD | 4 | 12 | 15 | 4 |
| 2A6C BD | 7 | 8 | 16 | 2 |
| 2A6C RD | 3 | 15 | 14 | 3 |
| 2A6C TD | 6 | 8 | 17 | 4 |
| 2A7C BD | 4 | 12 | 12 | 5 |
| 2A7C RD | 7 | 7 | 16 | 3 |
| 2A7C TD | 4 | 11 | 13 | 5 |
| 2A7C BS | 5 | 11 | 14 | 4 |
| 2A7C RS | 3 | 11 | 14 | 7 |
| 2A7C TS | 5 | 11 | 13 | 5 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com base nesta tabela é possível perceber que a maioria dos participantes teve comportamento de diligência e envolvimento, resultado coerente com a análise análoga apresentada acima, a qual foi desenvolvida para investigar o comportamento que cada participantes, individualmente, apresentou durante a realização do experimento.

Sendo assim, com base nesta tabela foi possível constatar que a soma dos participantes com os comportamentos de diligência e envolvimento foi de 162 e 219, sugerindo que estes comportamentos estiveram presentes em 75% das análises desenvolvidas com as visualizações gráficas e tabulares.

f) Análise Estatística

A fim de continuar a investigação sobre os padrões de comportamento observados, durante a análise de cada uma das visualizações com duas alternativas, uma análise estatística foi desenvolvida.

Para esta análise estatística usou-se do teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon, com $\alpha = 10\%$, para comparar os quadrantes com base em três variáveis. A primeira variável investigada foi a taxa de acerto, onde foi desejado observar, a partir de uma análise pareada, se a taxa de acerto para os participantes alocados em cada um dos quadrantes eram similares ou diferentes entre si. No mesmo contexto, a segunda variável investigada foi a média do coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila, para este caso foi desejado observar se os valores de coeficiente variavam de um grupo para outro de participantes. E por fim, a terceira e última variável investigada foi o tempo de resposta consumido pelos participantes alocados em cada um dos quadrantes. O Apêndice K apresenta estas variáveis para cada uma das visualizações. Os resultados destas análises são apresentados nas Tabelas 3.50 a 3.52.

Tabela 50 –Taxa de Acerto dos participantes em cada quadrante

| Taxa de Acertos | Qual foi maior? | p-value |
|---|---|---|
| Indefinição x Diligência | - | - |
| Indefinição x Envolvimento | - | - |
| Indefinição x Relaxamento | - | - |
| Diligência x Envolvimento | - | - |
| Diligência x Relaxamento | Diligência | 0,1 |
| Envolvimento x Relaxamento | - | - |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Tabela 51 – Média do Coeficiente de Variação pela baseline para o Diâmetro da Pupila dos participantes alocalizados em cada quadrante

| Média do Coeficiente de Variação pela baseline para o Diâmetro da Pupila | Qual foi maior? | p-value |
|---|---|---|
| Indefinição x Diligência | - | - |
| Indefinição x Envolvimento | Indefinição | 0,03 |
| Indefinição x Relaxamento | - | - |
| Diligência x Envolvimento | Diligência | 0,08- |
| Diligência x Relaxamento | - | - |
| Envolvimento x Relaxamento | Relaxamento | 0,05 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Tabela 52 – Média do RT dos participantes alocados em cada quadrante

| Média do RT | Qual foi maior? | p-value |
|---|---|---|
| Indefinição x Diligência | Indefinição | 0,09 |
| Indefinição x Envolvimento | - | - |
| Indefinição x Relaxamento | - | - |
| Diligência x Envolvimento | - | - |
| Diligência x Relaxamento | - | - |
| Envolvimento x Relaxamento | - | - |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Sendo assim, com base nestas tabelas foi possível observar que apenas as comparações destacadas foram aquelas onde diferenças estatísticas foram observadas, com *p-value* inferior a 0,1 (10%), com relação aos valores das variáveis.

#### 3.4.2.8 Análise da quantidade de acerto dos participates

Com a finalidade de continuar a investigação sobre o comportamento dos participantes durante a avaliação das visualizações, análises para avaliar a quantidade de acerto que cada um destes obteve no experimento foram desenvolvidas. Estas análises consideraram a comparação da quantidade de acertos com as informações pessoais e preferenciais, assim como as variáveis fisiológicas, destes participantes.

Para as variáveis fisiológicas foi calculada a soma total de cada uma delas a fim de representar a desempenho do participante durante o experimento. Este valor integral para cada uma das variáveis é apresentado no Apêndice I.

Sendo assim, a primeira análise desenvolvida foi a de correlação. Nesta análise a quantidade de acertos, de cada um dos participantes, foi correlacionada com as informações

numéricas pessoais e as variáveis fisiológicas. Os valores de correlação obtidos após a aplicação da correlação de Spearman são apresentados na Tabela 53.

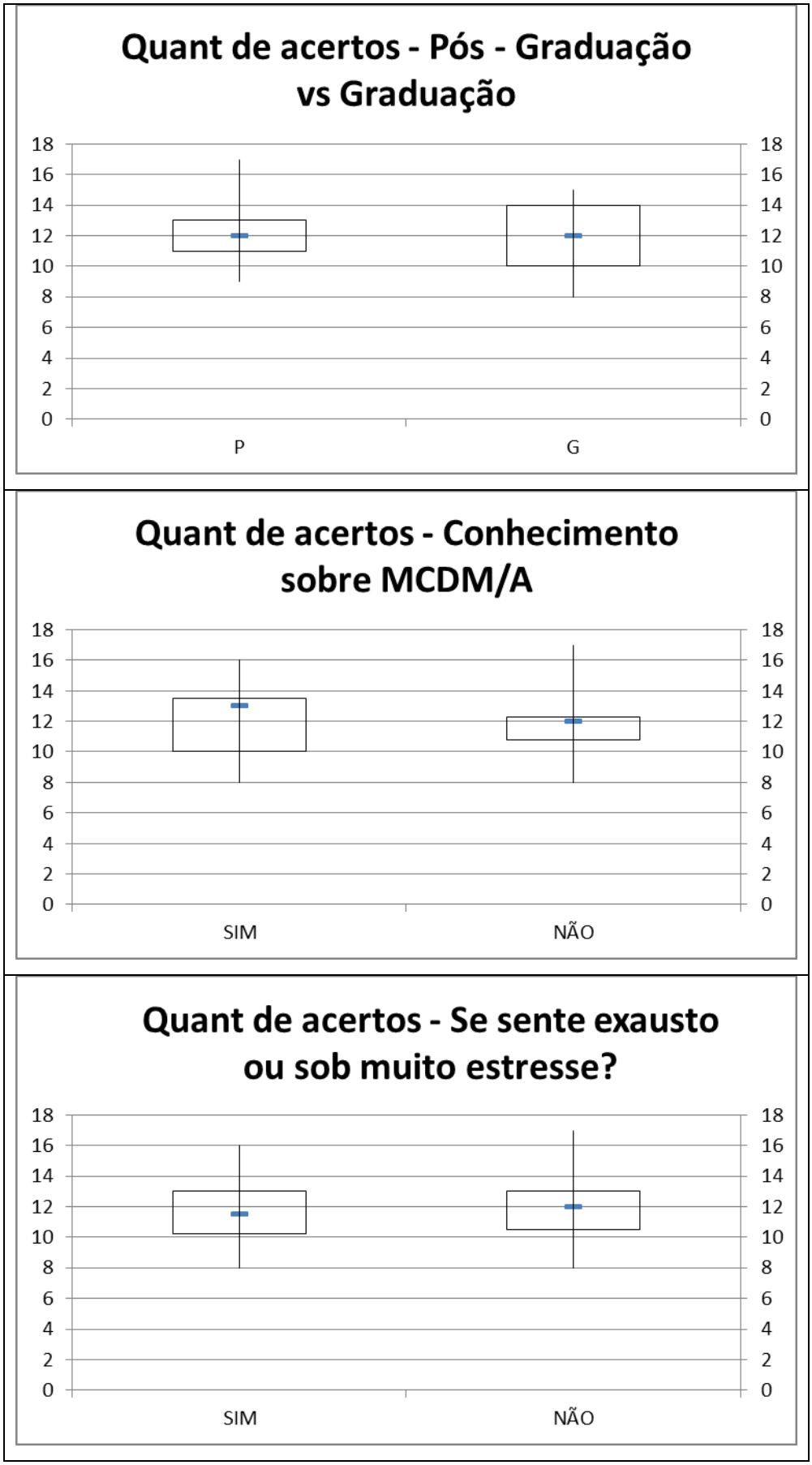
Tabela 53 – Correlação entre Quant de Acertos e informações pessoais numéricas e variáveis fisiologicas dos participantes

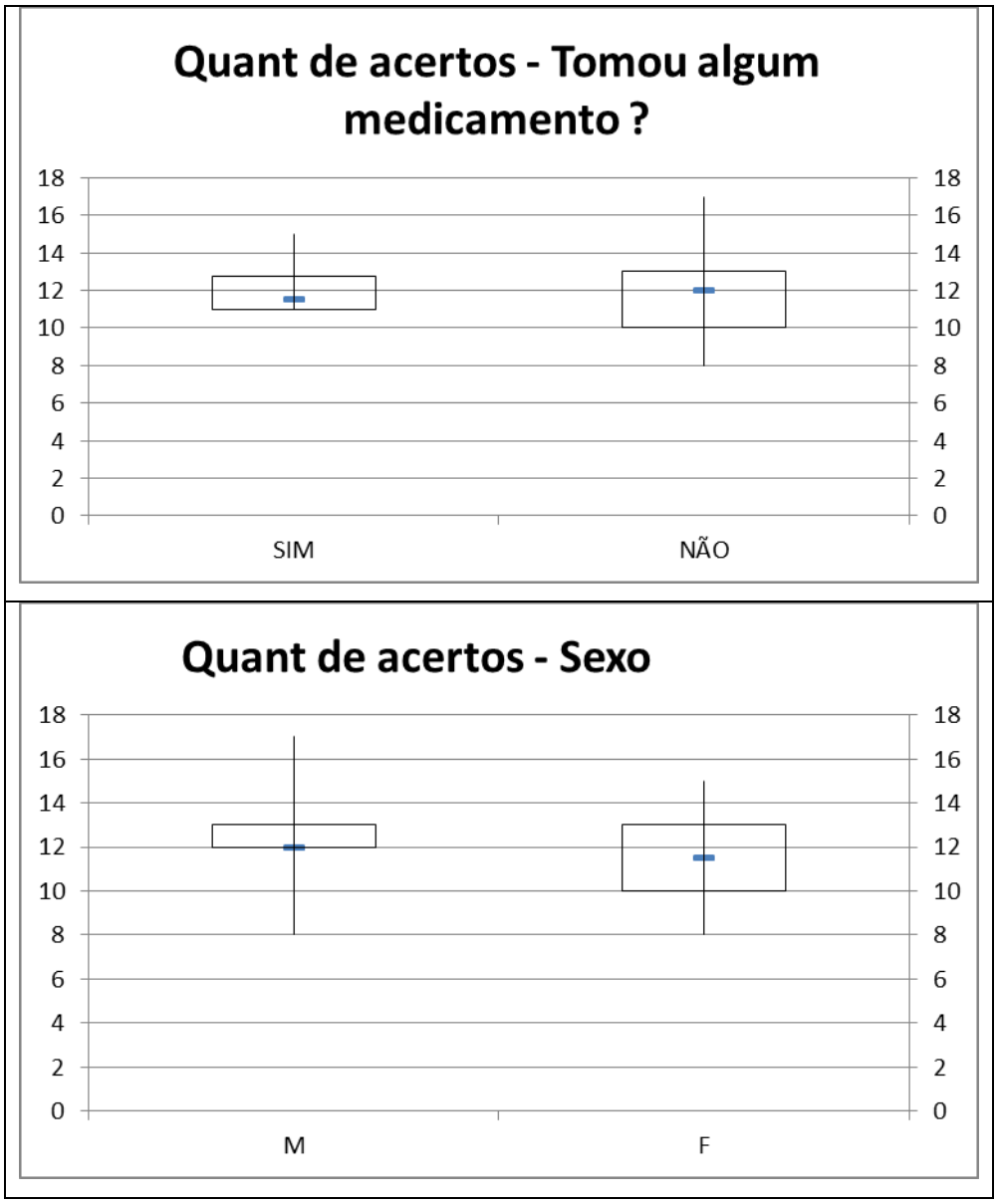
| Correlação linha versus coluna | Quantidade de Acerto do Participante |
|---|---|
| Idade | 0,09 |
| Dormiu quantas horas essa noite? | 0, 23 |
| Faz quantas horas que se alimentou? | -0,09 |
| Soma RT Geral | 0,19 |
| Soma Coeficiente de variação pela baseline para o diâmetro da pupila Geral | 0,17 |
| Soma dos valores de potência F3 em Theta | -0,48 |
| Soma dos valores de potência P7 em Alpha | 0,12 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

A segunda análise desenvolvida utilizou dos *Box Plots* para apresentar a quantidade de acertos que cada participante obteve com relação às informações pessoais não numéricas, conforme apresentado na Figura 15. Os Box Plots são discutidos na próxima seção, no subitem 3.4.3.9.

Figura 15 - Box Plots para Quant de Acertos verificadas nas informações pessoais






Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 3.4.2.9 Análise do questionário para coleta de informações preferenciais.

A última análise realizada avaliou algumas perguntas específicas do questionário para coleta de informações preferenciais na tentativa de investigar ainda mais o comportamento dos participantes.

As perguntas investigadas foram:

- Questão 1: Achou o experimento cansativo?
- Questão 5: Qual das formas de visualização gráfica achou a melhor para avaliar?
- Questão 6: Qual das formas de visualização gráfica achou mais difícil de avaliar?

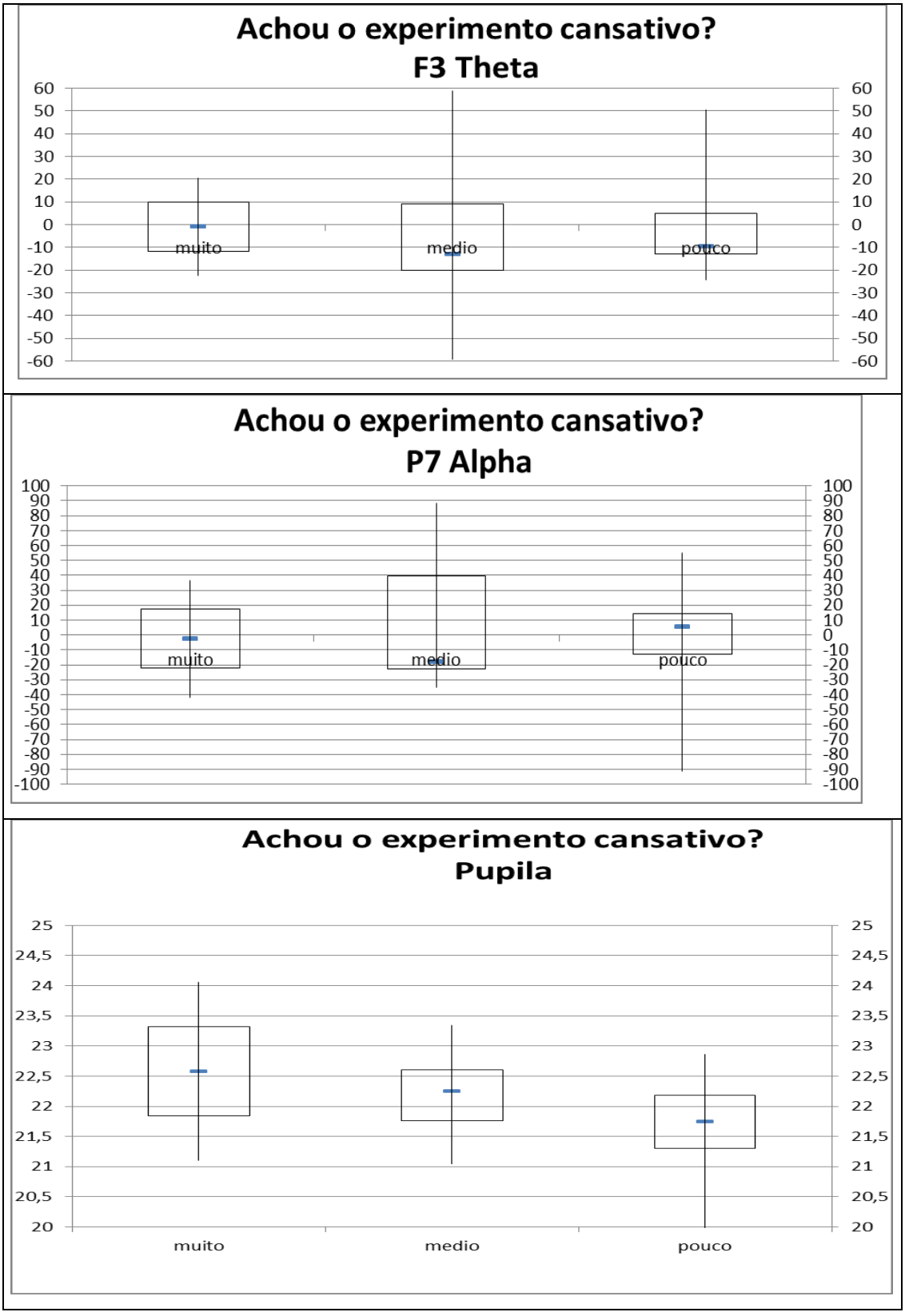
- Questão 7: Ao final da análise das visualizações gráficas em que grau as respostas podem ter sido menos precisas?

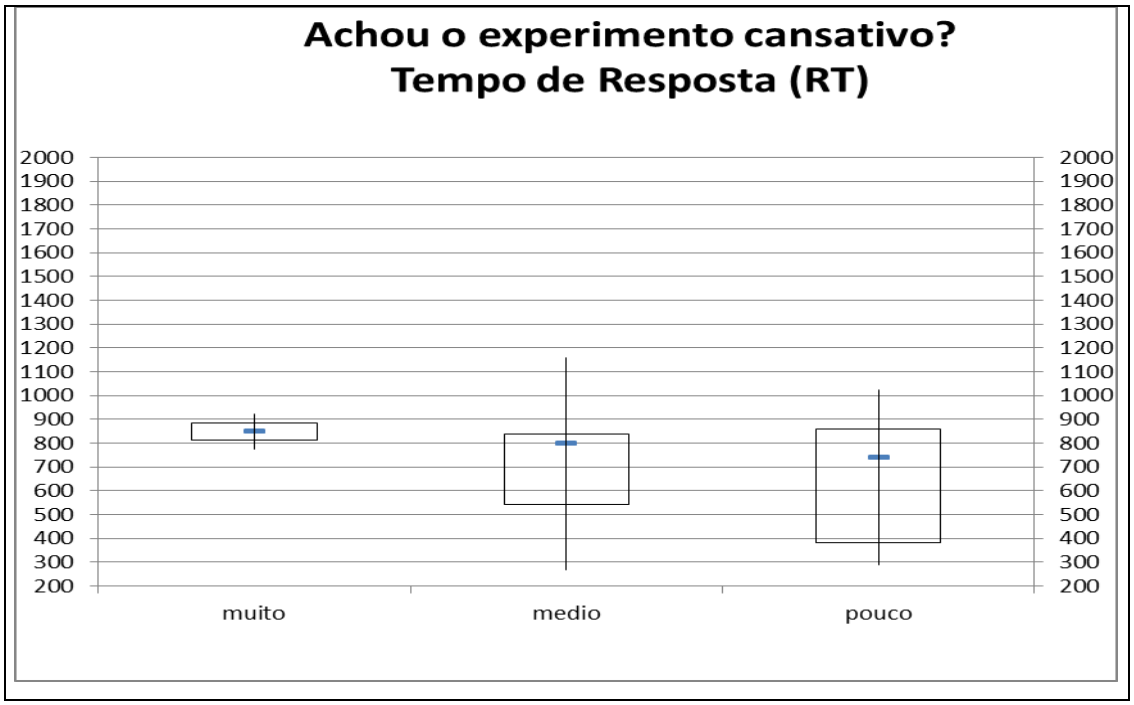
a) Análise Questão 1

Para a Questão 1, os participantes tinham a opção de fornecer três respostas, Muito Cansativo, Médio Cansativo e Pouco Cansativo. Para esta questão, foi possível observar que a maioria dos participantes julgou o experimento como tendo nível de exaustão moderado (49%), seguido por um nível baixo de exaustão (41%). Poucos participantes consideraram o experimento como muito cansativo (11%).

Neste contexto, com base nestas respostas, os participantes foram separados em três grupos e comparações foram feitas visando investigar o desempenho que cada grupo apresentou com relação às variáveis investigadas (soma de Theta em F3, soma de Alpha em P7, soma do coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila e soma RT, apresentadas no Apêndice I). Para possibilitar a comparação de cada um dos grupos *Box plots* foram elaborados, conforme apresentado na Figura 16. Para todas as quatro questões, os *Box Plots* construídos são discutidos no subitem 3.4.3.10.

Figura 16 - Box Plots para investigar Questão 1



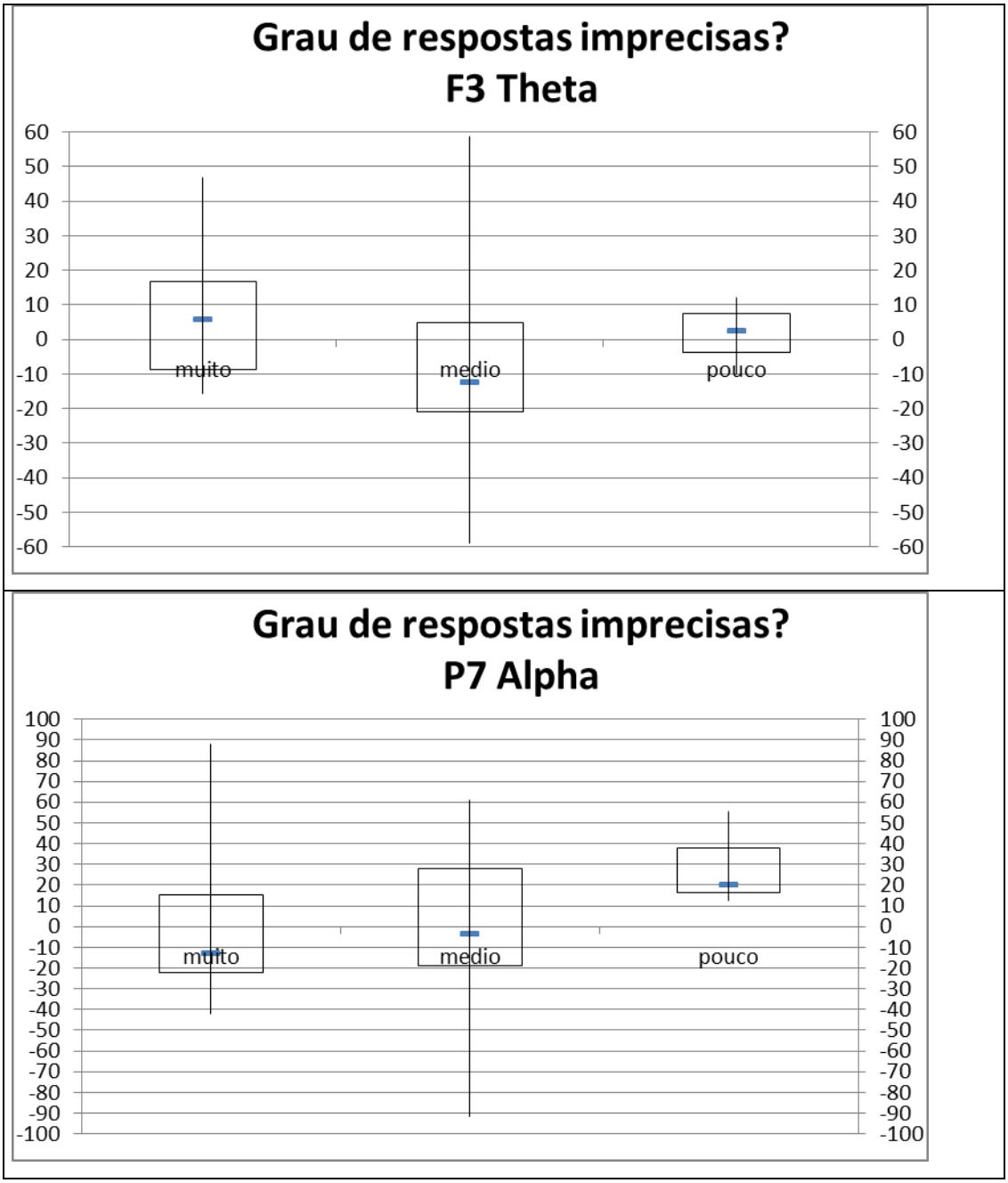


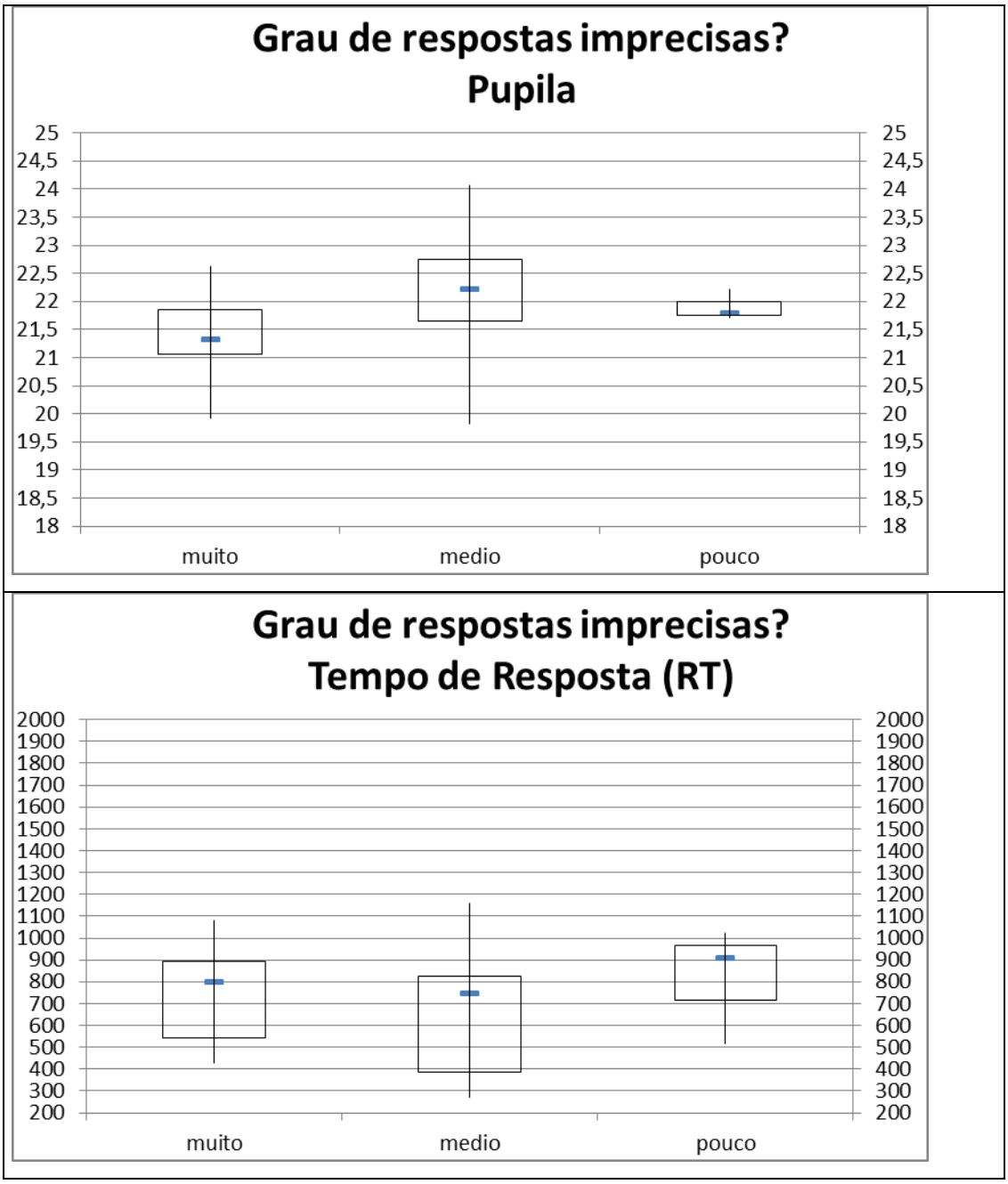

Fonte: Esta pesquisa (2020)

b) Análise Questão 7

Da mesma forma que para a Questão 1, para a Questão 7 os participantes tinham as mesmas opções de respostas. Sendo assim, foi possível observar que a maioria dos participantes afirmou ter tido um grau de imprecisão moderado nas respostas (62%), seguido por um grau alto de imprecisão (24%). Poucos participantes afirmaram terem tido um grau baixo de imprecisão nas respostas (14%). A Figura 17 apresenta os *Box Plots* desenvolvidos com base nas mesmas variáveis acima.

Figura 17 - Box Plots para investigar Questão 7






Fonte: Esta pesquisa (2020)

c) Análise Questões 5 e 6

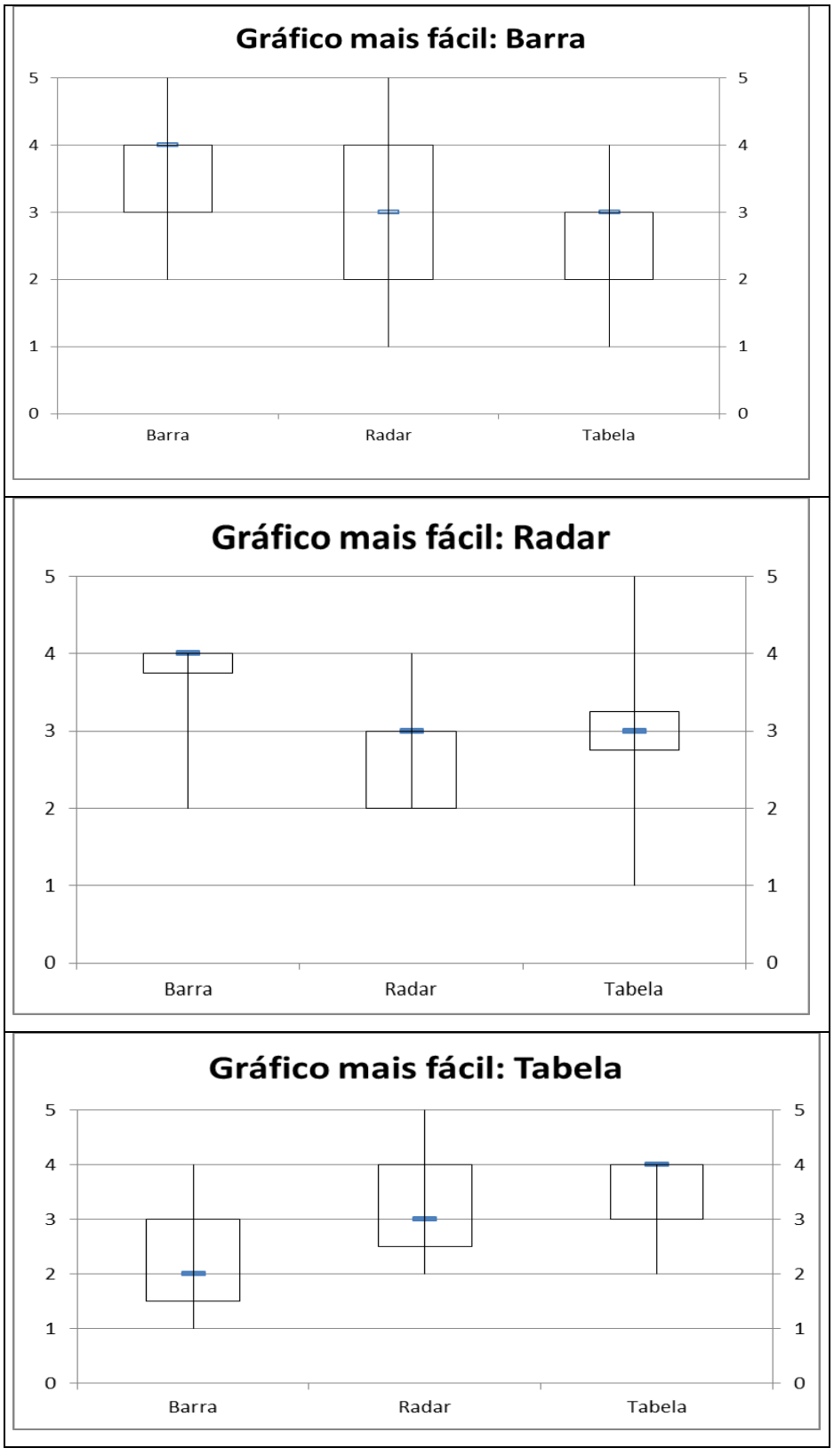
Por fim, a última análise desenvolvida investigou as respostas fornecidas pelos participantes para as questões 5 e 6, as quais avaliavam as preferências destes sobre qual era o tipo de visualização melhor para avaliar e qual era a mais difícil para avaliar, no experimento de duas alternativas.

Com relação às respostas fornecidas, foi observado que a maioria dos participantes julgou o gráfico de barras como o melhor para avaliar (70%), e o gráfico Radar como o mais difícil para avaliar (68%).

Neste contexto, seis *Box Plots* foram desenvolvidos para investigar a *performance* de cada grupo de participantes com relação a quantidade de acertos. Isto é, para o grupo que avaliou o gráfico de barras como o melhor, como se deram os acertos para os três tipos de visualizações. E no mesmo contexto, para o grupo que avaliou o gráfico de barras como o mais difícil, como se deram os acertos para os três tipos de visualizações.

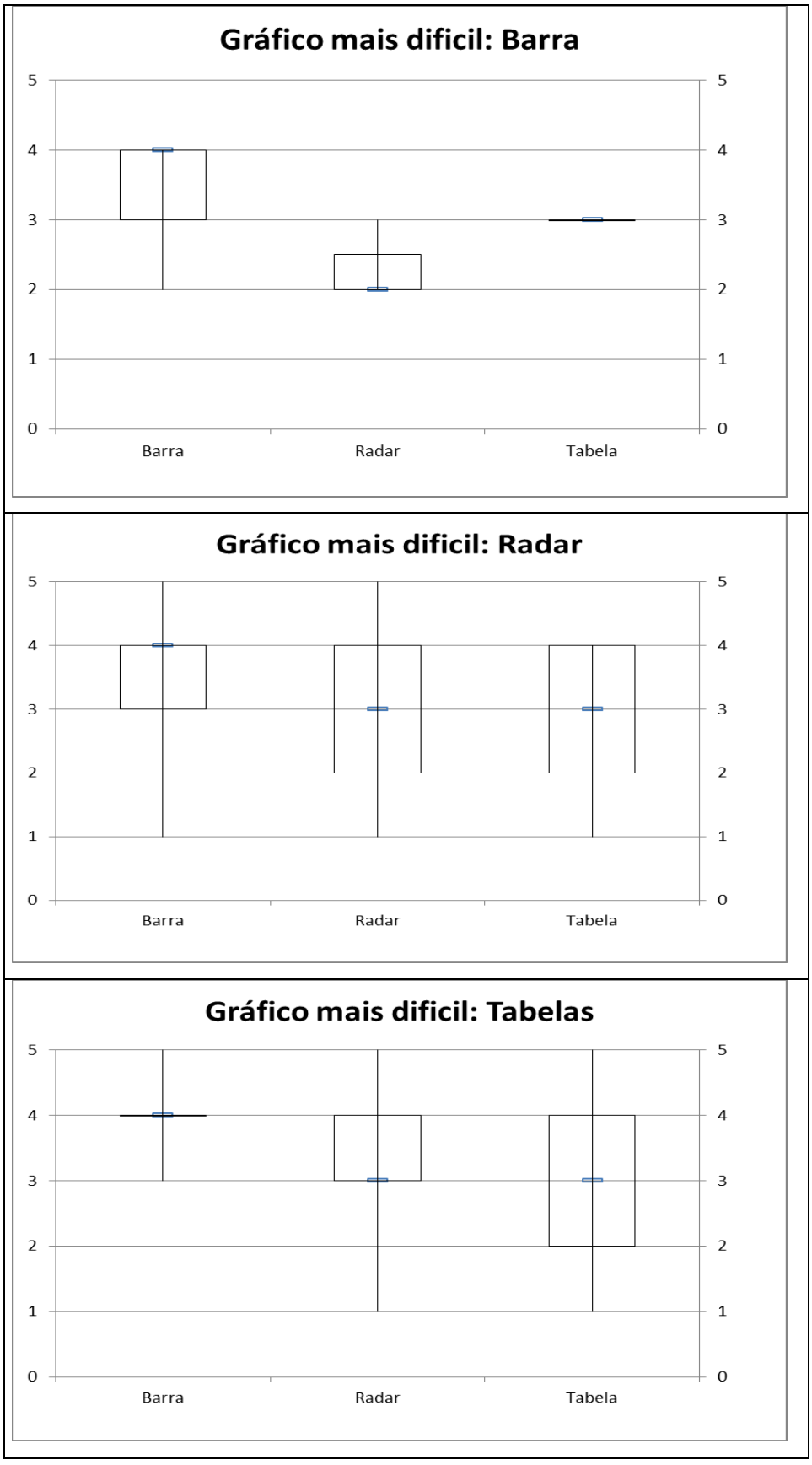
Vale ressaltar que para desenvolver estes *Box Plots* os acertos obtidos por cada um dos participantes foram somados para cada tipo de visualização. Sendo assim, o total máximo de acertos foi igual a cinco para cada um dos tipos de visualizações desenvolvidas (gráfico de barras, radar e tabelas) para representar cada um dos cinco problemas MCDM/A. A Figura 18 apresenta o desempenho quando a Questão 5 foi avaliada e a Figura 19 quando a Questão 6 foi avaliada. Nestas duas figuras é considerada a quantidade de acerto para cada um dos grupos de participantes que apresentou como resposta gráfico de barras, gráfico tipo radar e tabela, como a visualização mais fácil para ser avaliada e como a mais difícil para ser avaliada. Nestas duas figuras é considerada a quantidade de acerto para cada um dos grupos de participantes que apresentou como resposta o gráfico de barras ou o gráfico tipo radar ou a tabela como a visualização mais fácil para ser avaliada, assim como a visualização mais difícil para ser avaliada.

Figura 18 - Box Plots para investigar Questão 5




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Figura 19 - Box Plots para investigar Questão 6




Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 3.4.3 Discussão de Resultado

#### 3.4.3.1 Hit Rate para duas alternativas

Para a análise de HR desenvolvida para o experimento com problemas com duas alternativas foi possível perceber que para o primeiro grupo de comparações, referentes à comparação das visualizações construídas para um mesmo problema MCDM/A, os gráficos de barras apresentaram melhores performances para a maioria dos problemas construídos, com exceção do problema 2A5C onde a tabela teve maior HR, sendo este HR apenas um pouco superior ao HR do gráfico de barras, e do problema 2A7C com pesos diferentes, onde o gráfico do tipo radar teve maior HR.

Para as outras duas formas de visualização, gráfico tipo radar e tabelas, foi possível observar que as tabelas tiveram HR mais baixos em três problemas, 2A4C e 2A7C (com pesos iguais e diferentes), e que os gráficos tipo radar tiveram HR mais baixos em dois problemas 2A5C e 2A6C.

Neste contexto, visando sintetizar a discussão de resultados do HR com relação ao tipo de visualização com maiores valores de acerto, um *Box Plot* foi construído a partir da soma dos acertos que cada participante obteve ao avaliar cada um dos tipos de visualização.

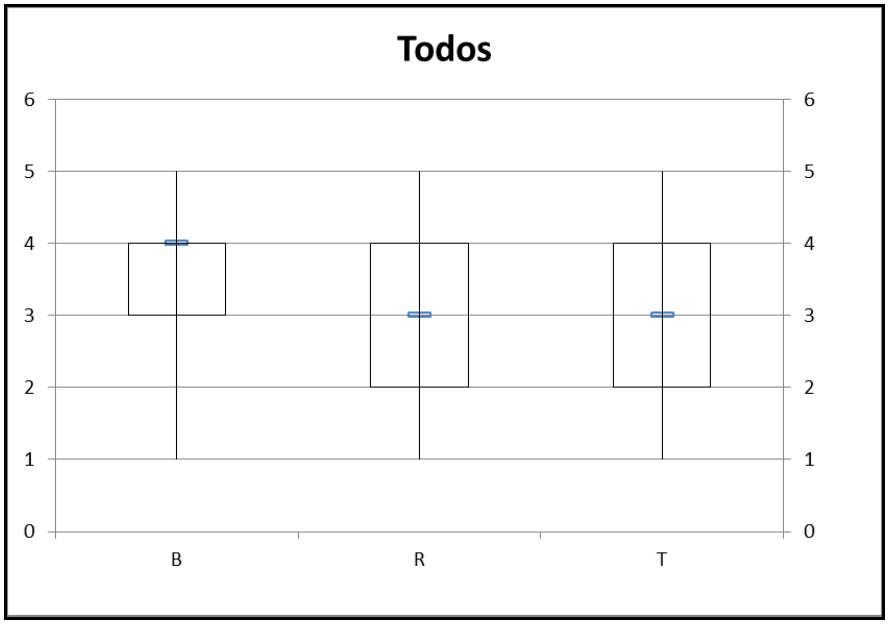
Sendo assim, como havia cinco problemas MCDM/A, cada um deles com três visualizações construídas para representá-los, o máximo de acertos que um participante poderia obter para cada tipo de visualização era exatamente cinco.

Com base neste Box Plot desenvolvido, ilustrado na Figura 20, é possível observar que de fato os gráficos de barras tiveram maiores acertos, tendo uma distribuição de acertos assimétrica com predominância de mais acertos do que erros, sendo a mediana igual ao quartil superior com quatro acertos. Para as outras duas formas de visualização a quantidade de acertos teve distribuição semelhante, com mediana de três acertos por participante.

Para a comparação dos HRs para um mesmo tipo de visualização, à medida que o número de critérios foi sendo incrementado para cada um dos problemas MCDM/A, foi possível observar em 3.31 que, para a maioria dos problemas, o HR foi decrescendo a medida que o número de critérios foi aumentando.

Este resultado é coerente dado que os problemas foram tornando-se mais complexos para os decisores avaliarem. E a exceção observada foi com o problema 2A5C. Da mesma forma que comentado para o problema 4A5C no experimento 2, esta configuração de problema merece maior investigação em estudos futuros.

Figura 20 – Box Plot soma acertos cada um dos tipos de visualização




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Para a comparação de pesos iguais *versus* pesos diferentes é possível perceber maiores HR para as visualizações com pesos iguais. Este resultado é similar ao observado nos experimentos 1 e 2, reforçando ainda mais que visualizações com pesos diferentes são mais complexas para os decisores avaliarem e tem menores HR.

#### 3.4.3.2 Tempo de Resposta para duas alternativas

Análises descritivas e estatísticas para o Tempo de Resposta (RT) foram desenvolvidas para investigar quais tipos de visualizações demandaram mais tempo dos participantes no processo de análise e se diferenças estatísticas destes tempos se fizeram presentes.

Os dois grupos de comparações investigados em HR também foram investigados para RT. Com relação ao primeiro grupo, foi possível observar que os participantes demandaram mais tempo de análise, na maioria dos problemas, para os gráficos tipo radar quando comparados aos gráficos de barras e as tabelas. Para a comparação dos gráficos de barras *versus* tabelas, foi observado que as tabelas consumiram maior tempo de análise.

Este resultado é coerente visto que o gráfico de barras é aquele onde a maioria dos decisores já apresenta maior familiaridade devido a seu maior uso dentro dos processos de gestão organizacional.

Com relação à investigação do aumento do RT quando o número de critérios aumentou, foi observado que para o gráfico de barras que o RT, de fato, aumentou quando o número de critérios cresceu. Para as tabelas também foi observado um aumento em RT, porém este

aumento se deu somente para os problemas onde um número par de critérios se fazia presente. Para os gráficos tipo radar não foi observado padrão para o RT.

Para o problema 2A7C com pesos iguais *versus* pesos diferentes foi observado que, para duas das três visualizações, os problemas com pesos diferentes consumiram maior tempo de análise, sendo elas o gráfico de barras e o radar.

Conforme desenvolvido para as análises do experimento 2, o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon, com $\alpha = 5\%$, foi desenvolvido para verificar se estas diferenças de RT eram significativas nas comparações, com seus resultados apresentados na Tabela 35 e 36. As hipóteses formuladas para este caso foram:

- H0: valores de RT semelhantes para as visualizações.
- H1: valores de RT diferentes para as visualizações.

Para explorar as comparações do primeiro grupo, o teste foi aplicado com os resultados apresentados na Tabela 35. Para este caso foi possível observar a rejeição da hipótese nula (H0) nas comparações: gráfico de barras *versus* radar, com o gráfico tipo radar apresentando valores de RT significativamente maiores que o gráfico de barras nos problemas 2A4C e 2A7C, com pesos iguais e diferentes; gráfico tipo radar *versus* tabela, com valores superiores de RT também para o gráfico tipo radar nos problemas 2A4C e 2A7C D, para esta comparação a tabela presentou valor de RT superior em 2A6C; e tabelas *versus* gráficos de barras com RT significativamente superior para as tabelas nos problemas 2A4C, 2A6C e 2A7C S.

Com base nestes resultados é possível confirmar que os decisores consumiram maior tempo de análise no gráfico tipo radar. Além disso, é observado que estes, de fato, tiveram RT superior na análise de tabelas para problemas com número de critérios sendo par.

Com base no teste de Wilcoxon aplicado para investigar as comparações do segundo grupo, apresentado na Tabela 36, foi possível observar rejeição da hipótese nula para: os gráficos de barras em apenas duas comparações, 2A4C *versus* 2A5C e 2A4C *versus* 2A6C, com o valor de RT significativamente superior para os problemas com maior número de critérios; os gráficos tipo radar nas comparações 2A4C *versus* 2A5C, 2A4C *versus* 2A6C, sendo RT superior para o caso com menor número de critérios, 2A5C *versus* 2A7C D e 2A6C *versus* 2A7C D, sendo RT superior para o caso com maior número de critérios, e 2A7C D *versus* 2A7C S, sendo RT superior para pesos diferentes; e as tabelas nas comparações, 2A4C *versus* 2A6C, 2A5C *versus* 2A6C e 2A6C *versus* 2A7C D, com o valor de RT sendo superior, em todos os casos, para o problema 2A6C, e 2A7C D *versus* 2A7C S, sendo RT superior para pesos iguais.

Para estes resultados é interessante observar que para o gráfico de barras não houve diferenças significativas para problemas com maiores números de critérios, apenas para as duas primeiras comparações. Com relação ao resultado de maior RT para as comparações observadas, este é coerente, onde maiores RT são observados em problemas com maiores números de itens, onde os itens representam a soma do número de alternativas e critérios.

Com relação ao gráfico tipo radar e as comparações feitas para RT, em dois casos foi observado maiores RT para problemas com menores números de itens e em outros dois casos para problemas com maiores números de itens. Vale ressaltar que as comparações que apresentaram RT maiores para problemas com menores números de itens foram entre os primeiros problemas construídos, os quais são mais simples. Já para as comparações que indicaram os valores RT maiores em problemas com maiores números de itens estas foram observadas com o problema 2A7C D, o qual é o mais complexo dentre os cinco construídos, sendo este resultado coerente.

Para a investigação dos RT consumidos nas análises das tabelas, foi observado aumento de RT para problemas com número par de critérios. Este resultado é interessante e pode ser apoiado pela conclusão do experimento 1 onde foi observado que os decisores fixavam mais nos primeiros critérios da esquerda para a direita, isto é, aqueles com maiores pesos, para tomarem a decisão sobre a melhor alternativa. Neste contexto, pode ser sugerido que uma divisão natural esteja presente em problemas com número de critérios sendo ímpar e que os decisores podem decidir avaliar apenas os critérios à frente do critério central (a medida para o conjunto de critérios) para definirem a melhor alternativa. Sendo assim, a avaliação destas visualizações pode ser realizada com menor consumo de tempo, diferentemente de problemas com número par de critérios em que os decisores precisam avaliar uma quantidade maior (talvez todos) os critérios para definirem a melhor alternativa.

#### 3.4.3.3 Diâmetro da pupila

Para investigação do diâmetro da pupila, o coeficiente de variação pela *baseline* foi escolhido para ser investigado, da mesma forma que feito para o experimento 2. A título de recordação, este coeficiente foi calculado a partir da razão entre o diâmetro médio que cada participante obteve ao longo da análise de uma dada visualização, pelo diâmetro coletado após 10 segundos de início da análise.

Para esta análise, os dois grupos de análises descritivas e estatísticas também foram avaliados. Para a primeira comparação desenvolvida, usando dos valores médios de coeficiente para cada uma das visualizações, foi observado que os gráficos tipo radar apresentavam maiores valores de coeficiente quando comparados aos gráficos de barras; e que

as tabelas também apresentavam maiores valores de coeficientes quando comparadas aos gráficos tipo radar e de barras, conforme indicado na Tabela 38.

Para o segundo grupo de comparações, para o mesmo tipo de visualização entre os problemas MCDM/A, foi observado crescimento dos valores de coeficiente para o gráfico de barras; valores semelhantes para o gráfico tipo radar, com decréscimo em 2A7C D; e valores mais altos para as tabelas representantes de problemas com número par de critérios.

Com relação à comparação de pesos iguais *versus* diferentes para 2A7C, foi observada uma falta de padrão, sendo os coeficientes para pesos diferentes maiores em barras; menores em radar; e iguais em tabelas, quando comparados à pesos iguais, conforme apresentado na Tabela 39.

Com base nestas comparações descritivas, a análise estatística foi realizada usando do mesmo teste não paramétrico, com $\alpha = 5\%$, com as hipóteses sendo:

- H0: valores de coeficientes de variação pela *baseline* semelhantes para as visualizações.
- H1: valores de coeficientes de variação pela *baseline* diferentes para as visualizações.

Sendo assim, para o primeiro grupo de comparações feitas, sendo estas para os mesmos problemas MCDM/A, apresentado na Tabela 40, foi possível observar a rejeição da hipótese nula (H0) nas comparações: gráfico de barras *versus* radar e gráficos de barras *versus* tabelas, com o gráfico de barras apresentando valores de coeficientes de variação pela *baseline* significativamente maiores nos problemas 2A4C e 2A7C (com pesos iguais e diferentes). Para a comparação gráfico tipo radar *versus* tabela não foi encontrada diferença significativa para nenhuma das comparações, sendo H0 não rejeitada em nenhum dos casos.

Vale ressaltar que apesar dos gráficos tipo radar apresentarem maiores valores de coeficiente na Tabela 38, quando os valores médios foram comparados, na comparação pareada com os valores originais calculados para cada um dos participantes e apresentados no Apêndice E, a análise estatística apresentou maiores valores de coeficientes para o gráfico de barras.

Para o segundo grupo comparações, sendo estas as realizadas para investigar o mesmo tipo de visualização para os cinco problemas MCDM/A (Tabela 41), foi possível observar rejeição da hipótese nula: para os gráficos de barras em apenas duas comparações, 2A4C *versus* 2A5C e 2A5C *versus* 2A7C D, com o valor de coeficiente significativamente superior para o problema com menor número de itens e com maior número de itens, respectivamente; para os gráficos tipo radar nas comparações 2A4C *versus* 2A6C, 2A4C *versus* 2A7C D, 2A5C

*versus* 2A7C D e 2A6C *versus* 2A7C D, sendo o coeficiente superior apenas para o problema com menor número de itens na primeira comparação.

Para estes resultados é interessante observar que para os gráfico de barras e as tabelas não foi observado padrão nas análises estatísticas. Para os gráficos de barras estes apresentaram coeficientes maiores para o problema com menor número de critérios na primeira comparação, sendo esta a mais simples, e coeficientes maiores para o problema com maior número de critérios na comparação com 2A7C D, o caso mais complexo.

Com relação ao gráfico tipo radar foi observado que para a maioria dos casos os problemas com menor número de itens apresentaram maiores valores de coeficientes. Este resultado deve ser mais explorado e indica que uma atenção especial deve ser dada ao gráfico tipo radar visto que ele varia com relação aos demais, onde problemas com maiores números de itens poderiam exigir maior atividade mental e possivelmente teriam maiores valores para o diâmetro da pupila.

#### 3.4.3.4 Potência Cerebral

Da mesma maneira que investigado no experimento 2, os valores de potência para o canal frontal F3 na banda Theta, a qual é composta pelas frequências 4 a 8 Hz, e do canal posterior occipital P7 na banda Alpha, a qual é composta pelas frequências 8 a 13 Hz foram investigados devido as conclusões apresentadas em de Loof et al. (2019), Wascher et al. (2014), Macdonald et al. (2011), Holm (2009), Klimesch et al. (2005).

De acordo com estes autores, valores mais altos em Theta, nos canais frontais, podem estar relacionados a uma maior dificuldade nas operações mentais, enquanto valores mais baixos de potência em Alpha, na região cortical posterior do cérebro, podem estar relacionados a engajamento para realização da atividade.

Sendo assim, estes valores foram comparados a fim de investigar se visualizações apresentaram maior esforço cognitivo e engajamento quando comparadas entre si nos dois grupos de comparação. A análise estatística de Wilcoxon também foi desenvolvida com a formulação das mesmas hipóteses para os valores de Theta e Alpha em F3 e P7, respectivamente.

- H0: valores de F3 em Theta ou P7 em Alpha semelhantes para as visualizações.
- H1: valores de F3 em Theta ou P7 em Alpha diferentes para as visualizações.

Neste contexto, para o primeiro grupo de comparações desenvolvidas, isto é, das visualizações em cada um dos problemas MCDM/A, não foram encontradas diferenças

estatísticas para os valores de F3 em Theta e para os valores de P7 em Alpha, sendo neste caso a hipótese H0 aceita para todas as comparações feitas.

Com base neste resultado é sugerido que o esforço cognitivo, avaliado por Theta, e o engajamento, avaliado por Alpha, são semelhantes quando os três tipos de visualização são avaliados em um mesmo problema MCDM/A.

Para o segundo grupo de comparações, a única diferença estatística encontrada com 5% foi na comparação dos valores de P7 em Alpha para a comparação das tabelas em 2A6C *versus* 2A7C onde os valores de P7 em Alpha foram significativamente maiores em 2A7C, indicando maior engajamento para a avaliação do problema com o menor número de critérios, o qual é um resultado coerente.

Visando observar outras diferenças estatísticas, o valor de α foi estendido até 20%. Sendo assim, outras comparações foram consideradas como significativamente diferentes para os valores de potência Theta e Alpha.

Para o primeiro grupo de comparações, foram observadas diferenças estatísticas para os valores de P7 em Alpha na comparação de gráfico de barras *vers*us tabela e gráfico tipo radar *versus* tabela, para o problema 2A7C. Para estes dois casos as tabelas apresentaram maiores valores de Alpha, com α = 7% e α = 11%, respectivamente. Com base neste relaxamento do valor do erro para o teste estatístico, o esforço cognitivo continuou sendo semelhante quando os três tipos de visualização foram avaliados em um mesmo problema MCDM/A e o engajamento foi indicado como sendo menor para as tabelas apenas no problema mais complexo, 2A7C D (com pesos diferentes).

Com relação ao segundo grupo de comparações, foram observadas diferenças estatísticas para o gráfico de barras em F3 Theta e para os gráficos radar e tabela em P7 Alpha, quando foi investigado o incremento de critérios nos problemas MCDM/A, conforme apresentado na Tabela 54. As células preenchidas com traços (-) sugerem que diferenças estatísticas não foram observadas para a comparação do par, como observado para a comparação de 2A4C vs 2A5C tanto para os valores de Theta em F3 como de Alpha em P7.

Sendo assim, com base na Tabela 54 é possível perceber que para o gráfico de barras foi sugerido que um maior esforço cognitivo foi dispendido para avaliar o gráfico construído para representar o problema 2A7C D. Para as tabelas foi também observado um menor engajamento para avaliar aquela que representou o problema 2A7C D. Estes resultados são coerentes dado que 2A7C é a configuração mais complexa para os problemas desenvolvidos.

Tabela 54 –Diferença estatísticas observadas para α≤0,2

| Visualizações | Barra em F3 Theta | | Radar em P7 Alpha | | Tabela em P7 Alpha | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value | Qual o maior? | p-value |
| 2A4C vs 2A5C | - | - | - | - | - | - |
| 2A4C vs 2A6C | - | - | 2A4C | 0,11 | - | - |
| 2A4C vs 2A7C D | - | - | - | - | 2A7C D | 0,13 |
| 2A5C vs 2A6C | - | - | 2A5C | 0,17 | - | - |
| 2A5C vs 2A7C D | 2A7C D | 0,2 | - | - | 2A7C D | 0,1 |
| 2A6C vs 2A7C D | 2A7C D | 0,18 | 2A7C D | 0,19 | 2A7C D | 0,05 |
| 2A7C D vs 2A7C S | - | - | - | - | 2A7C S | 0,2 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Mais uma vez uma variação com relação as demais visualizações foi observada para as avaliações do gráfico tipo radar, onde menores engajamentos estiveram presentes na análise de problemas com menores números de critérios quando comparados a problemas com maiores números de critérios.

Por fim, para pesos iguais *versus* diferentes apenas uma diferença estatística foi observada indicando menor engajamento para avaliar tabela com pesos iguais.

#### 3.4.3.5 Análise descritiva usando *Box plot* para agregar valores de Theta, Alpha e o diâmetro da pupila para o caso de duas alternativas

A fim de complementar as análises estatísticas desenvolvidas para os valores de Theta e Alpha, devido ao baixo número de diferenças estatísticas encontradas, *Box Plots* foram desenvolvidos para comparar os valores de F3 em Theta e P7 em Alpha.

De acordo com o primeiro *Box Plot* desenvolvido, para F3 em Theta na comparação das formas de visualização dentro dos mesmos problemas, foi possível observar que para os problemas com quatro e cinco critérios, os valores de Theta foram maiores nos gráficos tipo radar. Já para os problemas com seis e sete critérios, os valores de Theta foram maiores nos gráficos de barras.

Para o *Box Plot* construídos para Alpha, apresentado no Apêndice H, foi observado que no problema com quatro critérios, maiores valores foram observados na avaliação da tabela. Já para o problema com cinco critérios foi observado um aumento dos valores de Alpha para o gráfico radar, indicando um desengajamento dos participantes durante a avaliação deste

gráfico. Para os problemas com seis e sete critérios, os valores de Alpha foram semelhantes para os três tipos de visualizações.

Para o segundo grupo de comparações, o qual investigou sobre a mudança dos valores de Theta e Alpha quando o número de critérios foi incrementado, foi observado um aumento nos valores de Thtea para os gráficos de barras e as tabelas. Esta observação é coerente dado que à medida que o número de critérios aumenta, mais complexo torna-se o problema. Já para os gráficos tipo radar foi possível observar um ligeiro decréscimo destes valores de Theta a medida que o número de critérios aumentou. Este resultado é diferente do anterior e, mais uma vez, destaca a falta de padrão observada, neste experimento, para a avaliação dos gráficos tipo radar.

Com relação aos *Box Plots* desenvolvidos para avaliar os valores de P7 em Alpha, para os gráficos de barras e as tabelas é possível observar valores semelhantes para os três primeiros problemas e um aumento destes valores para o último problema (2A7C). Esta observação é coerente visto que este é o problema mais complexo para os participantes avaliarem e apresenta menor HR tanto para o gráfico de barras e como para a tabela.

Para os valores de P7 em Alpha para o gráfico tipo radar é possível observar um aumento de desengajamento dos participantes principalmente nos problemas com número de critérios ímpares. Vale ressaltar que para o gráfico tipo radar a diferença entre o número de critérios pares e ímpares é menos perceptível do que em barras e tabelas visto que este é um polígono.

No entanto, apesar do desengajamento observado, os HRs destes gráficos, para estes problemas, não foram os mais baixos. Pelo contrário, para o problema 2A5C, o HR do gráfico radar foi o maior do experimento, devendo este problema precisa ser mais investigado por se tratar de uma exceção.

Para os problemas de pesos iguais *versus* pesos diferentes é possível perceber que os valores F3 em Theta mantiveram-se bem semelhantes para as três visualizações dentro de cada um dos problemas. Para a comparação dos problemas foi observado um menor esforço cognitivo para o gráfico de barras e a tabela para o problema com pesos iguais, o qual é um resultado coerente dado que estes problemas apresentam maiores HR podendo ser considerados como mais simples. Para o gráfico tipo radar os valores foram semelhantes.

Para os problemas de pesos iguais *versus* pesos diferentes para P7 em Alpha é possível perceber que os valores foram semelhantes para as três visualizações para pesos diferentes e que as tabelas tiveram maiores valores para pesos iguais, o qual já foi apresentado na análise acima como a única diferença estatística observada. Com relação à comparação dos

problemas foi observado um menor engajamento no gráfico de barras e radar para o problema com pesos diferentes quando comparado com pesos iguais.

Com relação aos valores de coeficiente de variação para o diâmetro da pupila foi possível observar uma queda destes valores para o gráfico de barras, com pesos diferentes, construído para representa o último problema. Já para as tabelas foi possível observar um crescimento dos valores à medida que o número de critérios foi incrementado; e para o gráfico tipo radar os valores foram semelhantes.

Para os problemas de pesos iguais *versus* pesos diferentes, com relação ao coeficiente de variação para o diâmetro da pupila, foi observado um crescimento nos valores para o gráfico de barras e uma diminuição dos valores para a tabela no problema com pesos iguais. Devido aos valores dos coeficientes estarem todos entre 0,95 e 1 é mais difícil observar diferenças nestes *Box Plots*.

#### 3.4.3.6 Correlação entre as variáveis e o HR

Da mesma forma que desenvolvido para o experimento 2, a correlação entre as variáveis RT, coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila, valores de F3 em Theta e P7 em Alpha foram correlacionados com os valores de HR, para cada uma das visualizações com duas alternativas. Os valores médios destas variáveis foram utilizados para a análise de correlação e estes foram calculados a partir dos dados dos respectivos Apêndices.

Com base nos valores de correlação encontrados foi observado que para o RT este valor foi bem baixo, quase próximo a 0, indicando uma falta de correlação entre o HR e o RT consumido para avaliar cada uma das visualizações.

Em comparação para a mesma correlação desenvolvida para o experimento 2, um valor de – 0.27 foi observado, sendo uma correlação mais alta e negativa com o HR observada para o experimento para a avaliação de gráfico de barras e tabelas.

Para a correlação do HR com o coeficiente de razão entre os diâmetros da pupila, um valor também próximo a 0 foi encontrado, porém para este caso sendo negativo. Em comparação a mesma correlação desenvolvida para o experimento 2, um valor de 0,40 foi encontrado, sendo neste caso, um valor de correlação bem mais alto e positivo.

Para a correlação de HR com os valores de potência cerebral, valores de correlação mais altos foram encontrados, porém todos negativos. Para este caso, os valores de correlação encontrados foram bem semelhantes ao do experimento 2, sendo eles iguais a -0,33 para F3 em Theta e -0,24 e -0,27 para P7 em Alpha.

Sendo assim, para estes valores de correlação, a intepretação para F3 em Theta é que o aumento do esforço cognitivo pode levar a redução dos valores de HR, e a intepretação para

P7 em Alpha é que o aumento do engajamento pode levar a um aumento do HR. Para ambas as interpretações, estas são coerentes, com relação a Theta, um aumento do esforço pode estar relacionado a dificuldade de análise de uma dada visualização, o que acarreta em maiores erros na seleção da melhor alternativa. Por outro lado, com relação aos valores de Alpha, uma diminuição nestes valores, a qual está relacionada a um aumento do engajamento, levam à maiores acertos.

#### 3.4.3.7 Diagrama de Quadrante Alpha- Theta para os Participantes

Uma análise diferente daquelas desenvolvidas no experimento 2 foi construída para combinar os valores de Theta e Alpha para o experimento com investigação de visualizações com duas alternativas.

Esta análise usou do diagrama de quadrantes Alpha-Theta para investigar padrões de comportamento dos participantes durante a avaliação das visualizações gráficas e tabulares no processo de tomada de decisão.

a) Análise Descritiva

Os diagramas de quadrantes foram construídos para cada um dos participantes que apresentaram valores adequados, após o processo de remoção de artefatos, para Theta e Alpha durante a análise das 22 visualizações pertencentes ao experimento 3.

Neste contexto, com base nas informações do Apêndice I foi possível observar, por meio de uma análise descritiva, a maioria dos participantes apresentou comportamento predominante em um ou dois quadrantes durante todo o experimento.

Mais especificamente foi observado que para 33% das visualizações avaliadas, os participantes apresentaram comportamento de diligência, e para 43% das visualizações avaliadas, os participantes apresentaram comportamento de envolvimento. Esse percentual indica, conjuntamente, que em aproximadamente 76% das avaliações, os participantes apresentaram os comportamentos esperados (diligência e envolvimento) durante o processo de tomada de decisão usando de visualizações gráficas e tabulares.

Sendo assim, os participantes foram divididos em oito classes de acordo com a quantidade de visualizações que estes apresentavam em cada um dos quadrantes. Todas as classes foram apresentadas e as características observadas com base nos questionários de informações pessoais e preferencias.

Com síntese das características observadas em cada uma das classes pode-se resumir que para comportamento de Diligência e Envolvimento, os participantes afirmaram não se sentirem exaustos ou sob muito estresse, também não fazerem uso de medicamento. Além disso, a maioria julgou o experimento como pouco cansativo. Já para o comportamento de

Relaxamento e Distribuído, o qual representou a falta de predominância de visualizações em dois quadrantes, foi observado a afirmação positiva sobre a exaustão durante o momento de realização do experimento e o uso de medicamento nas ultimas 8hs anteriores a realização do experimento. Estes participantes apresentaram variações no julgamento do experimento entre médio e muito cansativo.

b) Análise Estatística

Análises de correlação foram desenvolvidas para investigar os comportamentos identificados em cada um dos quadrantes com as informações pessoais, numéricas, dos participantes, sendo elas: idade, horas de sono, horário da última refeição.

Sendo assim, para a primeira correlação calculada, um valor de 0,09 foi observado podendo ser considerada a não existência de correlação entre a idade do participante e um perfil de comportamento predominante.

Para as informações sobre horas de sono dormidas na noite anterior a realização do experimento foi observada uma correlação positiva com o comportamento de Indefinição e Diligência, sendo a correlação mais alta para Diligência. Sendo assim, com base neste resultado foi observada que um maior tempo de sono esteve correlacionado a maior frequência de participantes que dispenderam de alto esforço cognitivo para a avaliação das visualizações.

Da mesma maneira, para Envolvimento e Relaxamento a correlação observada foi negativa, sendo nestes quadrantes valores negativos para Theta apresentados, indicando um menor esforço cognitivo. Sendo assim, com base nestas correlações, pode-se sugerir que quanto maior é o tempo de sono, menor é a frequência de comportamentos em quadrantes que sugerem baixo esforço cognitivo dos participantes, confirmado a constatação anterior.

Com relação a horário da última refeição, foi observada uma correlação negativa para Indefinição e Diligência, sugerindo que quanto maior a frequência de participantes considerados com estes perfis de comportamento, menor a quantidade de horas de alimentação. Da mesma forma que para horas de sono, em envolvimento teve-se uma correlação positiva, confirmando, mais uma vez, esta constatação.

Para a investigação das variáveis não numéricas, *Box Plots* foram construídos. Neste caso, as variáveis investigadas foram: Nível de escolaridade, Conhecimento prévio sobre MCDM/A, Sensação de exaustão ou Extremo Estresse, Uso de medicamentos analgésicos e Sexo. Estas informações estão apresentadas no Apêndice I.

Sendo assim, foi observado que para o nível de escolaridade sendo Graduação houve uma maior quantidade de visualizações avaliadas com base em comportamentos de Diligência e menor em Envolvimento. Já para os estudantes da Pós-Graduação foi observado o oposto.

Para os participantes que afirmavam estar exaustos ou sob muito estresse a frequência de comportamento Diligente caiu em relação àqueles que não afirmaram estar exaustos ou sob muito estresse. Esse resultado comprova o que já foi apresentado anteriormente na análise descritiva.

Para os participantes que afirmaram ter ingerido medicamentos nas últimas 8hrs anteriores a realização do experimento, foi observado um aumento na frequência de comportamento classificado como de Relaxamento.

Por fim, para participantes do sexo feminino foi observada uma maior frequência de comportamento Diligente, com mediana e quartil superior mais altos. Neste *Box Plot* tabém houve um crescimento da quantidade de visualizações avaliadas com comportamento de Relaxamento e Indefinição, representando um baixo engajamento das mulheres frente aos homens.

Ainda com relação à investigação do comportamento dos participantes, outra análise foi desenvolvida usando do teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon com $\alpha = 5\%$. Esta análise teve como objetivo investigar a relação entre a quantidade de visualização plotadas em cada um dos quadrantes com: a taxa de acertos que um dado participante teve nas visualizações pertencentes a cada um dos quadrantes, a média do coeficiente de variação pela *baseline* para diâmetro da pupila coletado para as visualizações pertencentes a cada um dos quadrantes e a média do tempo de resposta consumido na avalição das visualizações pertencentes a cada um dos quadrantes.

Com base nos resultados apresentados foi possível observar que diferenças destes valores foram observadas nas comparações Indefinição *versus* Diligência, Indefinição *versus* Envolvimento, Diligência *versus* Relaxamento e Envolvimento *versus* Relaxamento, apresentando maiores valores para os comportamentos Diligência e Envolvimento.

Sendo assim, com base nestes resultados os participantes que tiveram comportamento de Diligência e Envolvimento, durante a avaliação das visualizações, apresentaram maiores taxas de acertos, maiores coeficientes para o diâmetro da pupila e consumiram maiores tempos para investigá-las.

#### 3.4.3.8 Diagrama de quadrante Alpha- Theta para os problemas MCDM/A com duas alternativas

Sendo assim, devido à constatação de que os participantes apresentavam padrões de comportamento durante o experimento, diagramas de quadrantes Alpha-Theta foram construídos para cada uma das visualizações com duas alternativas com o objetivo de investigar os padrões observados durante a análise de cada uma destas visualizações.

Neste contexto, os valores de Theta e Alpha que cada um dos participantes apresentou durante a avaliação de uma dada visualização foram plotados nos diagramas de quadrantes, sendo possível verificar a quantidade de participantes localizados em cada um dos quadrantes, para cada uma das visualizações.

a) Análise Descritiva

Primeiramente a partir de uma análise descritiva foi observado que a maioria dos participantes apresentou comportamento de diligência e envolvimento, sendo os pontos apresentados nos quadrantes inferiores.

Tal resultado era-se de esperar devido à constatação de que a maioria dos participantes (76%), quando avaliados individualmente, apresentaram os comportamentos de diligência e envolvimento durante a análise das visualizações gráficas e tabulares.

Sendo assim, este resultado confirma que a maioria dos participantes agiu da maneira como desejávamos, apresentando esforço cognitivo e engajamento durante a atividade de tomada de decisão sobre qual seria a melhor alternativa, usando os conceitos do MAVT, em problemas de decisão MCDM/A representados por visualizações gráficas e tabulares.

Neste contexto, visando comparar de maneira mais concreta as formas de visualização, comparações percentuais da quantidade de participantes localizados em cada um dos quadrantes foram elaboradas a partir dos dados da Tabela 49, para os problemas com pesos diferentes, conforme apresentado na Tabela 55.

Devido a maior quantidade de comportamentos de diligência e envolvimento, estes foram os considerados para a discussão da Tabela 55. Com base na Tabela 55 observa-se que para o gráfico de barras e para as tabelas, a quantidade de participantes com comportamento de diligência foi mais baixa do que a quantidade de participantes com comportamento de envolvimento, para todos os problemas MCDM/A. Já para os gráficos tipo radar, a quantidade de participantes com comportamento de diligência foi maior nos problemas com número par de critérios.

Tabela 55 – Quantidade % de participante nos quadrantes para todos os problemas MCDM/A

| **Diligência** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
|---|---|---|---|---|
| Barras | 24% | 33% | 24% | 36% |
| Radar | 42% | 36% | 43% | 21% |
| Tabelas | 28% | 34% | 23% | 33% |
| **Envolvimento** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
| Barras | 45% | 50% | 48% | 36% |
| Radar | 39% | 39% | 40% | 48% |
| Tabelas | 47% | 43% | 49% | 39% |
| **Indefinição** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
| Barras | 21% | 6% | 21% | 12% |
| Radar | 6% | 15% | 9% | 21% |
| Tabelas | 9% | 11% | 17% | 12% |
| **Relaxamento** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
| Barras | 9% | 11% | 6% | 15% |
| Radar | 14% | 9% | 9% | 9% |
| Tabelas | 16% | 11% | 11% | 15% |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com relação à comparação do comportamento de diligência, para os três tipos de visualizações, é possível observar que para o gráfico de barras e a tabela há uma sequência de baixo-alto–baixo-alto no % de participantes, onde justamente os problemas com critérios ímpares apresentam uma subida na quantidade de participantes diligentes. Já para o caso do gráfico tipo radar essa sequência é oposta, alto-baixo-alto-baixo, onde se observa um aumento da quantidade nos problemas com número par de critérios.

Essa constatação para o tipo radar é interessante visto que para este gráfico fica mais vaga a diferenciação entre critérios pares e ímpares por este ser um polígono. Diferentemente dos gráficos de barras e tabelas onde é mais perceptível esta relação.

Para o comportamento de envolvimento, é possível observar que tanto nos gráficos de barras como em radar nenhuma sequência é observada, pelo contrário, no gráfico tipo radar a quantidade de participantes envolvidos é bem similar para os três problemas iniciais, independente do aumento do número de critérios. Já para o caso das tabelas, observa-se uma sequência alto-baixo-alto-baixo, onde a quantidade de participantes envolvidos é maior em problemas com número par de critérios.

Por fim, considerando a comparação de pesos iguais *versus* pesos diferentes tem-se que para gráfico de barras e radar há uma maior quantidade de comportamento de diligência em pesos diferentes do que pesos iguais; e uma maior quantidade de comportamento de envolvimento em pesos iguais. Para tabelas os valores de quantidade de comportamento observados foram bem similares, tanto para pesos iguais como para pesos diferentes.

b) Análise Estatística

Para esta análise o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon, com $\alpha = 10\%$, foi desenvolvido buscando investigar o comportamento dos participantes alocados em cada um dos quadrantes com relação à algumas variáveis, sendo elas: a taxa de acerto que os participantes obtiveram ao avaliar uma dada visualização em cada um dos quadrantes, a média do coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila que os participantes, alocados em cada um dos quadrantes, apresentaram ao avaliar uma dada visualização, e a média do tempo de resposta consumido pelos participantes alocados em cada um dos quadrantes para uma dada visualização.

Com base nos resultados das Tabelas 50 a 52 foi possível observar poucos casos onde houve diferenças estatísticas significativas entre os valores destas variáveis, isto é, poucos casos onde a hipótese nula, de semelhança entre os valores destas variáveis para a comparação dos quadrantes, entre si, foi rejeitada.

Com base nas comparações feitas para investigar se a taxa de acertos dos participantes com um perfil de comportamento, isto é, alocados em um dado quadrante, era maior que a taxa de acerto dos participantes com outro perfil de comportamento, apenas uma diferença estatística foi observada. Para este caso, esta diferença foi encontrada na comparação dos quadrantes Diligência *versus* Relaxamento, onde os participantes com perfil de Diligentes apresentaram maiores acertos do que os com perfil de relaxados para as visualizações observadas.

Este resultado encontrado é coerente dado que no quadrante de diligência os participantes apresentaram valores positivos para Theta em F3 e valores negativos para Alpha em P7, sendo considerados participantes que realizaram esforço cognitivo e estavam engajados durante a avaliação das visualizações.

Para as comparações desenvolvidas para investigar os valores de coeficiente para o diâmetro da pupila dos participantes alocados em cada um dos quadrantes para cada uma das visualizações, foi possível observar três diferenças estatísticas dentro das seis comparações realizadas. Para este caso, as comparações que apresentaram diferenças estatísticas foram: Indefinição x Envolvimento, onde os participantes alocados no quadrante Indefinição apresentaram maiores valores de coeficiente para o diâmetro da pupila; Diligência x Envolvimento, onde os participantes alocados no quadrante Diligência apresentaram maiores valores de coeficiente para o diâmetro da pupila e Envolvimento x Relaxamento, onde os participantes alocados no quadrante Relaxamento apresentara envolvimento apresentaram maiores valores de coeficiente para o diâmetro da pupila.

Este resultado também é coerente, dado que a presença de valores mais altos de coeficientes para os diâmetros das pupilas nos quadrantes Indefinição e Diligência indicam aumento da atividade mental (Porter et al., 2007, Laeng et al., 2012), a qual pode ser relacionado com valores positivos para Theta em F3, os quais indicam esforço cognitivo (de Loof et al. 2019, Wascher et al. 2014, Macdonald et al. 2011, Holm 2009, Klimesch et al. 2005).

No entanto, a indicação de maiores valores de coeficientes para participantes alocados no quadrante de Relaxamento não apresenta coerência, dado que neste quadrante os participantes apresentam baixos valores para F3 Theta e altos valores para P7 em Alpha.

Para a última comparação realizada, sendo esta com relação aos valores de RT, foi observada também apenas uma diferença estatística para a comparação de Indefinição x Diligência, onde os participantes alocados no quadrante Indefinição apresentaram maiores valores de RT, sendo considerados como aqueles que apresentaram esforço cognitivo para avaliar as visualizações, porém com baixo engajamento. Para este caso, este resultado também pode ser considerado coerente a partir da interpretação de que o baixo engajamento pode ter ocasionado um maior tempo de análise.

#### 3.4.3.9 Análise quantidade de acerto dos participates

Para esta análise foi considerada a quantidade de acertos que cada participante obteve no experimento na tentativa de explorar a relação desta variável com suas informações pessoais e suas variáveis coletadas pelos equipamentos de neurociência.

Primeiramente a correlação de Spearman foi desenvolvida para correlacionar a quantidade de acerto que cada participante obteve no experimento com suas informações numéricas pessoais. Para as variáveis coletadas pelos equipamentos de neurociência, foi calculada a soma dos coeficientes de diâmetro da pupila anteriormente encontrados para todas as visualizações que o participante avaliou, assim como a soma do tempo total que o participante consumiu para avaliar todas as visualizações, a soma total dos valores de Theta em F3 e Alpha em P7, conforme apresentado no Apêndice I.

Vale ressaltar que diferentemente da análise realizada anteriormente, nesta análise não foi desejado verificar a quantidade de visualizações alocadas a cada um dos quadrantes e a relação destas com as informações pessoais, mas a quantidade de acertos que o participante obteve no experimento como um todo.

Para a correlação entre total de acertos e idade uma correlação positiva e muito baixa foi observada, com valor de 0,09. Da mesma forma, este valor foi observado quando correlacionado o total de acertos com horário da última refeição, porém para este caso a

correlação foi negativa, indicando uma relação inversa entre maiores acertos e menor tempo de alimentação, conforme já observado acima.

Para as horas de sono foi observada uma correlação mais alta e positiva, sendo este resultado complementar ao anterior, onde participantes com comportamento diligente foram observados como sendo aqueles com maiores tempos de sono, e que as taxas de acertos dos participantes diligentes eram maiores que as dos demais. Sendo assim, para esta análise foi observado que quanto maior o tempo de sono, maior quantidade de acertos que um participante pode ter na atividade de indicação da melhor alternativa, não sendo este, porém, o único fator.

Para tempo de resposta total que o participante consumiu, foi observada uma correlação positiva, mostrando que quanto maior o tempo consumido do processo decisório, não sendo o único fator, maior a quantidade de acertos que um participante pode ter no processo. Para o diâmetro da pupila também foi observado uma correlação positiva apresentando maior diâmetro com maior quantidade de acertos, o diâmetro da pupila está relacionado à intensidade da atividade mental, sendo maior quando um maior esforço é realizado (Porter et al. 2007; Laeng et al. 2012).

Para os valores de F3 em Theta, uma correlação negativa foi encontrada, sendo incoerente com o aumento do diâmetro da pupila e a hipótese que maior esforço cognitivo levaria a maiores acertos. Para este caso, o aumento do esforço cognitivo, o qual pode estar relacionado à dificuldade encontrada para tomar a decisão, esteve relacionado a maiores erros no processo.

Por fim, para os valores P7 em Alpha, uma correlação positiva foi observada, indicando que maiores valores para Alpha, isto é relacionados ao desengajamento, levariam a maiores acertos. Tal resultado não é coerente, porém o valor de correlação observado também é bem mais baixo do que o observado para Theta, indicando uma relação fraca entre os valores de Alpha e a quantidade de acertos.

Com relação às informações pessoais não numéricas, *Box plots* foram desenvolvidos para investigar a quantidade de acertos obtidos pelos participantes agrupados em cada uma das categorias.

Com relação à quantidade de acertos e o nível de escolaridade, foi observado que os alunos de pós-graduação e graduação apresentaram mesmos valores para as medianas, sendo considerados semelhantes com relação a performance de acertos.

Com relação ao conhecimento sobre MCDM/A, os alunos que apresentaram conhecimento prévio, ou seja, já haviam assistido disciplinas sobre esse assunto

anteriormente, tiveram maior quantidade de acertos do que aqueles que não tinham conhecimento. Este resultado é coerente com o que era esperado.

Com relação à sensação de exaustão ou muito estresse, os alunos que não apresentara tal sensação obtiveram mais acertos no experimento. Assim como os participantes que não afirmaram ter ingerido medicamentos nas últimas 12h00 anteriores a realização do experimento. Tais resultados também são coerentes ao que era esperado. Por fim, com relação ao sexo dos participantes, os homens apresentaram maior quantidade de acertos que as mulheres.

#### 3.4.3.10 Análise do questionário para coleta de informações preferenciais

a) Análise Questão 1

A questão 1 investigou se os participantes haviam achado o experimento cansativo. Para responder a esta questão os participantes usaram a escala de três pontos, com resposta variando de muito, médio e pouco cansativo. Sendo assim, por uma análise descritiva, foi observado que aproximadamente 50% os participantes julgaram o experimento como sendo "médio cansativo".

Neste contexto, *Box Plots* foram construídos para investigar as variáveis fisiológicas dos participantes alocados em cada um dos três grupos, sendo elas: soma de Theta em F3, soma de Alpha em P7, soma do coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila e soma RT.

Para o primeiro *Box plot* desenvolvido, com relação ao valor de potência em F3 para Theta, foi observado que maiores esforços cognitivos foram consumidos por participantes que julgaram o experimento como sendo muito cansativo. Da mesma forma, maiores desengajamentos foram observados em participantes que julgaram o experimento como pouco cansativo, e posteriormente pelos que julgaram como muito cansativo.

Para os coeficientes de diâmetro da pupila, o *Box plot* construído apresentou, nitidamente, um decréscimo destes coeficientes à medida que as respostas foram passando de muito para pouco cansativo.

Por fim, para o tempo de resposta, os participantes que julgaram o experimento como muito cansativo também apresentaram maiores tempos. Sendo assim, os *Box Plots* para F3 em Theta, coeficiente de variação para o diâmetro da pupila e RT encontram-se alinhados com maiores valores para os participantes que julgaram o experimento como muito cansativo.

b) Análise Questão 7

A questão 7 investigou sobre qual foi, de maneira geral, o grau de imprecisão em que os participantes responderam as perguntas sobre qual era a melhor alternativa nas

visualizações gráficas e tabulares. Para responder a esta questão, os participantes também usaram a escala de três pontos, com respostas variando de muito, médio e pouca imprecisão.

Da mesma forma que para Q1, *Box Plots* foram construídos com base nas variáveis de potência cerebral, diâmetro da pupila e tempo de resposta.

Sendo assim, com base na análise dos *Box Plots* foi possível perceber que os participantes que afirmaram ter apresentado um alto grau de imprecisão nas respostas dispenderam de maior esforço cognitivo para avaliar as visualizações. Por outro lado, aqueles participantes que afirmaram ter tido um baixo grau de imprecisão para responder as perguntas apresentaram maiores níveis de desengajamento e maiores tempos de resposta. Uma suposição é de que tais participantes por serem bastante rígidos em suas respostas, além de consumirem mais tempo de análise ficaram desengajados com a atividade requerida.

c) Análise Questões 5 e 6

Por fim, a última análise desenvolvida investigou as respostas fornecidas as questões 5 e 6 e a quantidade de acertos dos participantes. Estas questões foram muito importantes pois coletaram as preferência dos participantes com relação a melhor visualização para avaliar os problemas MCDM/A e a visualização mais difícil para avaliar os problemas MCDM/A. Para este caso as respostas foram as três visualizações investigadas, gráfico de barras, gráfico tipo radar e tabelas.

Para os *Box Plots* desenvolvidos foi considerada a soma da quantidade de acerto dos participantes para as três formas de visualização de mesmo tipo, sendo o valor máximo desta soma, igual a cinco caso o participante tivesse acertado as cinco visualizações construídas para representar os cinco problemas MCDM/A.

Com base na preferência dos participantes sobre qual seria a melhor visualização para avaliar, foi observado que para os participantes que escolheram o gráfico de barras como o melhor para avaliar, apresentaram uma maior quantidade de acertos nos gráficos de barras, com a mediana igual ao quartil superior. Com base neste primeiro *Box Plot* é observado que, de fato, os participantes que preferem o gráfico de barras tem uma melhor performance nele.

Já para o segundo *Box Plot*, com os participantes que preferiram o gráfico tipo radar, foi observado que aqueles que preferem este gráfico não tem melhor desempenho nele, havendo mais acertos para o gráfico de barras. Tal resultado é crítico, quando se nota que para o gráfico de barras a distribuição de acertos é assimétrica com tendência para acertos, e por outro lado, a distribuição de acertos para o gráfico tipo radar é um pouco assimétrica com tendência para erros.

Além disso, vale ressaltar que apenas oito participantes preferiram o gráfico tipo radar como o melhor para avaliar problemas MCDM/A. Este resultado auxilia na confirmação da falta de padrão e incoerências observadas em algumas das análises desenvolvidas quando o gráfico tipo radar foi investigado.

Para os participantes que preferiram as tabelas, estes também tiveram melhor desempenho nas tabelas e, posteriormente, no gráfico tipo radar, sendo um caso específico visto que, como comentado, os participantes apresentam desempenho desfavorável quando avaliaram o gráfico tipo radar.

Com relação ao segundo conjunto de *Box Plots* construídos, usando como base a Q6 sobre qual seria a visualização mais difícil de avaliar, foi observado que aqueles participantes que afirmaram que a visualização mais difícil foi o gráfico de barras, não apresentaram desempenho desfavorável quando comparado aos demais. No entanto, é observada uma grande variância na distribuição dos acertos quando comparada com as distribuições do gráfico tipo radar e da tabela.

Já aqueles participantes que afirmaram que as visualizações mais complexas eram o gráficos tipo radar ou tabelas, de fato, apresentaram desempenho desfavorável nestas duas visualizações, sendo o gráfico de barras aquele que apresentou maior quantidade de acertos, conforme já comentado na análise do HR.

## 3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS PARA OS EXPERIMENTOS

De forma a sintetizar os resultados encontrados para as análises desenvolvidas sobre as variáveis comuns aos dois experimentos, sendo elas o HR, RT, coeficinte de variação pela baseline e potências cerebrais, as Tabelas 56 e 57 foram construídas. Com relação aos resultados para os diagrama de quadrantes Alpha-Theta desenvolvidos para os participantes e as visualizações, no experimento 3, estes foram sintetizados na Tabela 58.

Tabela 56 –Síntese dos resultados para o Experimento 2

| Variáveis | Mesma visualização com pesos iguais x diferentes | Gráfico de Barras x Tabelas | | Correlação com HR |
|---|---|---|---|---|
| | | Pesos Iguais | Pesos Diferentes | |
| HR | HR maior para visualizações com pesos iguais | HR semelhantes | HR maior para as tabelas | - |
| RT | RT maior para visualizações com pesos iguais | RT maior para tabelas | RT maior para tabelas | -0,27 |
| Coeficiente Pupila | Coeficientes da pupila maior para visualizações com pesos iguais | Coeficiente da pupila maior para tabelas | Coeficientes da pupila semelhantes | 0,40 |
| F3 em Theta | Para o problema 4A4A com α=7%, a tabela com pesos diferentes apresentou maiores valores para Theta | - | - | -0,33 |
| P7 em Alpha | Para os problemas 3A4A e 4A4A com α=5%, a tabela com pesos diferentes apresentou maiores valores para Alpha | Para os problemas 3A4A com α=5%, o gráfico de barras apresentou maiores valores para Alpha | - | -0,24 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 57 –Síntese dos resultados para o Experimento 3

| Variáveis | Comparação das visualizações nos problemas MCDM/A | Mesma visualização quando aumenta-se o número de critérios nos problemas com pesos diferentes | Comparação de Pesos Diferentes x Iguais em 2A7C | Correlação com HR |
|---|---|---|---|---|
| HR | HR maiores para o gráfico de Barras | HR decresce quando o número de critérios aumenta, exceção parao problema 2A5C | HR maiores para pesos iguais | - |
| RT | RT maiores para o gráfico tipo radar, seguido por tabela e por fim barras | Para tabelas nota-se um aumento do RT quando problemas com número de critérios par são avaliados | - | 0,09 |
| Coeficiente Pupila | Coeficientes da pupila maiores para o gráfico de barras | - | - | -0,06 |
| F3 em Theta | - | Maiores valores de Theta para barras no problema 2A7C quando comparado com barras nos problemas 2A5C e 2A6C | - | -0,33 |
| P7 em Alpha | Maiores valores de Alpha para a tabela no problema 2A7C D quando comparada com barras e radar | Maiores valores de Alpha para a tabela no problema 2A7C quando comparada com as tabelas nos demais problemas | Maiores valores de Alpha para a tabela com pesos iguais | -0,27 |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Tabela 58 – Síntese para análise de diagrama de quadrantes Alpha-Theta

| Análises | Participantes | Visualizações |
|---|---|---|
| Análise Descritiva | Participantes com comportamentos definidos ao longo do experimento, maioria das visualizações alocadas nos quadrantes de diligência e envolvimento. | Visualizações com participantes alocados nos quadrantes de diligência e envolvimento. |
| | 8 classes definidas; participantes considerados diligentes e envolvidos não afirmaram estar exaustos ou sob estresse e também não haviam feito uso de medicamento nas 8hrs anteriores. | Tabelas com maior percentual de participantes envolvidos e Gráficos tipo radar com maior percentual de participantes diligentes, em problemas com número par de critérios. |
| Análise de Correlação com as informações pessoais | Correlação positiva entre horas de sono e maior quantidade de participantes diligentes e envolvidos.<br>Correlação negativa entre horário da última refeição e maior quantidade de participantes diligentes e envolvidos | - |
| Análise de Wilcoxon | Valores estatisticamente maiores para taxa de acerto, coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila e RT para participantes considerados diligentes e envolvidos. | Poucas diferenças estatísticas observadas. Taxa de acerto maiores para participantes diligentes (vs relaxados), coeficiente maiores para participantes com valores positivos de Theta (diligentes e indefinidos) e RT maior para participantes indefinidos (vs diligentes) |

Fonte: esta pesquisa (2020).

Com base na Tabela 56 observa-se que, para as visualizações com pesos iguais, os valores de HR, RT e Coeficientes de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila foram maiores para visualizações com pesos iguais.

Para HR e RT este resultado não é apoiado pelo resultado de correlação, onde um valor de -0,27 foi observado. No entanto, ele é apoiado pela conclusão do experimento 1, conforme já comentado acima, onde em situações de pesos diferentes os decisores realizavam mais fixações nos critérios de maior peso, da esquerda para a direita, e em situações de pesos iguais, talvez precisem avaliar uma maior quantidade de critérios para selecionar a melhor alternativa.

Para HR e Coeficiente da pupila este resultado é apoiado pelo resultado da correlação, onde um valor de 0,4 foi encontrado, indicando aumento nas duas variáveis conjuntamente.

Quando comparado tabelas e gráficos de barras foi observado HR semelhantes entre estas visualizações; um maior esforço cognitivo e desengajamento na avaliação de tabelas com pesos diferentes, quando comparadas a tabelas de pesos iguais; e um menor engajamento na avaliação de gráficos de barras com pesos iguais quando comparados a tabelas com pesos iguais.

Com base na Tabela 57 é possível observar que o HR e o Coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila foram maiores para os gráficos de barras. Tal resultado pode ser interpretado como o aumento da atividade mental, indicada pelo aumento nos coeficientes de diâmetro da pupila (Porter et al.,2007; Laeng et al.,2012), podem estar ocasionando maiores valores de HR para estes gráficos, quando comparados com as outras formas de visualização.

Além disso, é possível observar que este resultado é oposto ao RT, onde nas mesmas comparações para gráfico de barras *versus* radar e gráficos de barras *versus* tabelas, os valores de RT foram maiores para os gráficos tipo radar e para as tabelas, ao invés de para os gráficos de barras. Para este resultado a interpretação pode estar associada a menor familiaridade dos decisores com as outras duas formas de visualização.

Considerando as correlações desenvolvidas entre estas duas variáveis e o HR, valores baixos, próximos a zero foram encontrados, não podendo ser tirada nenhuma conclusão sobre a relação entre estas variáveis e o HR com base na análise de correlação.

Para a correlação de HR com os valores de potência cerebral, nos dois experimentos, foram observados valores mais altos e negativos. Sendo assim, para estes valores de correlação, a intepretação para F3 em Theta pode estar relacionada a um aumento do esforço

cognitivo (da dificuldade nas operações mentais) estando associado a dificuldade de avaliação das visualizações e levando a redução dos valores de HR. E, na mesma conjuntura, P7 em Alpha pode estar relacionada a uma diminuição do engajamento, a qual pode levar a uma redução dos valores de HR.

No próximo Capítulo, alguns dos resultados apresentados neste capítulo são aplicados para gerar recomendações permitindo a modulação do processo decisório de avaliação holística, usando de visualização gráficas e tabulares, para o método FITradeoff, na problemática de escolha e na problemática de ordenação.

# 4 USO DE NEUROCIÊNCIA PARA MELHORIA DO PROCESSO DECISÓRIO COM O FITRADEOFF E DO DESENHO DO SAD

Nesse Capítulo, os resultados dos experimentos mostrados no Capítulo 3 são aplicados para modular a tomada de decisão multicritério com visualização gráfica e tabular, com o uso do método FITradeoff.

Essa modulação se dá em duas dimensões:

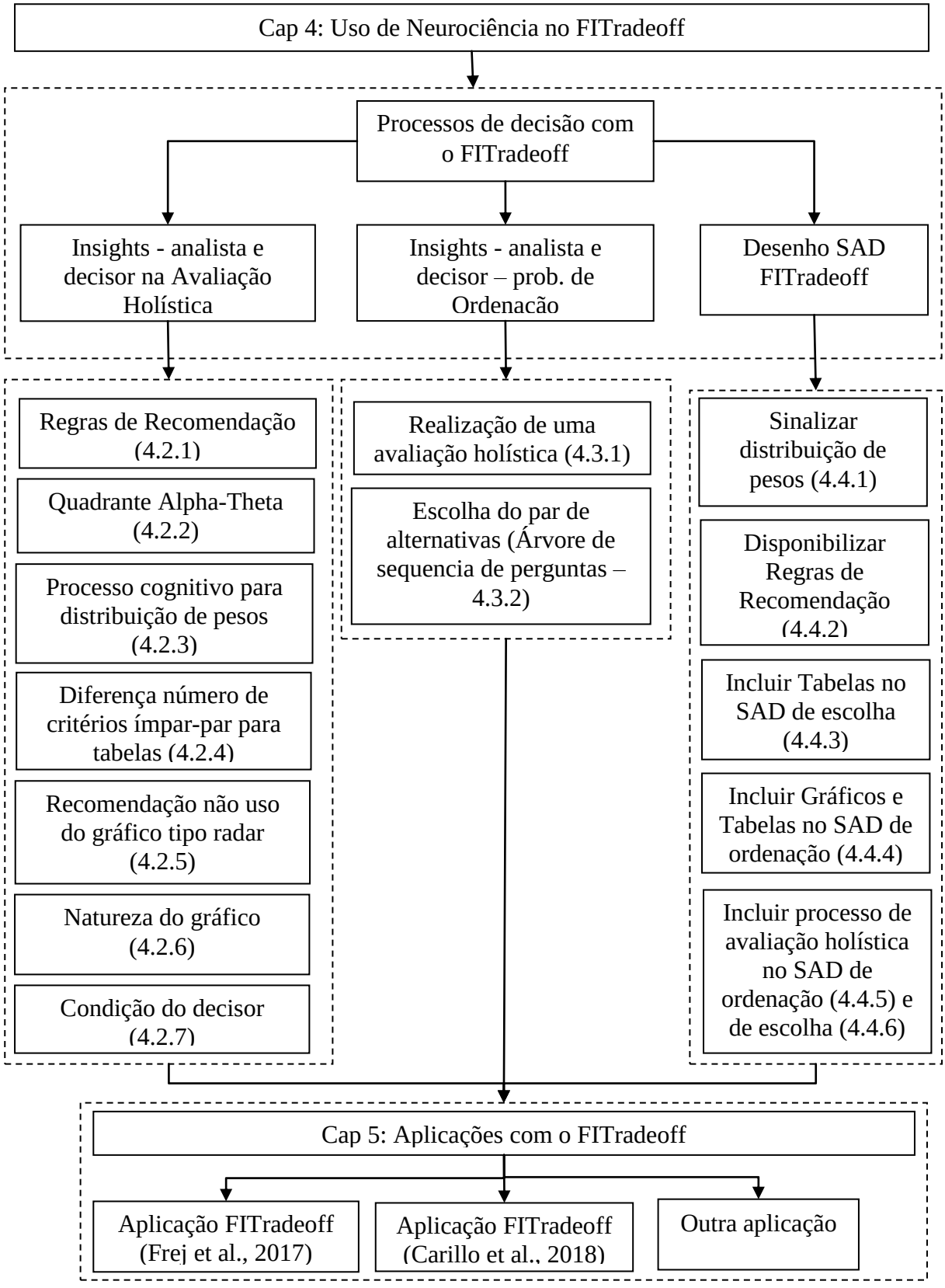
- Melhoria do processo decisório com o FITradeoff
- Melhoramentos no Desenho de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD)

A melhoria do processo decisório é efetuada na modelagem de preferência, com avaliação holística por parte do decisor. Essa melhoria é proposta nesse trabalho por meio da geração de insights para a interação entre analista e decisor. Ou seja, regras, procedimentos e orientações são fornecidos nesse Capítulo para que o analista possa melhorar as recomendações que proporciona ao decisor. Isso contribui sobremaneira nessa interação analista-decisor, contribuindo assim para a qualidade do processo decisório.

Os melhoramentos no SAD consistem em aspectos que envolvem o Desenho do próprio SAD, bem como algumas implementações no algoritmo do SAD do FITradeoff. Além disso, alguns menus são estrategicamente sugeridos, de modo a facilitar a atividade do analista com informações relevantes para seu processo de interação com o decisor.

A Figura 21 apresenta de forma conjunta todo o conteúdo deste capítulo, destacando essas duas vertentes acima, e incluindo num caso especificidade um bloco para o caso da problemática de ordenação. Para facilitar a leitura deste Capítulo, os blocos contém o número do subitem correspondente. Neste sentido a Figura 21 fornece uma síntese deste capítulo cuja opção foi de ser apresentada no início deste capítulo, diferentemente dos demais capítulos onde a síntese foi apresentada ao final deles.

Figura 21 – Fluxograma com escopo da tese




Fonte: Esta pequisa (2020).

## 4.1 PROCESSOS DE DECISÃO COM O FITRADEOFF

Os processos decisórios com o uso do FITradeoff, tanto para problemática de escolha, quanto para problemática de ordenação, são apresentados neste item destacando aspectos necessários e diretamente ligados ao objeto deste Capítulo, o qual se refere à melhoria do processo decisório com avaliação holística.

### 4.1.1 Processo decisório para problemática de escolha

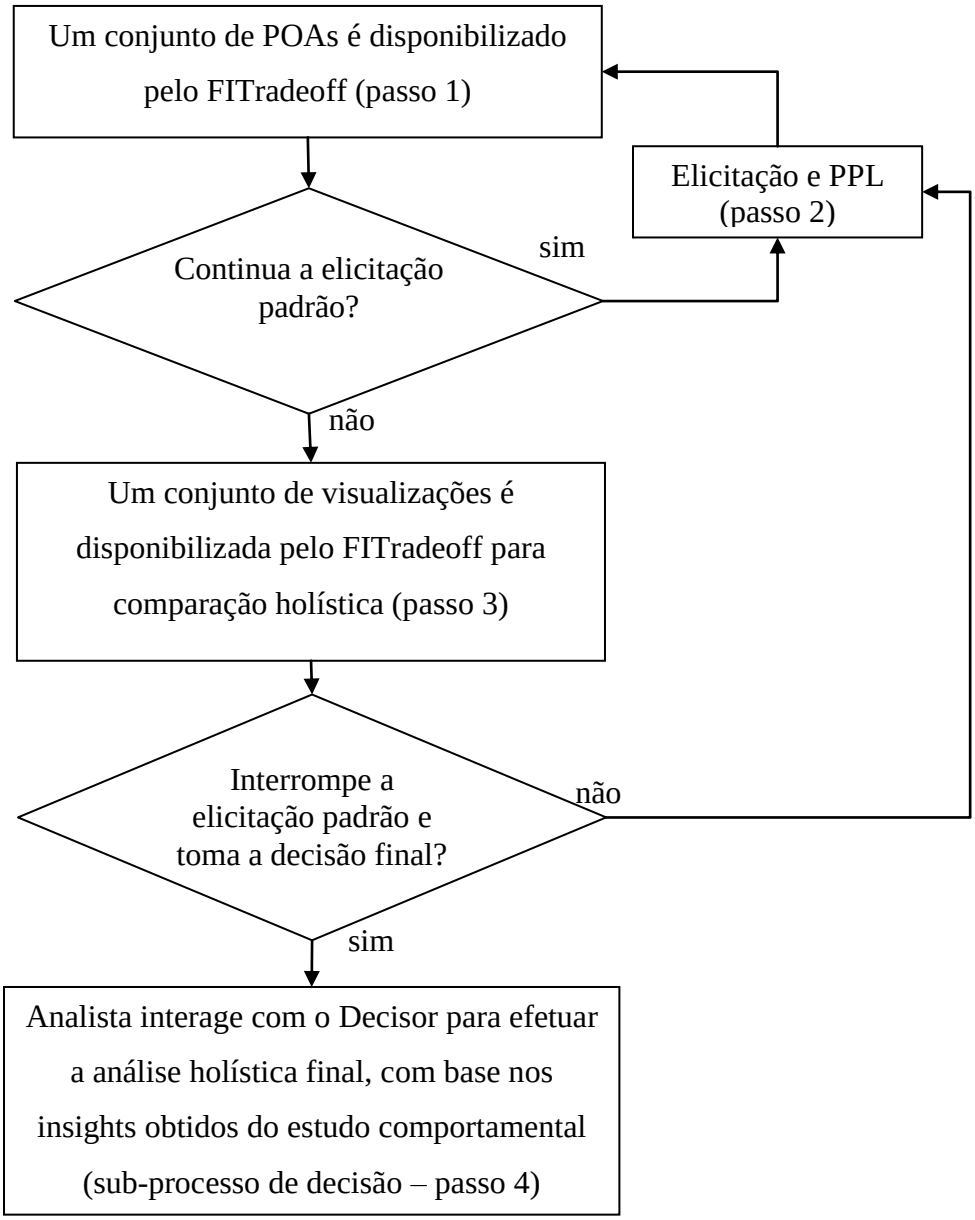
O FITradeoff, com sua flexibilidade, tem duas formas de desenvolver o processo de análise para a tomada de decisão. A primeira consiste em desenvolver o processo padrão de elicitação por decomposição (de Almeida, 2020), respondendo as questões de comparação à critérios adjacentes, por meio de consequências específicas, até que o conjunto de alternativas potencialmente ótimas (POA) seja reduzido a um alternativa. A segunda forma consiste em interromper o processo de elicitação e efetuar uma análise holística utilizando as visualizações, objeto desse estudo, para sua decisão final (de Almeida et al, 2016).

Tem-se assim, um sub-processo de decisão no qual o analista apoia o decisor sobre efetuar ou não essa interrupção da elicitação padrão e tomar a decisão final com base na avaliação holística. A Figura 22 posiciona esse sub-processo de decisão para interrupção da elicitação e decisão final holística no processo de decisão geral do FITradeoff.

Este sub-processo de decisão apresenta primeiramente a disponibilização das POAs para o decisor (passo 1). O conjunto inicial de POAs é composto por todas as alternativas do problema, este conjunto vai sendo reduzido a partir das expressões de preferência do decisor.

As preferências dos decisores são coletadas pelas respostas dadas as perguntas do SAD, e são traduzidas em inequações. Para cada uma das respostas dadas sobre comparações de consequências, inequações são construídas e inseridas no programa de programação linear (PPL) como restrições, conforme apresentado no passo 2. Este programa é então atualizado a cada resposta fornecida pelo decisor, e com base nele algumas alternativas vão sendo eliminadas.

Figura 22 – Posicionamento do sub-processo de decisão para escolha




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Sendo assim, a medida que o conjunto de POAs vai sendo reduzido, o decisor pode avaliar se deseja continuar respondendo as perguntas de comparação ou se deseja avaliar as alternativas remanescentes, usando as visualizações gráficas, conforme apresentado em "Continua a elicitação padrão?".

Caso o decisor deseje continuar o processo de elicitação, então mais comparações serão apresentadas e ele continuará respondendo a tais comparações (passo 2). Caso o decisor deseje avaliar as alternativas remanescentes usando as visualizações gráficas, os três gráficos presentes no SAD serão disponibilizados para avaliação, sendo eles: gráfico de barras, gráfico

tipo radar e gráfico de bolhas. Esta etapa é apresentada em “Um conjunto de visualizações é disponibilizado pelo FITradeoff para comparação holística” no passo 3.

A partir da avaliação holística dos gráficos, o decisor pode sentir-se satisfeito com a performance de uma dada alternativa e definir que esta será a alternativa de seu problema. Sendo esta etapa representada em “Interrompe a elicitação padrão e toma a decisão final?”.

Neste momento, o analista interage com o decisor apresentando as chances de que a melhor alternativa seja selecionada usando tal visualização (passo 4). Essa recomendação pode ser positiva ou negativa, e cabe ao analista apresentar as informações sobre as taxas de acerto e demais aspectos comportamentais relevantes sobre as visualizações, obtidos com base nos resultados dos experimentos de neurociência. Sendo esta etapa apresentada em “Analista interage com o Decisor para efetuar a análise holística final, com base nos insights obtidos do estudo comportamental”.

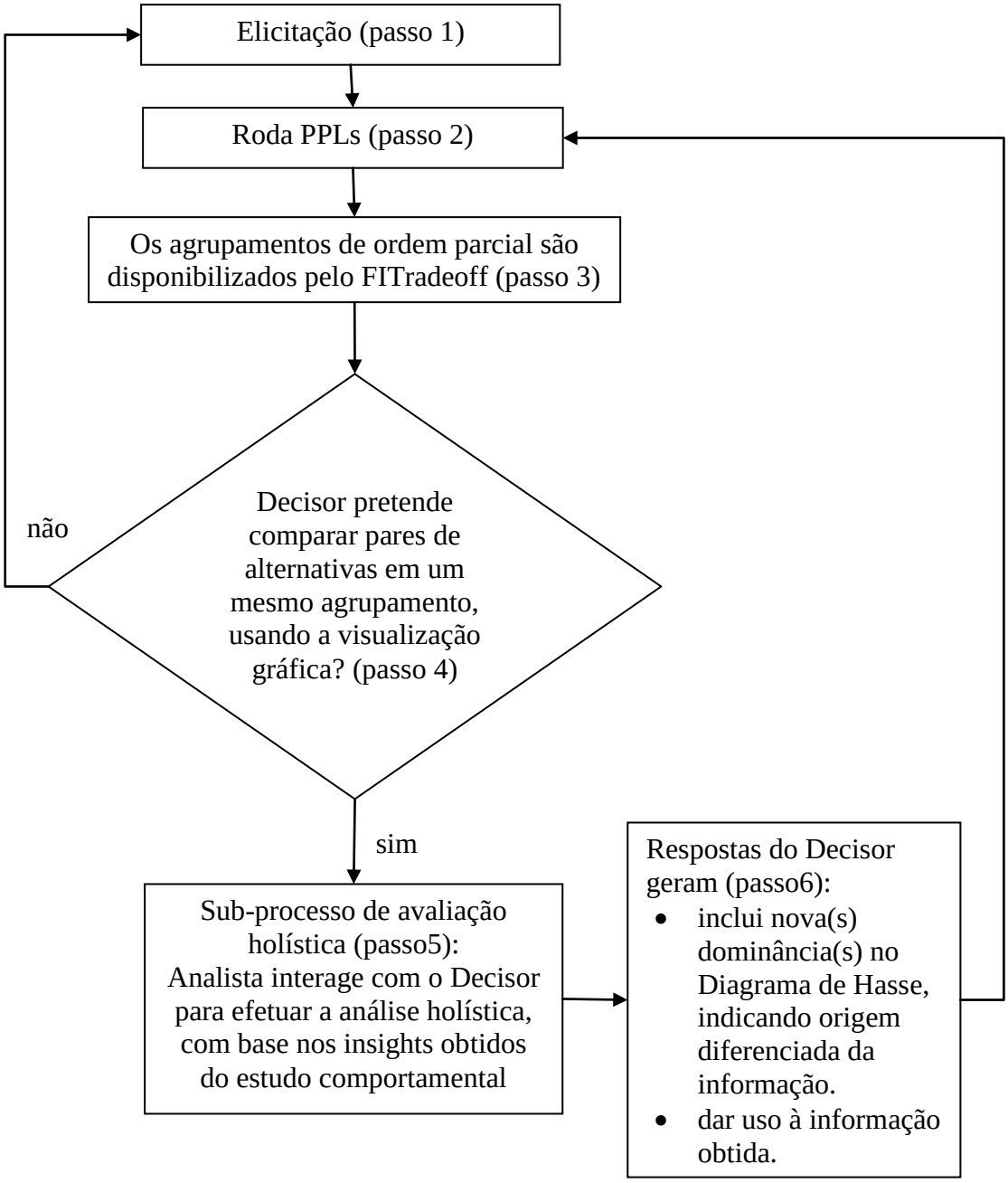
Sendo assim, caso o decisor deseje selecionar a alternativa final com base na interação com o analista, o processo decisório é finalizado. Por outro lado, se o decisor não desejar selecionar a alternativa final usando as visualizações, o processo continua com as comparações das consequências pelo processo de elicitação (passo 2), onde o modelo será atualizado até que uma solução final ser definida.

### 4.1.2 Processo decisório para problemática de ordenação

Da mesma forma que no FITradeoff de escolha, o FITradeoff de ordenação, pode usar as duas formas de desenvolver o processo de análise para a tomada de decisão, sendo nesse caso de forma integrada. Ou seja, o processo padrão de elicitação (Frej et al, 2019), que gera os agrupamentos das alternativas incomparáveis até a ordenação final do conjunto de alternativas, pode ser complementado interativamente pela análise holística utilizando as visualizações, para a geração dos agrupamentos de ordem parcial, a cada etapa do processo.

A Figura 23 mostra como esse sub-processo recorrente de interação da elicitação e da avaliação holística pode ser desenvolvido no processo de decisão geral do FITradeoff de ordenação. Uma descrição desse processo é apresentada a seguir e ilustrado por meio de um exemplo em um problema de seleção de fornecedor, no subitem seguinte.

Figura 23 – Posicionamento do sub-processo de decisão para ordenação




Fonte: Esta pesquisa (2020).

No início do processo decisório, todas as alternativas encontram-se em uma mesma posição ou agrupamento dentro do ranking. A partir das relações de preferência expressas pelo decisor dentro do processo padrão de elicitação, relações de dominância são construídas entre as alternativas e o número de agrupamentos dentro do ranking começa a aumentar, formando uma ordem parcial com grupos de alternativas em cada uma destas posições. Neste contexto, a cada resposta dada para as comparações de consequências no SAD, inequações

são construídas e entram no PPL como restrições. Isso é apresentado nas três primeiras etapas na Figura 23 (destacando: “Os agrupamentos de ordem parcial são disponibilizados pelo FITradeoff”).

Entre diferentes questões no processo de elicitação, o decisor poderá efetuar avaliações holísticas de pares de alternativas em um mesmo agrupamento, as quais são consideradas incomparáveis com o corrente conjunto de informações preferenciais, obtidas no processo de elicitação.

Neste momento, o decisor pode utilizar das visualizações gráficas para avaliar algumas alternativas dentro dos grupos. Por exemplo, o decisor pode, com base nas visualizações, avaliar duas alternativas que são incomparáveis dentro de uma posição do ranking. Esta etapa é representada por “Decisor pretende comparar pares de alternativas em um mesmo agrupamento, usando a visualização gráfica?”.

Caso o decisor se sinta confortável, ele pode expressar preferências sobre estes pares de alternativas num mesmo agrupamento, sendo esta etapa representada na Figura 23 como “Sub-processo de avaliação holística”.

As preferências expressas com base nas visualizações são usadas para atualizar a ordenação das alternativas. Sendo assim, a etapa de visualização gráfica e o processo de elicitação atuam conjuntamente avaliando a relação de alternativas até que uma ordem parcial ou completa, desejada pelo decisor, seja definida.

O detalhamento do “Sub-processo de avaliação holística” e etapa subsequente a ele, com a apresentação de novas restrições para o PPL e novas relações de dominância expressas no Diagrama de Hasse, são detalhados e exemplificados no item seguinte.

## 4.2 INSIGHTS PARA A INTERAÇÃO ENTRE ANALISTA E DECISOR NA AVALIAÇÃO HOLÍSTICA

Nesta seção são apresentados vários insights para o processo de interação entre o analista e o decisor para a realização da Avaliação Holística, usando as visualizações gráficas ou tabulares, para qualquer que seja a problemática, uma vez que em todas as problemáticas, onde se busca modelagem de preferências, sua avaliação holística será similar.

A similaridade está no fato de que o decisor fará comparação entre certa quantidade de alternativas, sendo em alguns casos em particular envolvendo um par de alternativas.

Outra similaridade na modelagem de preferências com avaliação holística está em sua aplicação para decisão com um decisor individual ou para um grupo de decisores. Nesse

último caso, o processo se desencadeia usualmente para cada em separado, sendo assim os resultados desenvolvidos se aplicam a ambos os casos.

### 4.2.1 Geração de regras para o uso das visualizações com base em seu nível de confiança

Os HR encontrados nos experimentos de neurociência permitiram estabelecer probabilidades de acertos $\pi$ e variâncias $\sigma^2$ para várias situações, estes HR constituem um importante insight para o analista a medida que possibilitam o desenvolvimento de regras de recomendações para apoiar o analista no processo de aconselhamento junto ao decisor, durante o processo decisório.

Com base nestas probabilidades de acertos e variâncias (ou considerando o desvio padrão $\sigma$), o analista pode aconselhar o decisor a continuar o processo de elicitação por decomposição (de Almeida 2020), ou a se utilizar das visualizações gráficas ou tabulares para selecionar uma das alternativas apresentadas nos gráficos e tabelas (de Almeida & Roselli, 2017).

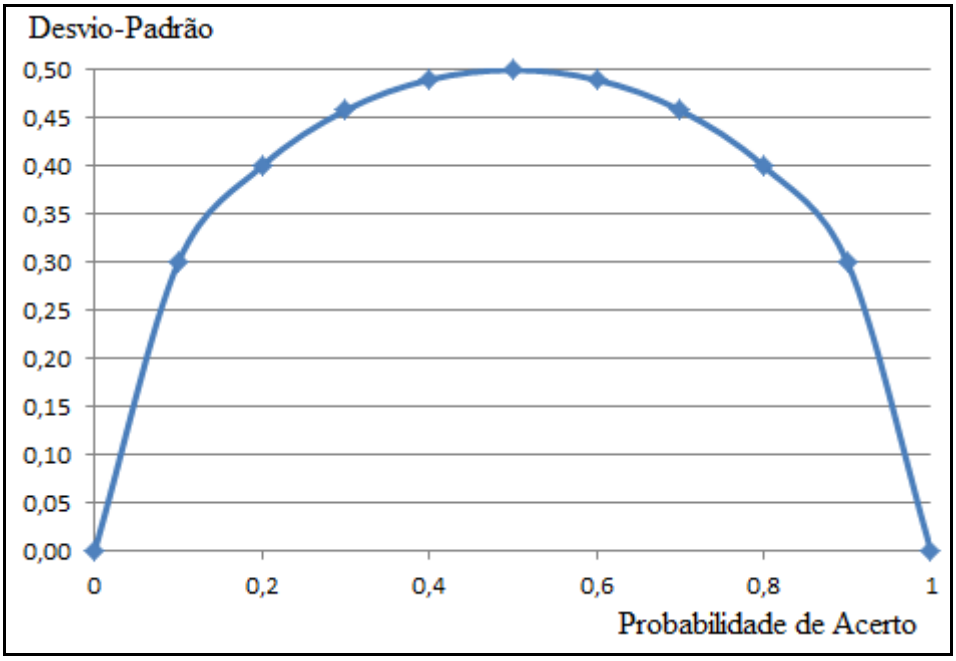
Em relação aos valores de HR, para cada participante, os valores foram 0, se a alternativa errada fosse escolhida, ou 1, se a alternativa correta fosse selecionada, não sendo possível subtrair esses valores e aplicar o teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon, como realizado para RT.

Portanto, a fim de reforçar as recomendações do analista sobre o uso de uma dada visualização, o desvio padrão do processo foi investigado. A partir do estudo das distribuições de probabilidade discretas, foi observado que a probabilidade de acerto para esse tipo de processo de decisão segue uma distribuição de Bernoulli, sendo o HR o estimador para essa porcentagem de sucesso (probabilidade de acerto, $\pi$), quando apenas um ensaio é realizado, visto que para cada visualização, os participantes têm apenas uma chance de selecionar a melhor alternativa (Montgomery et al., 2000).

Sendo assim, com base nessa distribuição, o desvio padrão ($\sigma$) foi calculado para um caso geral, onde as probabilidades de acerto ($\pi$) num intervalo de 0 a 1 (podendo ser referido por ‘0% a 100%’) foram consideradas, permitindo obter os valores de desvio padrão $\sigma$ em função de $\pi$ (Montgomery et al., 2000), apresentado na Figura 24, conforme equação (4)

$$\sigma = \sqrt{\pi(1-\pi)} \tag{4}$$

Figura 24 – Gráfico de desvio-padrão encontrado para os valores de HR

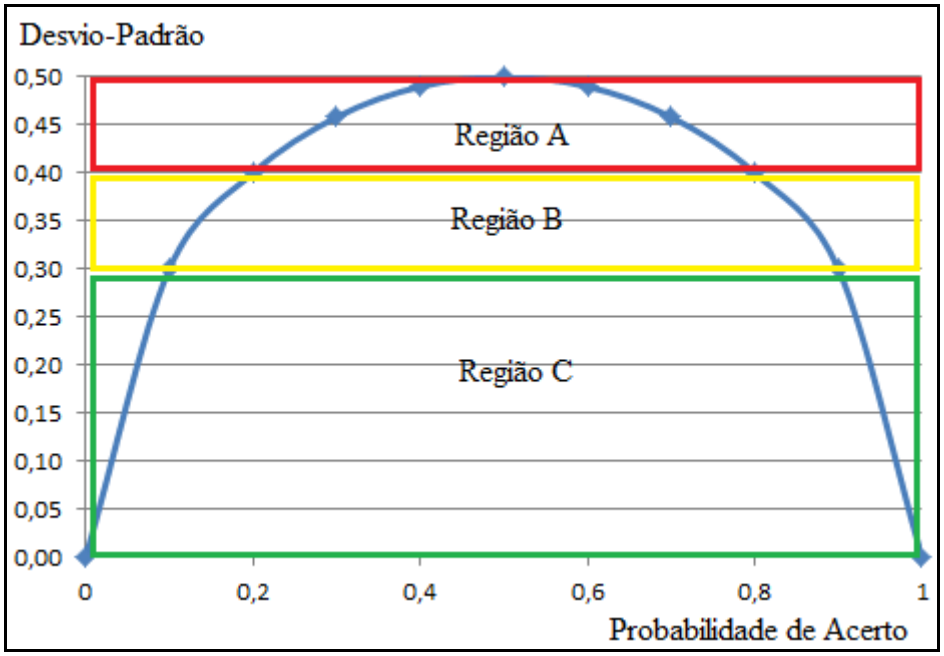



Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com base na Figura 24 pode-se observar que, para valores de probabilidades de acerto, $\pi$ extremos, o desvio padrão $\sigma$ tem valores menores. Por outro lado, para os valores de $\pi$ centrais, em torno de 0,5, o desvio padrão é maior. Sendo assim, esta métrica pode apoiar o analista nas recomendações, uma vez que, para maior $\pi$ ou menor $\pi$, o analista pode recomendar fortemente o decisor a aceitar ou rejeitar uma visualização com base na pequena variabilidade para os valores de $\sigma$ observados. Por outro lado, para valores de $\pi$ entre 0,4 e 0,6 o analista pode aconselhar o decisor a ter mais cautela, sendo mais sensato não utilizar a visualização para a tomada de decisão, visto que a variabilidade do valor de $\sigma$ é bastante alta.

Sendo assim, a partir dos valores encontrados para o desvio-padrão, foi possível desenvolver uma regra de recomendação a ser seguida pelo analista ao interagir com o decisor. Esta regra foi desenvolvida com a definição de três regiões na curva de desvio-padrão, conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 25–Três regiões definidas no gráfico de desvio-padrão




Fonte: Esta pesquisa (2020).

A Região A pode ser vista como uma região de "decisão com risco" na qual uma decisão não deve ser tomada, a menos que haja um alto risco de fazer a escolha errada. Ou seja, para a região A a direita (0,5 < Prob de acerto ≤ 0,8) as visualizações não devem ser utilizadas por um decisor avesso ao risco, pois apresentam alta variabilidade nos resultados. Para a região A a esquerda, com 0,2 < Prob de acerto ≤ 0,5, o analista deve recomendar não usar a visualização de qualquer maneira.

Por outro lado, a Região C é uma região de "decisão com confiança", na qual o analista pode aconselhar com mais confiança o decisor, recomendando fortemente o uso para a região C a direta (Prob de acerto > 0,9) ou a não usar a visualização, para a região C a esquerda (Prob de acerto ≤ 0,1).

Finalmente, a região B pode ser vista como uma região de "decisão cautelosa", onde o analista apresenta uma posição intermediária nas recomendações, levando em consideração as possíveis dificuldades do decisor para realizar a elicitação padrão por decomposição. Ou seja, na região B, o analista deve considerar essa variabilidade e recomendar ao decisor para tomar a decisão, caso a probabilidade de acerto da visualização esteja localizado na região B a direita (0,8 < Prob de acerto ≤ 0,9), e não recomendar o uso da visualização caso a probabilidade de acerto da visualização esteja localizado na região B a esquerda com (0,1 < Prob de acerto ≤ 0,2). A Tabela 59 apresenta os valores de HR e as respectivas recomendações.

Na Tabela 59, que tem natureza conceitual sobre a regra, considerou-se para fins de terminologia específica nessas regras, risco alto para σ entre 0,4 e 0,5 e risco médio para σ entre 0,3 e 0,4. Nas tabelas seguintes, que têm natureza operacional de uso, considerou-se "Risco de Uso" para o caso de Avaliar o alto risco de Tomar a decisão, e Possível uso para o caso de Avaliar o médio risco de Tomar a decisão. Observa-se que no primeiro caso tem-se uma situação de tomada de decisão holística, se o decisor tiver maior propensão a Risco, enquanto que no segundo caso, tem-se uma tomada de decisão holística, se decisor tiver pouca aversão a Risco.

Tabela 59 –Probabilidade de Acerto e Regra de Recomendação.

| Prob de Acerto | Grau de confiança | Recomendação | Justificativa |
|---|---|---|---|
| HR ≤ 0,1 | Alto<br>σ entre 0 e 0,3 | Não tomar a decisão holística | Baixo HR |
| 0,1 < HR ≤ 0,2 | Moderado;<br>σ entre 0,3 e 0,4 | Não tomar a decisão holística | Baixo HR |
| 0,2 < HR ≤ 0,5 | Baixo<br>σ entre 0,4 e 0,5 | Não tomar a decisão holística | HR intermediário inferior, com variabilidade alta |
| 0,5 <HR ≤ 0,8 | Baixo<br>σ entre 0,4 e 0,5 | Avaliar o alto risco de tomar a decisão | HR intermediário superior, com variabilidade alta |
| 0,8 <HR ≤ 0,9 | Moderado;<br>σ entre 0,3 e 0,4 | Avaliar o médio risco de tomar a decisão | HR alto, mas variabilidade média |
| HR > 0,9 | Alto<br>σ entre 0 e 0,3 | Tomar a decisão holística | HR muito alto, com variabilidade baixa |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

#### 4.2.1.1 Recomendações para cada uma das visualizações investigadas nos experimentos

Neste subitem as recomendações fornecidas com base na regra de recomendação desenvolvida foram apresentadas com o objetivo de comparar as visualizações investigadas nos experimentos com base na probabilidade de acerto que cada um obteve usando o estimador HR.

Tabelas foram construídas para cada um dos tipos de visualizações investigadas, apresentando a probabilidade de acertos e a recomendação fornecida para cada uma delas. Para estas tabelas, os valores de HR para o Experimento 1 foram extraídos de S3 da tabela 3.12 de Roselli (2017).

Sendo assim, a Tabela 60 apresenta as probabilidades de acerto para os gráficos de barras com pesos iguais e com mais de duas alternativas. Com base nas recomendações para os gráficos de barras é possível perceber que estas foram semelhantes para visualizações

comuns aos dois experimentos, com única exceção para os gráficos de barras com 4 alternativas e 5 critérios, em que as recomendações uso com confiança, no experimento 1, e possível uso, no experimento 2, foram apresentadas.

Tabela 60 –Recomendações para gráficos de barras com mais de duas alternativas e pesos iguais**.**

| Visualização | Prob de Acerto | | Recomendação | |
|---|---|---|---|---|
| | Exp 1 | Exp 2 | Exp 1 | Exp 2 |
| 3A3C BS | 0,92 | - | Uso com confiança | - |
| 4A3C BS | 0,50 | 0,27 | Não usar | Não usar |
| 5A3C BS | 0,75 | - | Risco de uso | - |
| 3A4C BS | 0,92 | 0,94 | Uso com confiança | Uso com confiança |
| 4A4C BS | 0,75 | 0,67 | Risco de uso | Risco de uso |
| 5A4C BS | 0,67 | 0,73 | Risco de uso | Risco de uso |
| 3A5C BS | 0,33 | - | Não usar | - |
| 4A5C BS | 0,92 | 0,78 | Uso com confiança | Possível uso |
| 5A5C BS | 0,92 | - | Uso com confiança | - |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

A Tabela 61 apresenta as probabilidades de acerto para os gráficos de barras com pesos diferentes e com mais de duas alternativas. Da mesma forma que observado para a Tabela 60, algumas recomendações foram semelhantes para os gráficos comuns, havendo diferenças principais com relação a gráficos que tiveram probabilidade de acerto entre 0,4 e 0,6, região caracterizada por apresentar um alto desvio padrão, sendo aplicadas recomendações de ‘Não usar’ e ‘Risco de uso’ destas visualizações.

A probabilidade de acerto para o gráfico 5A4C foi bastante diferente de um experimento para o outro, sendo este um caso de exceção o qual pode-se desenvolver estudos futuros para investigá-lo.

Tabela 61 –Recomendações para gráficos de barras com pesos diferentes com mais de duas alternativas

| Visualização | Prob de Acerto | | Recomendações | |
|---|---|---|---|---|
| | Exp 1 | Exp 2 | Exp 1 | Exp 2 |
| 3A3C BD | 0,75 | - | Risco de uso | - |
| 4A3C BD | 0,50 | 0,59 | Não usar | Risco de uso |
| 5A3C BD | 0,33 | - | Não usar | - |
| 3A4C BD | 0,08 | 0,45 | Não usar | Não usar |
| 4A4C BD | 0,17 | 0,16 | Não usar | Não usar |
| 5A4C BD | 0,75 | 0,08 | Risco de uso | Não usar |
| 3A5C BD | 0,33 | - | Não usar | - |
| 4A5C BD | 0,67 | 0,45 | Risco de uso | Não usar |
| 5A5C BD | 0,58 | - | Risco de uso | - |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com base nas Tabelas 60 e 61 é possível observar que a primeira apresenta várias recomendações como o uso das visualizações com confiança, enquanto a seguinte não apresenta nenhuma recomendação deste tipo. Dessa forma, fica claro o que já foi comentado anteriormente, no Capítulo 3, no que refere-se a maiores dificuldades enfrentadas para selecionar a melhor alternativa quando gráficos com pesos diferentes são avaliados.

Para avaliar as recomendações para gráficos de barras *versus* tabelas com mais de duas alternativas, as tabelas 62 e 63 foram desenvolvidas para visualizações com pesos iguais e com pesos diferentes, respectivamente.

Tabela 62 – Recomendações para gráficos de barras e tabelas com pesos iguais com mais de duas alternativas**.**

| Visualização | Prob de Acerto | | Recomendações | |
|---|---|---|---|---|
| | BS | TS | BS | TS |
| 3A4C BS | 0,94 | 0,88 | Uso com confiança | Possível uso |
| 4A3C BS | 0,27 | 0,39 | Não usar | Não usar |
| 4A4C BS | 0,67 | 0,55 | Risco de uso | Risco de uso |
| 4A5C BS | 0,78 | 0,82 | Risco de uso | Possível uso |
| 5A4C BS | 0,73 | 0,73 | Possível uso | Possível uso |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

A Tabela 62 apresenta, para a maioria das visualizações com mais de duas alternativas, probabilidade de acertos semelhantes para gráficos de barras e tabelas, as quais, por sua vez geram recomendações similares para o uso destes dois tipos de visualizações.

As diferenças encontradas na Tabela 62 foram geradas devido a probabilidades de acerto próximas aos limites definidos para cada uma das categorias de recomendações, conforme apresentando na Tabela 59. Sendo assim, é possível confirmar que para gráficos de barras e tabelas com pesos iguais e contendo mais de duas alternativas, recomendações semelhantes são apresentadas para o uso, conforme já foi comentado, pela similaridade dos valores de HR, no Capítulo 3.

Tabela 63 – Recomendações para gráficos de barras e tabelas com pesos diferentes e. com mais de duas alternativas.

| Visualização | Prob de Acerto | | Recomendações | |
|---|---|---|---|---|
| | BD | TD | BD | TD |
| 3A4C BD | 0,45 | 0,49 | Não usar | Não usar |
| 4A3C BD | 0,59 | 0,63 | Risco de uso | Risco de uso |
| 4A4C BD | 0,16 | 0,20 | Não usar | Não usar |
| 4A5C BD | 0,49 | 0,47 | Não usar | Não usar |
| 5A4C BD | 0,08 | 0,16 | Não usar | Não usar |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Na Tabela 63 recomendações semelhantes também foram encontradas para pesos diferentes com mais de duas alternativas. Apesar de na análise de HR, apresentada no Capítulo 3, ter sido apresentado maiores HR para as tabelas frente aos gráficos de barras, para pesos diferentes, estas diferenças não foram grandes o suficiente para que recomendações diferentes fossem apresentadas.

Sendo assim, tanto para a avaliação de problemas MCDM/A com pesos diferentes como com pesos similares para os critérios, quando mais de duas alternativas se fazem presentes, o analista pode considerar como similar a performance de gráficos de barras e tabelas na atividade de avaliação holística para escolha da melhor alternativa pelo decisor. O analista deve apresentar ao decisor as recomendações específicas para cada uma das visualizações apresentadas nas Tabelas 62 e 63, assim como outras recomendações desenvolvidas para uso das visualizações neste Capítulo.

Para avaliar as visualizações desenvolvidas com duas alternativas, as Tabelas 64 e 65 foram elaboradas. Na Tabela 64 visualizações com 2 alternativas e pesos diferentes foram comparadas. Já na Tabela 65, visualizações com 2 alternativas e sete critérios, construídas para problemas com pesos diferentes e similares, foram comparadas.

Tabela 64 – Recomendações para visualizações com pesos diferentes e duas alternativas

| Visualização | Barras | | Radar | | Tabelas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Prob | Recomend | Prob | Recomend | Prob | Recomend |
| 2A4C | 0,75 | Risco de uso | 0,57 | Risco de uso | 0,54 | Risco de uso |
| 2A5C | 0,91 | Uso com confiança | 0,78 | Risco de uso | 0,93 | Uso com confiança |
| 2A6C | 0,60 | Risco de uso | 0,40 | Não usar | 0,49 | Não usar |
| 2A7C | 0,31 | Não usar | 0,46 | Não usar | 0,27 | Não usar |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Tabela 65 – Recomendações visualizações com 7 critérios, com pesos diferentes vs iguais, e. duas alternativas

| Visualização | pesos diferentes | | pesos iguais | |
|---|---|---|---|---|
| | Prob | Recomend | Prob | Recomend |
| Barras | 0,31 | Não usar | 0,94 | Uso com confiança |
| Radar | 0,46 | Não usar | 0,81 | Possível uso |
| Tabela | 0,27 | Não usar | 0,78 | Risco de uso |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Conforme já comentado no Capítulo 3, na Tabela 64 percebe-se que o gráfico de barras para duas alternativas apresenta as melhores recomendações para a maioria dos problemas MCDM/A. Por outro lado, o gráfico tipo radar é o que apresenta as piores recomendações. Vale ressaltar, que apesar da similaridade entre as recomendações observadas para gráficos de barras e tabelas com mais de três alternativas, para o experimento desenvolvido com duas alternativas, o gráfico de barras apresentou melhores recomendações para o uso do que as tabelas.

Por fim, para a Tabela 65, as recomendações reforçam a diferença observada na probabilidade de acerto para visualizações com pesos diferentes *versus* visualizações com iguais. Sendo assim, para os três tipos de visualizações construídos, gráfico de barras, radar e tabela, com pesos diferentes recomendações de não utilizar a visualização para a avaliação holística foram apresentadas. Para pesos iguais, recomendações menos negativas foram observadas. Neste caso, é possível observar também que para pesos iguais, os gráficos de barras continuam como os melhores para a avaliação holística.

### 4.2.2 Uso da estrutura dos quadrantes Alpha-Theta no aconselhamento ao decisor

O estudo revelou o nível de esforço cognitivo e engajamento para cada tipo de visualização, levando à estrutura de ‘quadrantes Alpha-Theta’, apresentada no Capítulo 3. Essa informação pode ser usada pelo analista, que pode considerar essa combinação de esforço cognitivo e engajamento, na formação dos quadrantes por visualização no aconselhamento ao decisor, no sentido de dar mais atenção em algumas visualizações em particular.

Para cada visualização, a maioria dos decisores tende a apresentar comportamento de diligência ou envolvimento, conforme Tabela 66 (baseada na Tabela 63), variando entre 69% e 83%. Tal resultado tem padrão consistente, pois confirma que mais de 69% dos decisores tenderão a apresentar engajamento, embora um número menor deles possa ter esforço cognitivo mais elevado, que estaria concomitantemente presente ao engajamento no quadrante de diligência, variando entre 21% e 43% dos decisores.

Isso mostra que a característica de engajamento tende a estar presente de forma similar (entre 69% e 83%) independentemente de qual seja o tipo de visualização. Por outro lado, a característica de esforço cognitivo, presente no quadrante de diligência, tende a ocorrer com uma diferenciação relativamente maior por tipo de visualização, sendo na maioria dos casos maior para Gráfico de Radar, o qual nem sempre é recomendável, conforme já discutido. Ainda se observa que tende a haver um maior número de decisores com característica

diligente para o gráfico de barras e para tabelas, para problemas com número de critérios ímpares. Há também uma tendência para predominar entre decisores a característica de envolvimento em relação à diligência, nos gráficos de barra, entre 4 e 6 critérios.

Tabela 66 –Quantidade % de participante nos quadrantes Diligência e Envolvimento

| **Diligência** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
|---|---|---|---|---|
| Barras | 24% | 33% | 24% | 36% |
| Radar | 42% | 36% | 43% | 21% |
| Tabelas | 28% | 34% | 23% | 33% |
| **Envolvimento** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
| Barras | 45% | 50% | 48% | 36% |
| Radar | 39% | 39% | 40% | 48% |
| Tabelas | 47% | 43% | 49% | 39% |
| **Diligência + Envolvimento** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
| Barras | 69% | 83% | 72% | 72% |
| Radar | 81% | 75% | 83% | 69% |
| Tabelas | 75% | 77% | 72% | 72% |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

O analista pode ficar atento a essa questão de forma a alertar o decisor sobre esses tipos de tendência. Por exemplo, há uma tendência a haver menor esforço para gráfico de barras e para tabelas (menor quantidade de decisores com característica de diligência em relação a envolvimento), embora nessas visualizações haja maior probabilidade de acertos do que em gráfico tipo radar, onde o decisor tende a ter característica de diligência.

Isso pode indicar uma tendência de acomodação do decisor em para gráfico de barras e para tabelas, talvez por parecer mais fácil. O analista pode alertar e incentivar mais o decisor sobre isso, de modo a obter característica de diligência e assim, aumentar ainda mais a probabilidade de acertos.

Na Tabela 67 (retirada da tabela 63), pode-se observar para cada visualização, o comportamento de Indefinição e Relaxamento, embora mais baixos, variando de forma mais diferenciada em alguns casos.

Essa informação pode ser usada pelo analista de forma oposta ao que foi exemplificado para as características anteriores. Por exemplo, para o gráfico de barras, nos problemas com número par de critérios, o padrão de comportamento com característica de Indefinição tende a ocorrer para 21% dos decisores, relativamente alto quando se considera sua indesejabilidade. O analista pode alertar o decisor sobre essa tendência e tentar incentivar para que haja maior engajamento.

Tabela 67 –Quantidade % de participante nos quadrantes Indefinição e Relaxamento

| **Indefinição** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
|---|---|---|---|---|
| Barras | 21% | 6% | 21% | 12% |
| Radar | 6% | 15% | 9% | 21% |
| Tabelas | 9% | 11% | 17% | 12% |
| **Relaxamento** | **2A4C** | **2A5C** | **2A6C** | **2A7C** |
| Barras | 9% | 11% | 6% | 15% |
| Radar | 14% | 9% | 9% | 9% |
| Tabelas | 16% | 11% | 11% | 15% |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 4.2.3 Consideração das diferenças no processo cognitivo para distinta distribuição de pesos

Com base nos estudos comportamentais desenvolvidos, algumas sugestões são apresentadas para o analista com base no processamento cognitivo realizado na avaliação das visualizações para distinta distribuição de pesos.

O analista deve considerar que as visualizações com pesos destacadamente diferentes apresentaram maior dificuldade para serem avaliadas do que visualizações com pesos iguais, conforme observado no item anterior com as recomendações de uso das visualizações. Além disso, com base nos resultados apresentados no Capítulo 3, foi possível observar maiores valores de potência em Theta para o canal F3, o qual, para este estudo, está relacionado ao aumento do esforço cognitivo, quando a tabela com pesos diferentes foi comparada com a tabela com pesos iguais para o problema MCDM/A com 4A4C construído (ilustrado na Tabela 64).

Por outro lado, também foi observado que as visualizações com pesos iguais levaram mais tempo para serem avaliadas do que com pesos diferentes. Além disso, o coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila também foi maior para pesos iguais indicando uma maior atividade mental (Porter et al. 2007; Laeng et al. 2012).

Em função disso, uma recomendação pode ser extraída para o analista, visto que no SAD do FITradeoff já se detecta a forma de distribuição dos pesos, qual seja, similares ou diferentes (ou '*skewed*'), conforme de Almeida el al., (2016). Essa informação pode ser passada ao analista por meio de mudança no desenho do SAD. A seguir tem-se uma explanação sobre a forma como o FITradeoff identifica essa condição e, em seguida, de que forma o analista deverá atuar.

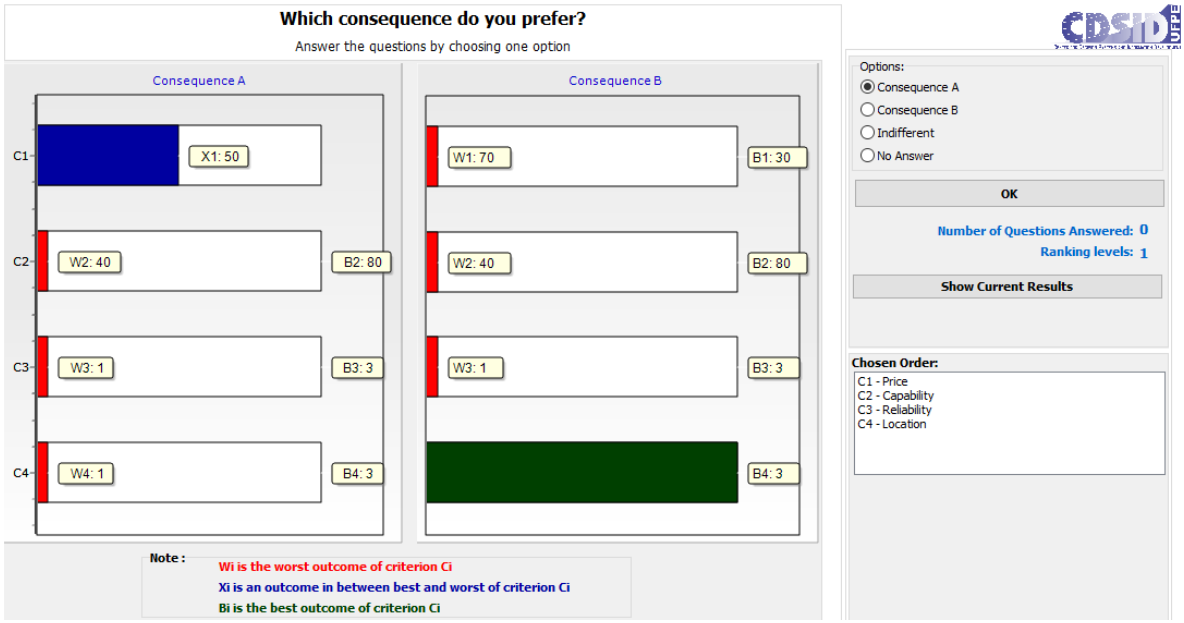
#### 4.2.3.1 Identificação da condição de distribuição dos pesos no FITradeoff

O FITradeoff detecta a forma de distribuição para os pesos, na primeira questão de elicitação (de Almeida et al., 2016), logo após a ordenação dos pesos dos critérios. A Figura 26 ilustra essa detecção, onde tem-se um problema de seleção de fornecedor, com 5 alternativas e 4 critérios, e é apresentado ao decisor esta primeira questão do procedimento de elicitação.

Esta questão compara o critério com maior peso, com aquele que tem o menor peso, informação já disponível após a fase de ordenação dos pesos. Como se observa na Figura 26, a consequência A destaca o critério com maior peso que tem performance no centro da escala (tendo valor 0,5 numa escala intervalar de 0 a 1) e a consequência B destaca o critério com menor peso que tem performance máxima na escala (valor 1), qualquer que seja a função valor marginal.

Conforme mostra Figura 26, o decisor prefere a consequência A. Isso indica que os pesos para os critérios são destacadamente diferentes, conforme demonstrado em de Almeida et al., (2016).

Figura 26 – Primeira pergunta de elicitação




Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

#### 4.2.3.2 Recomendação para o analista

O Analista deve ficar atento quando o decisor estiver analisando uma situação em que pesos são diferentes ou '*skewed*', pois foi observada uma menor probabilidade de acertos na avaliação holística nessa situação, concomitantemente com o decisor consumindo menor tempo na análise e possivelmente tendo menor atividade mental. Essa situação requer claramente que o analista alerte o decisor, sugerindo que esse decisor dedique mais tempo na analise desse tipo de situação e também procure dar maior atenção à avaliação holística. Sendo assim, pode ser que o $\pi$ aumente.

### 4.2.4 Recomendação a partir de diferenciação no número de critérios – par ou ímpar para tabelas

Há uma diferenciação relevante entre problemas com número de critérios pares ou ímpares, no caso de duas alternativas e com pesos com distribuição diferente, quando as tabelas foram investigadas, sendo uma recomendação construída para o analista.

Para as tabelas construídas para problemas com número par de critérios foi observado que os decisores consumiam mais tempo e apresentavam um perfil de comportamento compatível com o quadrante de envolvimento, isto é apresentando maior engajamento no processo, porém com menor esforço cognitivo.

Este resultado é interessante e pode ser combinado com a conclusão do experimento 1 (na qual o número de alternativas foi diferente de duas), onde foi observado que os decisores fixavam mais nos critérios da esquerda para a direita, para tomarem a decisão sobre a melhor alternativa. Isso pode indicar que exista uma divisão natural nos problemas com critérios ímpares, onde os decisores avaliam predominantemente os critérios da esquerda para definirem a melhor alternativa. Já em problemas pares esta divisão natural é mais difícil por não haver um critério central, que estabeleça de forma clara essa divisão. Assim, os decisores tendem a avaliar mais critérios para definirem sobre a melhor alternativa, o que pode ser a causa para o aumento no tempo de resposta, como observado pelo estudo de neurociência.

Por outro lado, quando observada a Tabela 64 sobre a recomendação de uso, é possível perceber que mesmo para o problema mais simples, com apenas quatro critérios, piores recomendações (ou recomendações similares) de uso são definidas para a problemas com número par de critérios quando comparadas aquelas definidas para problemas com número ímpar de critérios.

Sendo ainda, estas recomendações para uso, corroborada pela observação de um perfil de comportamento de diligência, isto é, com maior engajamento e esforço cognitivo, quando realizada a avaliação holística em problemas com criterios ímpares.

Sendo assim, a recomendação que se poderia estabelecer para o analista, nesse caso, está relacionada a ter uma maior atenção quando problemas envolvendo um número par de critérios, com distribuição diferente de pesos, forem utilizados para avaliação holística; podendo ser estendida para problemas com mais de duas alternativas.

### 4.2.5 Recomendação sobre uso de gráfico tipo radar

No geral, o analista não deve recomendar o uso de gráfico tipo radar. O uso de gráfico de barras ou tabela sempre apresenta um desempenho superior, com poucas exceções, cuja performance é similar.

Além disso, com base nos resultados dos experimentos neurociências, comparativamente a gráfico de barras ou tabela, para o gráfico tipo radar, o decisor tenderá a consumir mais tempo, embora com menor atividade mental (conforme dados pupilométricos, mostrados no Capítulo 3).

### 4.2.6 Análise holística considerando a natureza do gráfico

A natureza do gráfico está relacionada com a maneira como as consequências estão dispostas na visualização, podendo facilitar ou dificultar a avaliação holística. Observa-se que a maneira como as performances nos diversos critérios estão distribuídas pode se apresentar de forma mais distinta, facilitando uma escolha; ou não. Sendo assim, o analista deve ficar atento com relação à natureza dos gráficos, devendo estimular ou não o uso das visualizações dependendo da natureza.

Para ilustração desse fator veja a Figura 30, para a qual a alternativa 2 seria claramente preferível, caso os critérios tivessem pesos similares.

### 4.2.7 Recomendação sobre as condições dos decisores

Com base nos resultados de neurociência, para a combinação de Theta e Alpha na construção do diagrama de quadrantes Alpha-Theta, foi observado que participantes que não afirmaram estar exaustos ou sob muito estresse e que também não consumiram medicamento analgésico nas últimas 8hrs anteriores a realização do experimento, apresentaram comportamento de diligência e envolvimento durante o processo de decisão com as visualizações gráficas.

Além disso, uma correlação positiva foi encontrada entre a quantidade de horas que os participantes dormiram com a maior quantidade de comportamentos de diligência durante a análise das visualizações e uma correlação negativa foi encontrada entre a quantidade de horas de alimentação com a maior quantidade de comportamentos de diligência e indefinição (alto valor para esforço cognitivo).

E mais ainda, foi observado que os participantes com comportamento de diligência e envolvimento apresentaram maiores taxas de acertos, maiores valores para o coeficiente de variação pela *baseline* para o diâmetro da pupila e consumiram mais tempo durante a investigação das visualizações pertencentes a estes quadrantes.

Sendo assim, o analista deve ficar atento sobre as condições que requerem maior atenção do decisor, tais quais as comprovadas acima no momento de realização do processo decisório, usando de visualizações gráficas. Se estes decisores não se encontrarem em um bom momento para realizar o processo, talvez seja mais indicado posterga-lo para que tenham mais chance de apresentarem comportamento de diligência e envolvimento durante a avaliação das visualizações, aumentando a probabilidade de assertividade nas decisões tomadas.

## 4.3 INSIGHTS PARA A INTERAÇÃO ENTRE ANALISTA E DECISOR NA AVALIAÇÃO HOLÍSTICA PARA PROBLEMÁTICA DE ORDENAÇÃO

A Análise do FITradeoff na problemáfica de Ordenação tem especificiades tratadas a seguir, fonecendo insights para a interação entre analista e decisor.

Com base no sub-processo de decisão para o FITradeoff de ordenação, também é possível perceber a importância que as visualizações gráficas apresentam no processo decisório. Com base nas visualizações gráficas o decisor pode avaliar pares de alternativas incomparáveis dentro das posições na tentativa de estabelecer relações de preferência que serão usadas na definição da ordem final. Por esse motivo, foi dada uma atenção especial ao estudo de situações com duas alternativas (conforme apresentado no experimento 3 do Capítulo 3)

Duas análises são conduzidas pelo analista:

- Aconselhar se o decisor deve ou não adotar uma decisão holística.
- Escolher que melhor par de alternativas deve ser analisado.

### 4.3.1 Quando o decisor deve adotar uma decisão holística no FITradeoff de ordenação

Essa decisão é efetuada com base na regra de recomendação, que foi apresentada para duas alternativas nas Tabelas 64 e 65. Analisando essas tabelas, o analista tem as seguintes considerações e recomendações a fazer:

- Para 4 critérios, com pesos diferentes, há risco de uso para qualquer que seja o tipo de visualização e o analista deve considerar outros fatores para uma decisão final; por exemplo, pode avaliar a natureza da própria visualização, conforme item 4.2.6.
- Para 7 critérios, com pesos diferentes, as visualizações não devem ser aplicadas, devendo-se considerar a continuação do processo padrão de elicitação. Cabe ainda nesse caso, se o decisor tiver muita dificuldade de racionalização com a elicitação padrão, verificar se os riscos de avaliação holística são menores, por meio da consideração de outros fatores para uma decisão final, tal como a natureza da própria visualização, conforme item 4.2.6.
- Para 6 critérios, com pesos diferentes, não se deve usar o gráfico tipo Radar e Tabela. Por outro lado, há risco de uso para o gráfico de barras, devendo o analista considerar outros fatores para uma decisão final.
- Para 5 critérios, com pesos diferentes, não se deve usar o gráfico tipo Radar, o qual apresenta risco de uso e não há fatores complementares que permitam uma avaliação mais segura, como foi até o presente momento observado para o gráfico de barras. Contudo, para o gráfico de barras e tabela, o analista pode recomendar com confiança, seu uso pelo decisor para uma avaliação holística.
- Para 7 critérios, com pesos iguais (ou similares), não se deve usar o gráfico tipo Radar e Tabela, os quais apresentam risco de uso e não há fatores complementares que permitam uma avaliação de menor risco de erro, como foi até o presente momento foi observado para o gráfico de barras. Todavia, para o gráfico de barras, o analista pode recomendar seu uso com confiança para uma avaliação holística.

### 4.3.2 Como escolher que melhor par de alternativas deve ser analisado

A escolha do melhor par de alternativas para comparação holística deve ser efetuada com base em dois fatores:

- Impacto da escolha do par de alternativas na reconfiguração do diagrama de Hasse.
- A natureza do próprio gráfico para um determinado par de alternativas.

Enquanto que a natureza do gráfico já foi descrita no subitem 4.2.6, a seguir se detalha sobre o impacto da escolha do par de alternativas na reconfiguração do diagrama de Hasse.

A escolha do par de alternativas para a avaliação holística pelo decisor pode impactar a reconfiguração do diagrama de Hasse. Isso pode ocasionar vantagens que devem ser buscadas pelo analista. Uma dessas vantagens é a criação de mais uma posição no ranking parcial, com apenas uma avaliação holística pelo decisor. Outra vantagem seria reduzir a quantidade de perguntas de avaliação holística pelo decisor para se chegar a uma ordem completa.

Para a segunda vantagem, em que se busca alcançar uma ordem completa, e assim finalizar o processo de decisão, recomenda-se que o analista use a árvore de sequencia de perguntas proposta a seguir.

Essa é uma ferramenta para uso pelo analista, antes de recomendar ao decisor o processo de avaliação holística, nesse caso em particular. A ferramenta permite que o analista visualize todo o processo decisório de forma holística, comparando com a alternativa de seguir o processo de elicitação por decomposição, e avaliando se há redução de esforço no processo cognitivo.

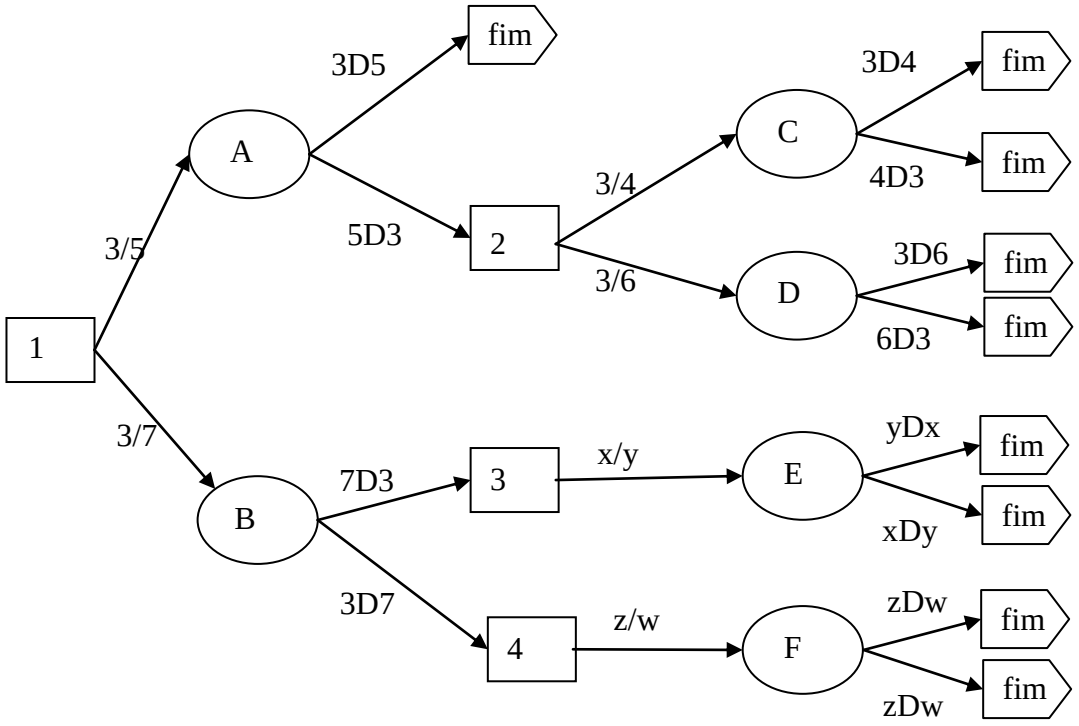
A ferramenta é também desenhada para identificar qual (is) o(s) melhor(es) par(es) de alternativas para comparação holística, de modo a avaliar a quantidade de questões de avaliação holística pelo decisor. A Figura 27 ilustra como seria tal árvore, a qual é aplicada no Capítulo 5 (ver Figura 40 e 44).

Na Figura 27, o quadrado representa um nó de decisão do analista, indicando que par de alternativas vai apresentar ao decisor para avaliação holística. O círculo refere-se um nó de decisão do decisor, indicando as duas possibilidades de sua de avaliação holística. O pentágono indica a finalização do processo decisório. Esta figura apresenta um exemplo hipotético, apenas ilustrativo, que seria gerado a partir da análise e um diagrama de Hasse, onde o analista pode verificar alternativas que ainda estão incomparáveis e que seriam passíveis de uma avaliação holística pelo decisor.

Nessa figura, após o quadrado há a indicação de que alternativas serão comparadas, as quais são separadas por uma barra (/); por exemplo no nó 1, tem-se alternativas 3 e 5 (3/5). Já

no círculo tem-se a indicação dos possíveis resultados, após a avaliação holística do par de alternativas indicados no quadrando anterior. Existem situações em que o analista tem apenas um par para indicar ao decisor para a avaliação holística, como indicado no nó 3.

Figura 27 – Árvore de sequencia de perguntas para avaliação holística




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Analisando a Figura 27, se observa que há várias possibilidades para se chegar ao fim do processo decisório. Essas possibilidades dependem do que o analista vai perguntar ao decisor e das próprias respostas do decisor.

Se o analista escolhe o par de alternativas 3/5, há três caminhos para se chegar ao final do processo decisório. No primeiro, apenas uma avaliação holística é efetuada, quando o decisor prefere a alternativa 3 ao invés da 5 (3 domina 5; 3D5). Se o decisor prefere a alternativa 5 ao invés da 3 (5D3), então serão necessárias duas avaliações holísticas.

Por outro lado, se o analista escolhe o par de alternativas 3/7, há dois caminhos para se chegar ao final do processo decisório, cada um com exigindo a realização de duas avaliações holísticas.

Portanto, o par de alternativas 3/5 tem chances de reduzir a quantidade de avaliações holísticas para a finalização do processo decisório. Assim, esse par de alternativas seria o

recomendável para que o analista escolha sua primeira questão. Observa-se que essa Figura apresenta a ferramenta de forma simplificada, num exemplo hipotético, apenas para ilustração de seu funcionamento. Num problema mais extenso, poderiam haver outras decisões a serem tomadas pelo analista, com base nesse tipo de avaliação. As opções que se apresentam na Árvore (a depender do ramo inicial da árvore escolhido, tem-se as opções 3/4 ou 3/6; ou x/y ou z/w) não fazem diferença, sob o aspecto de número de questões requeridas. No entanto, outros fatores já mencionados podem ser considerados para uma escolha entre essas opções.

### 4.3.3 Exemplo ilustrativo de análises holísticas

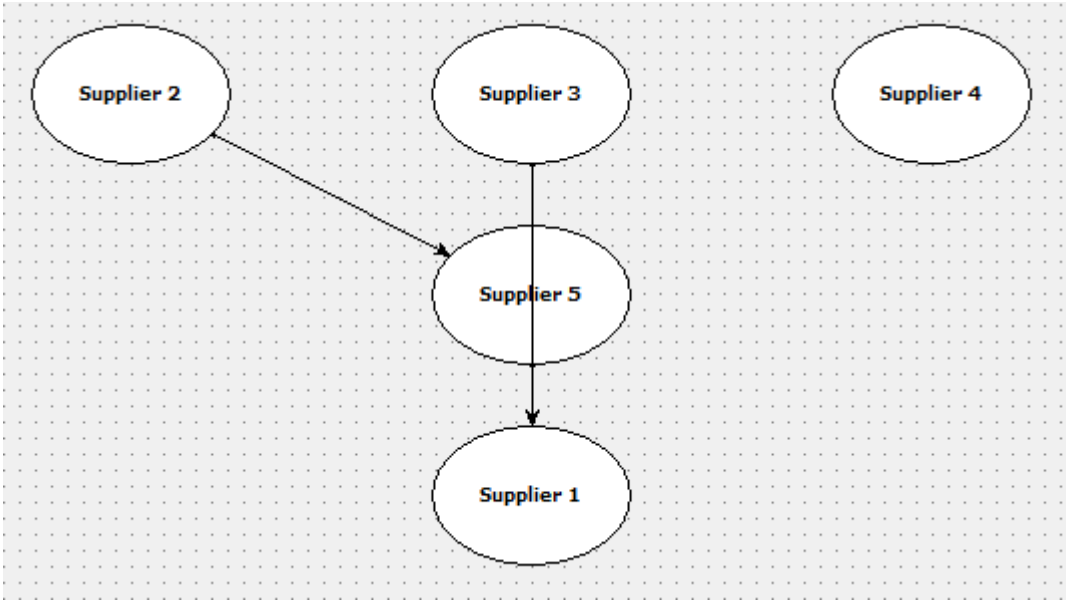
Algumas análises holísticas, num problema hipotético, são realizadas com apoio do gráfico de barras para ilustrar como pares de alternativas podem ser comparadas holisticamente. Além disso, é ilustrado como a partir desta análise uma mudança por ser gerada no diagrama de Hasse e, consequentemente, no SAD do FITradeoff para ordenação.

Para este exemplo considera-se o problema de seleção de fornecedor com 5 alternativas e 4 critérios, onde os pesos para os critérios são destacadamente diferentes.

Após a primeira pergunta de elicitação, todas as alternativas encontram-se ainda alocadas na mesma posição no Diagrama de Hasse, conforme ilustrado pela Figura 28. Com base nesta figura é possível perceber que a alternativa:

- *Supplier 2* domina *Supplier 5 ;*
- *Supplier 3* domina *Supplier 1;*
- *Supplier 2* é incomparável com *Supplier 3;*
- *Supplier 2* é incomparável com *Supplier 4;*
- *Supplier 2* é incomparável com *Supplier 1;*
- *Supplier 3* é incomparável com *Supplier 4;*
- *Supplier 3* é incomparável com *Supplier 5;*
- *Supplier 4* incomparável com todos os demais*;*

Figura 28 – Diagrama de Hasse após a ordenação




Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2019).

Nesta etapa, o decisor pode decidir se pretende comparar alguns dentre estes pares de alternativas incomparáveis usando das visualizações gráficas ou se deseja continuar o processo de elicitação por decomposição (de Almeida, 2020).

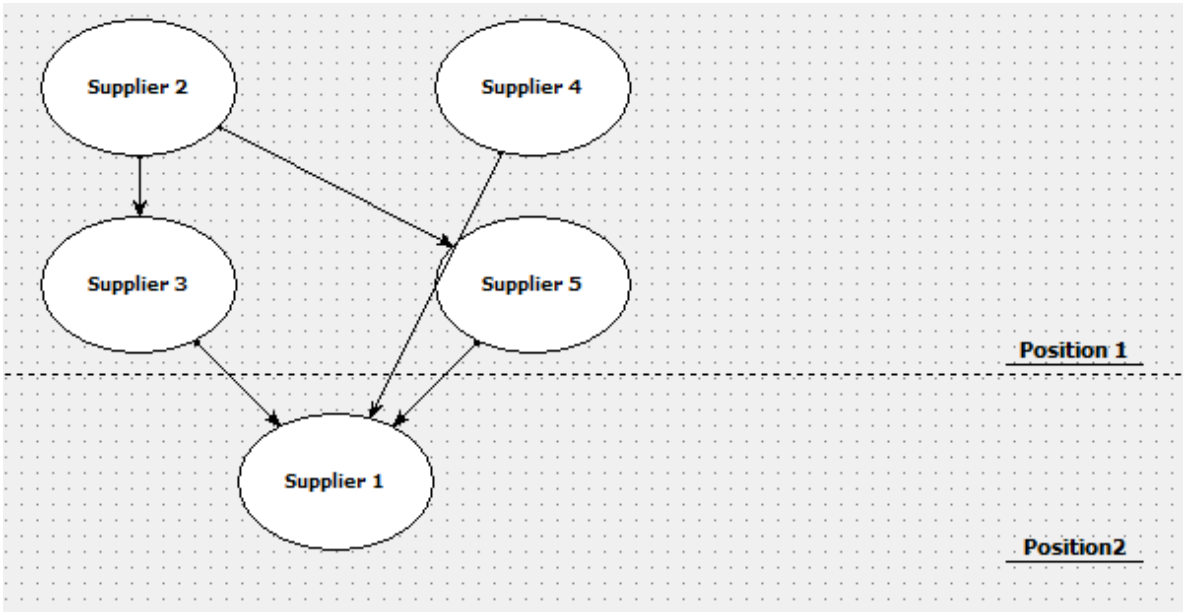
Visto que apenas uma pergunta de elicitação foi respondida, considera-se que o decisor decide continuar o processo de elicitação. Para este caso, mais duas perguntas foram respondidas.

Após estas duas perguntas serem respondidas, o ranking das alternativas foi atualizado, sendo composto por duas posições. Pelo novo Diagrama de Hasse, ilustrado na Figura 29, é possível perceber que a relação das alternativas foi:

- *Supplier 2* domina *Supplier 5 ;*
- *Supplier 2* domina *Supplier 3;*
- *Supplier 2* domina *Supplier 1*
- *Supplier 2* é incomparável com *Supplier 4;*
- *Supplier 3* domina *Supplier 1;*
- *Supplier 3* é incomparável com *Supplier 4;*
- *Supplier 3* é incomparável com *Supplier 5;*
- *Supplier 4* domina o *Supplier 1;*
- *Supplier 4* é incomparável com *Supplier 5;*
- *Supplier 5* domina *Supplier 1;*

Vale ressaltar que a relação de transitividade está presente no PPL, sendo possível perceber que *Supplier 2* domina o *Supplier 3*, e *Supplier 3* domina *Supplier 1*, consequentemente *Suppler 2* domina *Supplier 1*.

Figura 29 – Diagrama de Hasse com duas posições no ranking




Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2019).

Por este diagrama de Hasse é possível perceber que a posição 2 é composta apenas pela alternativa *Supplier 1*, que já encontra-se dominada por todas as demais alternativas. Para a posição 1, apesar de algumas relações de dominância já se fazerem presentes, ainda existe muita incomparabilidade entre as alternativas. Neste contexto, se o decisor desejar, as visualizações gráficas podem ser avaliadas buscando analisar os pares de alternativas incomparáveis na posição 1.

Para esta etapa do problema, considera-se que o decisor decidiu utilizar das visualizações gráficas para avaliar as alternativas incomparáveis. Com apoio do analista, o gráfico de barras foi indicado como a visualização que deveria ser utilizada, visto que pelos resultados de neurociência foi demonstrado que para esta configuração de problema, pesos diferentes com 2 alternativas e 4 critérios, o gráfico de barras apresentou maiores probabilidades de acertos frente o gráfico tipo radar e a tabela.

No entanto, o analista deve informar ao decisor sobre a alta variabilidade nos valores de probabilidade de acerto para o gráfico de barras neste caso, estando estes entre 0,4 e 0,5. Com base na regra de recomendação elaborada, a tomada de decisão usando tal gráfico é

considerada como de alto risco, devendo o decisor ter cautela caso alguma preferência fosse definida usando de tal visualização.

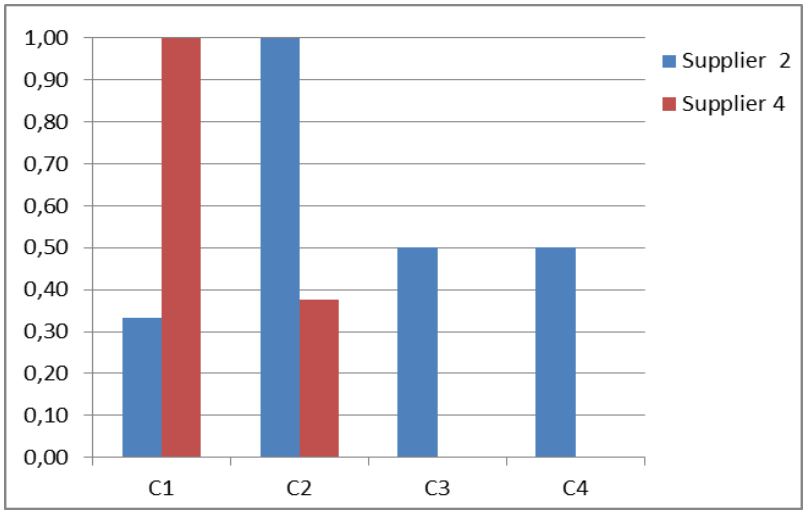
Sendo assim, diversos gráficos de barras foram gerados para que o decisor avaliasse as relações entre os seguintes pares de alternativas, consideradas incomparáveis, até este momento, do processo decisório, sendo elas:

- *Supplier 2* e *Supplier 4;*
- *Supplier 3* e *Supplier 4;*
- *Supplier 3* e *Supplier 5;*
- *Supplier 4* e *Supplier 5;*

Neste contexto, o primeiro gráfico apresentado representa a comparação das alternativas *Supplier 2* e *Supplier 4*, ilustrado na Figura 30. Com base neste gráfico é possível perceber que a alternativa *Supplier 4* apresenta performance zero para os critérios C3 e C4, e performance máxima para o critério C1, o qual é aquele critério onde seu peso apresenta maior valor, sendo o seu peso o primeiro do ranking realizado na etapa 1. Vale ressaltar que nos gráficos ilustrados, os critérios estão apresentados na ordem em que seus pesos foram ranqueados. Já a alternativa *Supplier 2* apresenta performance de 50% para os critérios C3 e C4, performance máxima para o critério C2 e performance inferior a 50% para o critério C1.

Sendo assim, com base na natureza deste gráfico de barras, e nas preferências do decisor - onde assume-se que em uma das perguntas do processo de elicitação por decomposição, o decisor preferiu uma performance de 100% para o critério C2 do que uma performance de 50% para o critério C1 –o decisor pode preferir *Supplier 2* a *Supplier 4*.

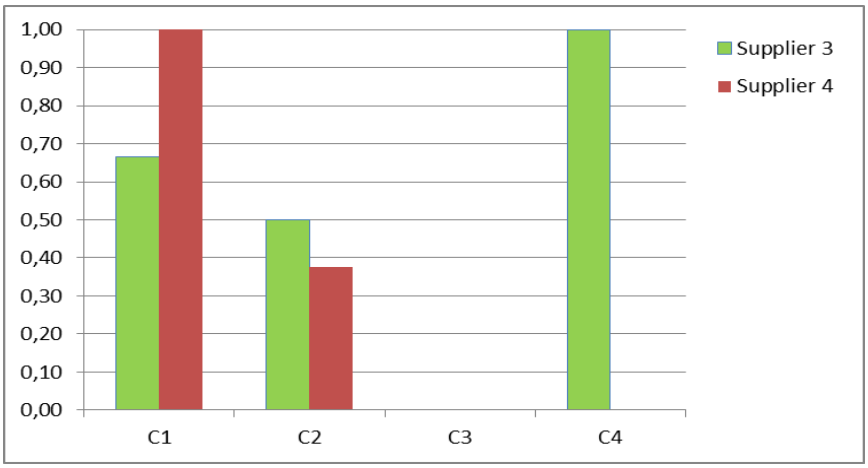
Figura 30 – Gráfico de barras apresentando Supplier 2 versus Supplier 4




Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

O segundo gráfico apresenta a comparação das alternativas *Supplier 3* e *Supplier 4*, ilustrado na Figura 31. Com base neste gráfico é possível perceber que a alternativa *Supplier 3* e *Supplier 4* apresentam performances zerada no critério C3. Estas alternativas também apresentam performance semelhante no critério C2. Para o critério C1 a performance de *Supplier 3* é 65% a performance do *Supplier 4*, no entanto para o critério C4 *Supplier 3* tem 100% de performance em cima de *Supplier 4*. No entanto, com base na avaliação do gráfico, considera-se que o decisor pode preferir *Supplier 3* a *Supplier 4.*

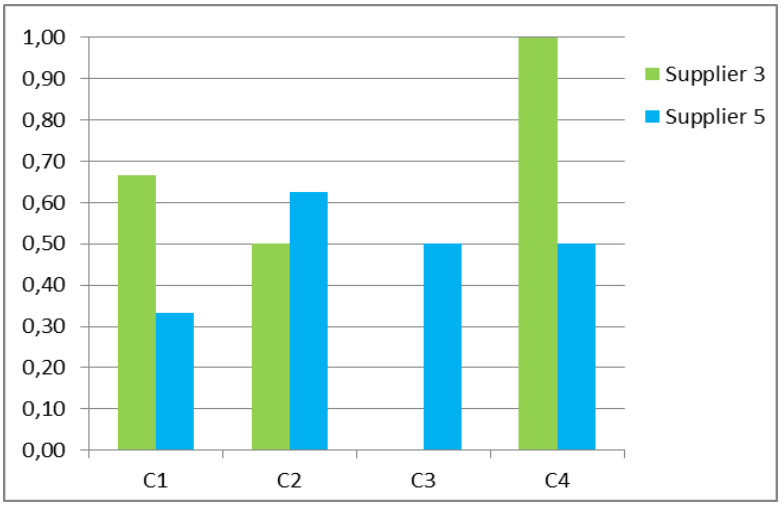
Figura 31 – Gráfico de barras apresentando Supplier 3 versus Supplier 4




Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

O terceiro gráfico apresenta a comparação das alternativas *Supplier 3* e *Supplier 5*, ilustrado na Figura 32. Neste gráfico é possível perceber que para o critério C1 a alternativa *Supplier 5* tem 50% do valor de performance de *Supplier 3*, para o critério C2 as alternativas apresentam performance semelhante, para os critérios C3 e C4 o *Supplier 5* apresenta performance de 50% em ambos e *Supplier 3* performance máxima em C4 e nula em C3. Sendo assim, para este caso, o decisor pode considerar *Supplier 3* como preferível a *Supplier 5*.

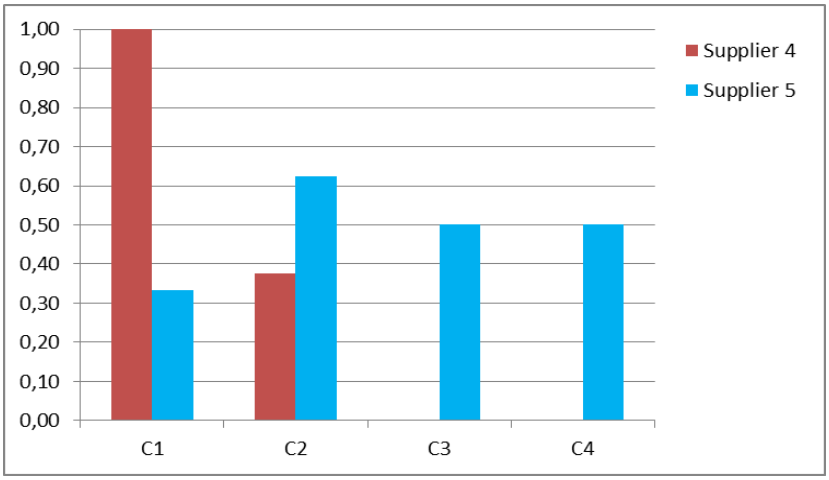
Figura 32 – Gráfico de barras apresentando Supplier 3 versus Supplier 5




Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

Por fim, para o último gráfico desenvolvido e ilustrado na Figura 33, é possível perceber que *Supplier 5* é superior a *Supplier 4* em todos os critérios, menos no critério C1. Já para C1 *Supplier 4* é superior a *Supplier 5* em 70% de performance. Com base nesta avaliação holística o decisor pode julgar *Supplier 4* superior a *Supplier 5*.

Figura 33 – Gráfico de barras apresentando Supplier 4 versus Supplier 5

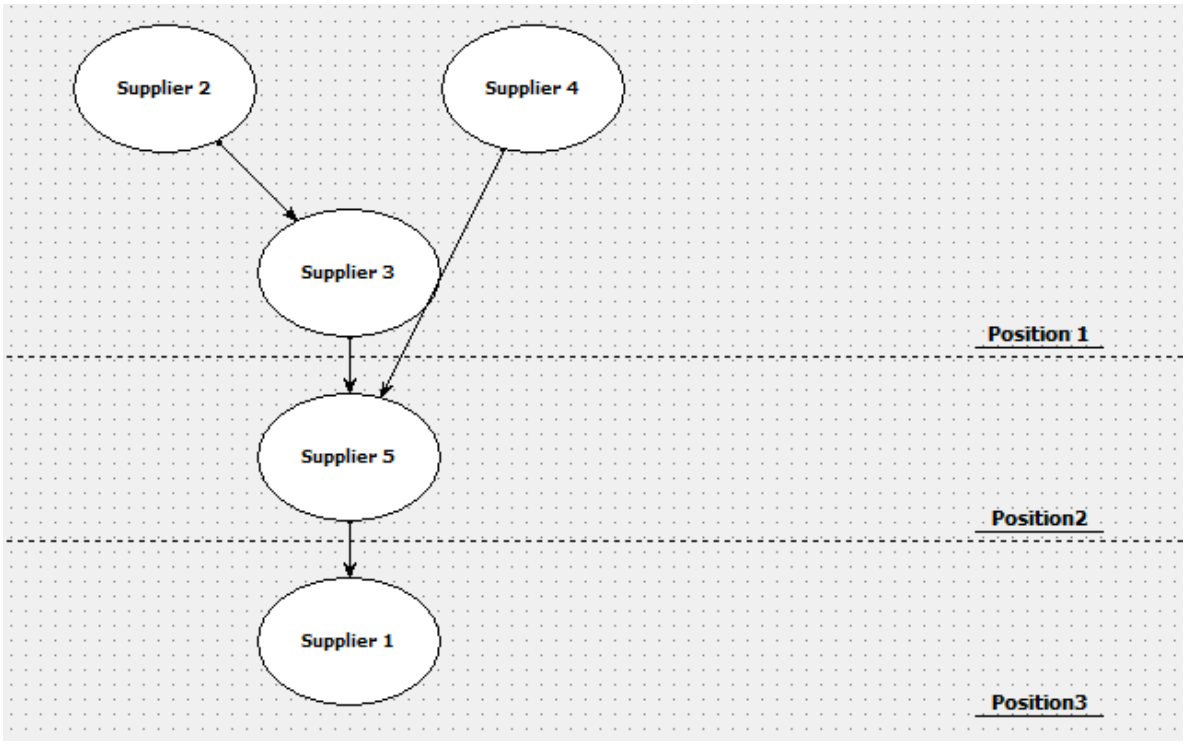



Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

Sendo assim, com o apoio do analista, o qual reforça sobre a alta variabilidade da taxa de acerto para este gráfico, e sobre as poucas perguntas de elicitação respondidas pelo decisor até o momento, o decisor resolve continuar o processo de elicitação para confirmar se as preferências levantadas com os gráficos apresentados, mas não estabelecidas, se confirmam pelas comparações das consequências.

Retornando para o processo de elicitação, mais três perguntas são respondidas antes que o ranking das alternativas seja atualizado. Sendo este ranking agora composto por 3 posições, conforme ilustrado pelo novo Diagrama de Hasse na Figura 34, é possível perceber que *Supplier 2* e *Supplier 4* continuam incomparáveis, assim como *Supplier 3* e *Supplier* 4. Por outro lado, como pré-julgado pelo decisor, *Supplier 3* e *Supplier 4* são superiores ao *Supplier 5*.

Figura 34 – Diagrama de Hasse com três posições no ranking




Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2019).

Sendo assim, a fim de estabelecer a alternativa que ficará na primeira posição do ranking, visto que *Supplier 3* mesmo sendo incomparável com *Supplier 4* é dominado pelo *Supplier 2*, ficando abaixo de 2, considera-se que o decisor deseja utilizar novamente das avaliações holísticas, isto é, do gráfico de barras apresentado na Figura 30, para comparar *Supplier 2* e *Supplier 4*.

Com base neste gráfico, o critério C1 deve ser mais investigado, visto que este é o que apresenta maior peso e também existe grande diferença entre a performance das alternativas neste critério. Sendo assim, com apoio do analista, avaliando as perguntas de elicitação respondidas sobre o critério C1 anteriormente, pode ser considerado que o decisor prefere 100% em C2 a 66,7% em C1. Sendo assim, a alternativa *Supplier 2* que apresentava pior

performance m C1 mas melhor performance nos demais critério pode julgada pelo decisor como preferível a Supplier 4.

Neste contexto, considerando, neste momento, que esta relação de dominância, definida usando a avaliação holística, é de fato considerada, ela deve ser incluída no Diagrama de Hasse, acarretando em uma importante mudança para o SAD do FITradeoff de ordenação, conforme é abordado no próximo item.

## 4.4 DESENHO DE SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO (SAD)

Nesta seção são apresentadas as sugestões de implementação nos Sistemas de Apoio a Decisão para o FITradeoff, tanto para a problemática de escolha como para a problemática de ordenação.

### 4.4.1 Sinalizar em ambos os SADs do FITradeoff o tipo de distribuição dos pesos

Conforme apresentado no item anterior, com base nos resultados dos experimentos de neurociência, algumas das recomendações apresentadas para o analista usam a informação sobre a distribuição dos pesos. Uma recomendação relevante para constar nos SADs desenvolvidos para o FITradeoff para a problemática de escolha e para a problemática de ordenação refere-se a indicação da forma como os pesos estão distribuídos para um dado problema nas visualizações gráficas e tabulares.

Conforme mencionado, o analista deve considerar e aconselhar diferentemente o decisor, sobre a análise das visualizações, em função da forma como os pesos estão distribuídos; ou seja, sejam os pesos destacadamente diferentes ou aproximadamente iguais (ver item 4.1.4).

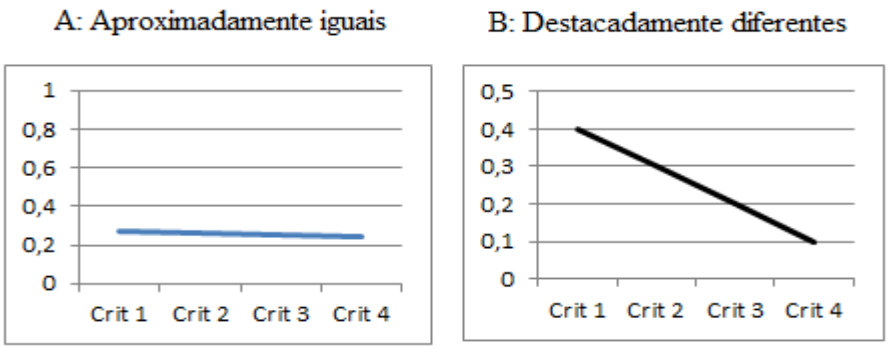
Essa indicação pode ser por descrição na parte inferior da tela de visualização ou com um pequeno gráfico que indique a distribuição dos pesos. Deve-se ressaltar que caso o uso de texto seja considerado mais apropriado para ser incluído nos SADs esta deve constar uma das seguintes opções, na parte inferior da tela da visualização:

- “Distribuição dos pesos: aproximadamente iguais”
- “Distribuição dos pesos: destacadamente diferentes”

Por outro lado, caso o uso de um gráfico seja considerado como mais apropriado para apresentar a distribuição dos pesos, este deve ser incluído na parte inferior direita das telas que contém cada uma das visualizações gráficas, para ambos os SADs do FITradeoff, conforme ilustrado na Figura 35. As opções ‘A’ e ‘B’ na Figura indicam respectivamente

“Distribuição dos pesos: aproximadamente iguais” e “Distribuição dos pesos: destacadamente diferentes”.

Figura 35 – Distribuição dos Pesos




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Naturalmente essa informação não constará nas visualizações logo após a ordenação dos pesos dos critérios no FITradeoff, visto que estará disponível apenas após a resposta da questão seguinte a esta etapa. Ou seja, o FITradeoff detecta a condição relativa à distribuição dos pesos, na primeira questão de elicitação, logo após a ordenação dos pesos dos critérios, conforme de Almeida et al., (2016), onde se demonstra que a partir da resposta a essa questão, se identifica se a distribuição dos pesos é: destacadamente diferentes (‘*skewed*’) ou aproximadamente igual.

### 4.4.2 Disponibilizar em ambos os SADs do FITradeoff as regras para uso das visualizações

Conforme apresentado em 4.2.1, as regras de recomendação criadas para o uso das visualizações com base na probabilidade de acerto que foram calculadas considerando que HR tem distribuição de Bernoulli devem ser incluídas nos SADs do FITradeoff para escolha e ordenação.

Essa informação deverá estar disponível para uso pelo analista e, portanto não deverá ser colocada diretamente nas telas, sobrecarregando-as. Assim, o analista decidirá quando for adequado e necessário fazer uso dessa informação.

Portanto, deverá ser colocado em cada tela de visualização gráfica ou tabela um ‘botão’, na parte inferior, lado direito, sem chamar assim tanta atenção do decisor.

Ao acionar esse botão, o SAD deverá gerar uma pequena tela sobre a visualização, indicando qual a regra recomendada no item 4.2.1, para a corrente condição do problema de decisão, e, portanto, específica apenas para aquele tipo de visualização, quantidade de POAs corrente e critérios do problema em análise.

### 4.4.3 Incluir no SAD do FITradeoff de escolha a visualização tabular

Com base no desenvolvimento das regras de recomendações no subitem 4.2.1, construídas com base na probabilidade de acerto e no desvio padrão, foi possível perceber que as recomendações de uso de gráficos de barras ou tabelas, com pesos destacadamente diferentes ou aproximadamente iguais, eram bastante semelhantes para a atividade de avaliação holística.

Atualmente, no SAD do FITradeoff para a problemática de escolha, as tabelas ainda não estão incluídas de uma forma adequada, isto é, da mesma forma que foram apresentadas nos experimentos de neurociência.

De fato, essas tabelas não foram inseridas com a preocupação de efetuar a avaliação holística pelo decisor, sendo prevista apenas para uso ocasional pelo analista. As tabelas presentes, atualmente, no FITradeoff apresentam diversos pontos de melhoria sendo eles: a) São de difícil visualização; b) Não permitem que os decisores selecionem alternativas que desejam comparar; c) Não são apresentadas em uma tela apropriada.

Estas tabelas devem ser reestruturadas para, por exemplo, possibilitar o decisor a selecionar, e consequentemente desmarcar alternativas, com a flexibilidade de realizar comparações diferentes entre as alternativas potencialmente ótimas. Para as outras visualizações é possível realizar este feito, conforme apresentado no exemplo ilustrativo onde diversos gráficos de barras são apresentados comparando alternativas distintas.

Sendo assim, como recomendação para melhoria deste SAD, com base nos resultados de neurociência apresentados, as tabelas devem ser reconfiguradas e reposicionadas para possibilitarem uma efetiva avaliação holística pelo decisor.

### 4.4.4 Disponibilizar no SAD do FITradeoff de ordenação as visualizações gráficas e tabulares

Atualmente, para o SAD construído para o FITradeoff, na problemática de ordenação, as visualizações gráficas ainda não estão presentes, devendo estas serem incluídas da mesma forma que estão apresentadas no SAD para a problemática de escolha.

Sendo assim, no SAD de ordenação, gráficos de barras, gráfico tipo radar e tabelas apropriadas, conforme discutido acima, devem ser incluídos em telas isoladas, da mesma maneira que estão para o SAD do FITradeoff de escolha.

No entanto, diferentemente das visualizações apresentadas no SAD de escolha, as quais apresentam apenas as alternativas potencialmente ótimas remanescentes após a etapa de ordenação dos pesos dos critérios, no SAD de ordenação, todas as alternativas devem sempre

estar presentes nas visualizações incluídas. Sendo assim, com a disponibilização de todas as alternativas do problema, é possível que o decisor possa efetuar diversas comparações entre estas alternativas, usando como apoio o Diagrama de Hasse para guiar as comparações que podem ser feitas, corroborado pela árvore de decisão e natureza dos gráficos, como discutido em 4.2.

Além disso, para situações que envolvem uma decisão em grupo, o uso da problemática de ordenação tem particular relevância dado que devido a presença de mais informações sobre a relação entre as alternativas do problema, esta problemática oferece mais argumentos para que os decisores possam interagir na busca por uma solução de compromisso adequada para o grupo.

Neste contexto, a presença das visualizações gráficas no SAD de ordenação é de suma importância tanto em decisões individuais, conforme ilustrado no exemplo hipotético, como em decisões em grupo conforme apresentado na aplicação de Frej et al. (2016) com base no problema de seleção de fornecedor apresentado em Frej et al. (2017) e discutido detalhadamente no próximo Capítulo (Capítulo 5).

### 4.4.5 Alterar o SAD do FITradeoff de ordenação

Conforme ilustrado no exemplo hipotético do subitem 4.3.3, o(s) decisor(es) pode(m) fazer uso das visualizações gráficas e tabulares para definir relações de dominância entre as alternativas. Caso o decisor defina que uma alternativa domina a outra ou as outras, com base nas avaliações holísticas, esta relação de dominância precisa ser implementada no algoritmo presente no SAD e no diagrama de Hasse.

A mudança no SAD inclui quatro elementos:

- Incluir, juntamente com a visualização gráfica do Diagrama de Hasse, um menu com uma simples pergunta, questionando se o decisor deseja efetuar avaliação holística, nesse momento. Caso a resposta seja sim, outro menu será aberto ao lado do Diagrama de Hasse, com uma lista das alternativas, para que se indique as duas alternativas a serem comparadas; caso esse número seja grande, pode-se efetuar uma pergunta preliminar sobre que grupo se pretende avaliar. Esse menu é similar àquele usado na elicitação por decomposição (ilustrado na Figura 4.6).
- Incluir, visualizações gráficas e tabulares (conforme subitem 4.4.4), juntamente com um menu de perguntas similares ao da elicitação por decomposição (ilustrado na Figura 4.6).

- Incluir relação de dominância obtida pela avaliação holística na matriz de dominância. Neste contexto, o par de alternativas comparados holisticamente não precisa mais ser testado dento do PPL. Por outro lado, esta informação pode ser utilizada para avaliar questões de consistência, caso o decisor retorne para a elicitação por decomposição.
- Rever Diagrama de Hasse, conforme explanado a seguir. Observar que o novo Diagrama de Hasse, conterá o menu do primeiro tópico acima, dando ao decisor a opção de continuar no processo de avaliação holística.

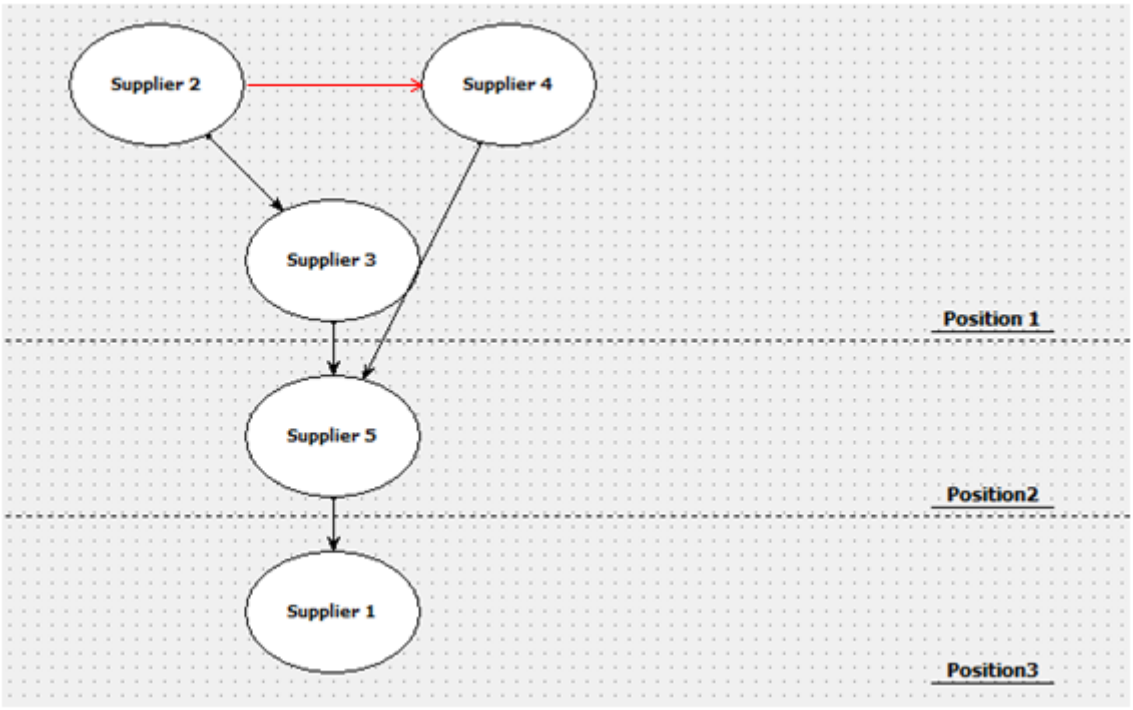
Para o diagrama de Hasse, uma seta de dominância também deve ser incluída para ilustrar essa relação. No entanto, o mais ideal é que essa relação de dominância seja indicada diferentemente das relações de dominância estabelecidas com base no processo de elicitação por decomposição.

Sendo assim, uma sugestão para diferenciação é apresentar a relação de dominância de uma alternativa sobre outra(s) usando de setas de cor vermelha, visto que aquelas relação estabelecidas com base no processo de elicitação são representadas por setas de cor preta.

Usando como exemplo, o exemplo hipotético do subitem 4.3.3, a alternativa *Supplier 2* é julgada pelo decisor como preferível a *Supplier 4*, usando o gráfico de barras da Figura 4.10. Com base na última etapa do exemplo, com a definição da dominância da alternativa *Supplier 2* sobre a alternativa *Supplier 4*, esta relação pode ser incluída no diagrama de Hasse conforme ilustrado pela Figura 4.16.

Sendo assim, com base nesta relação definida, o diagrama de Hasse, este deve ser reposicionado com a alternativa *Supplier 2* na posição 1, *Supplier 1* e *Supplier 3* incomparáveis na posição 2, *Supplier 5* na posição 3 e *Supplier 1* na posição 4. A Figura não ilustra essa reconfiguração com aumento do número de posições, pois ainda não foi implementado no SAD.

Figura 36 – Indicação da dominância definida usando da análise holística




Fonte: Esta pesquisa (2020).

### 4.4.6 Alterar o SAD do FITradeoff de escolha

De forma similar ao SAD do FITradeoff de ordenação, para o SAD de escolha, um menu deve ser incluído para possibilitar que o decisor expresse que deseja efetuar a avaliação holística situações.

Neste contexto, caso o decisor defina uma relação de dominância de uma alternativa sobre outra(s), a inequação que indica esta relação de dominância deve ser incluída no PPL, retirando a alternativa dominada do conjunto de alternativas potencialmente ótimas (POAs).

Mais uma vez, usando como exemplo o exemplo hipotético do subitem 4.3.3, caso a alternativa *Supplier 2* seja julgada pelo decisor como preferível a *Supplier 4*, a inequação apresentada em (5) deve ser incluída no PPL como uma restrição.

$$\sum_{i=1}^{n} k_i v_i(x_{iSupplier\ 2}) \geq \sum_{i=1}^{n} k_i v_i(x_{iSupplier\ 4}) \qquad (5)$$

Alternativamente pode-se usar a inequação 5 para efetuar testes de consistência, em situações onde o decisor faz a opção de retornar para a etapa de elicitação por decomposição

# 5 USO DOS RESULTADOS EM APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS COM O FITRADEOFF

Ao longo da condução desta pesquisa, foram desenvolvidas diversas aplicações com o método FITradeoff, que permitiram o desenvolvimento de insights para esse estudo. Estes insights ocorreram, particularmente, com relação ao processo decisório, seja na melhoria da interação entre analista e decisor ou implementações no SAD do FITradeoff.

Dentre estas aplicações, duas foram publicadas em periódicos (Frej et al., 2017; Carrillo et al., 2018) e são apresentadas, demonstrando o uso dos resultados apresentados no Capítulo 4 para a melhoria no processo decisório. Em seguida, outros aspectos desenvolvidos no Capítulo 4 são também demonstrados em outra aplicação.

## 5.1 PROBLEMA DE SELEÇÃO DE FORNECEDOR

Nesta seção é apresentado o problema de seleção de fornecedor referente ao estudo apresentado em Frej et al. (2017).

### 5.1.1 Descrição do problema

A aplicação apresentada em Frej et al. (2017) refere-se a um problema de seleção de fornecedor em uma organização do ramo alimentício. Para esta aplicação, um problema com 5 fornecedores avaliados em sete critérios foi solucionado usando o método FITradeoff para a problemática de escolha. Para este estudo, apenas um decisor esteve envolvido no processo decisório. No entanto, utilizando-se do mesmo problema, uma decisão em grupo também pode ser desenvolvida, como considerado em Frej et al. (2016).

Vale ressaltar, que conforme já comentado, os insights gerados nesta pesquisa, com apoio da neurociência, tem relevância tanto para a decisão individual quanto para a decisão em grupo, dado que para a decisão em grupo uma das formas de agregação das preferências dos decisores encontra-se apoiada na agregação final dos resultados dos decisores. Sendo assim, para este caso de agregação é primeiramente considerada uma decisão individual e posteriormente os resultados individuais são integrados na busca por uma solução de compromisso satisfatória para o grupo.

Com relação a este aspecto presente na decisão em grupo, a problemática de ordenação tem um importante papel no processo de busca por uma solução de compromisso satisfatória para o grupo a partir agregação dos resultados finais. Neste tipo de problemática, mais informações se fazem presente no processo decisório possibilitando uma maior interação entre

os decisores no processo de busca por uma solução satisfatória. Em outras palavras, este tipo de problemática permite que cada decisor avalie em que posição de seu ranking a solução sugerida por outros decisores se encontra, facilitando o debate com os outros decisores com relação a solução sugerida por cada um deles para a busca de uma solução comum para o grupo.

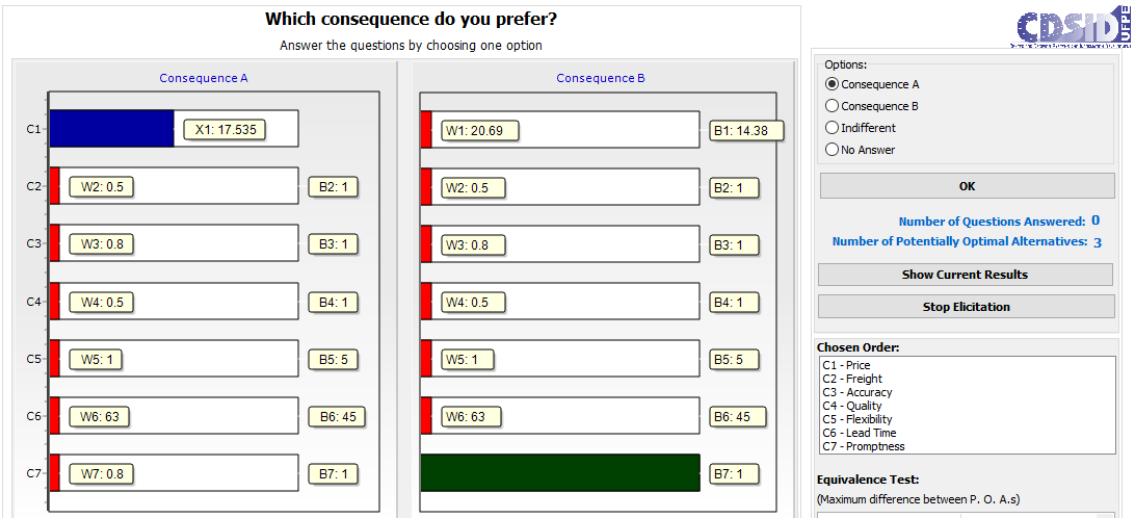
A seguir, os resultados apresentados no Capítulo 4 são reforçados com base nesta aplicação para a problemática de escolha e ordenação.

### 5.1.2 Problemática de escolha

Para a aplicação do problema usando o método FITradeoff para a problemática de escolha (Frej et al, 2017), após o decisor responder a primeira etapa do processo, sendo ela referente a ordenação das constantes de escala, três alternativas são identificadas como sendo potencialmente ótimas (POAs), sendo as outras duas eliminadas do processo.

Para a segunda etapa do método, a primeira pergunta apresentada ao decisor é utilizada para identificar a forma como os pesos estavam distribuídos para os critérios. Neste contexto, conforme apresentado no subitem 4.1.4.1, é possível observar que para este decisor a distribuição dos pesos é destacadamente diferente, conforme ilustrado na Figura 37, com a seleção da Consequência A (de Almeida et al., 2016).

Figura 37 – Indicação da distribuição dos pesos dos critério para o decisor 1

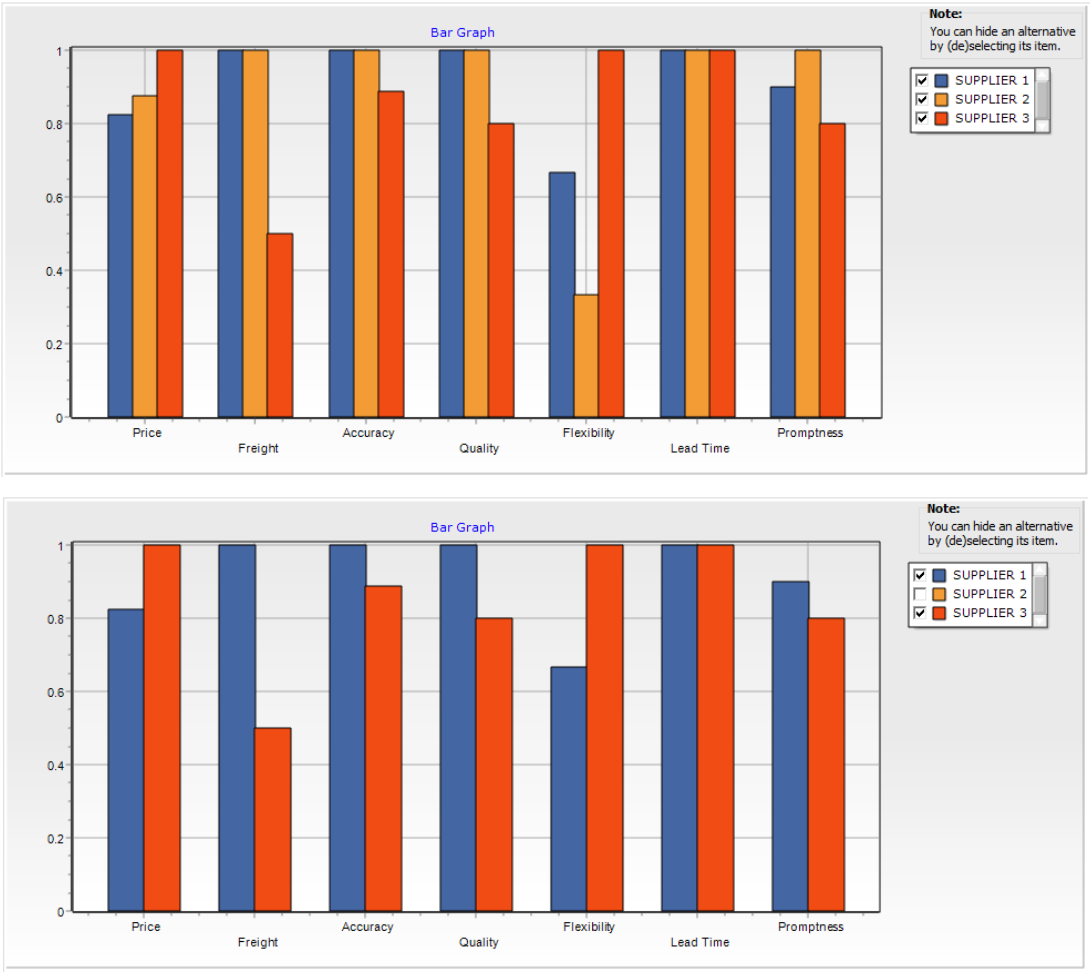



Fonte:SAD FITradeoff de escolha (2016).

Sendo assim, devido a pequena quantidade de alternativas remanescentes no problema, logo após a etapa de ordenação, o decisor acha válido comparar estas alternativas usando das visualizações gráficas presentes no SAD do FITradeoff para escolha.

A Figura 38 apresenta gráficos de barras gerados para este problema, os quais podem ser utilizados pelo decisor, sendo uma característica do SAD de escolha a possibilidade de seleção das alternativas que o decisor deseja avaliar. A Figura 38 apresenta o gráfico de barras para as três alternativas potencialmente ótimas, sendo elas os fornecedores 1, 2 e 3, assim como o gráfico de barras apenas para os fornecedores 1 e 3, caso considerado de interesse para o decisor.

Figura 38 – Gráficos de barras para a compatração de alternativas




Fonte:SAD FITradeoff escolha (2016).

No entanto, para este problema, o analista deve alertar o decisor sobre o alto risco em usar estas visualizações, sendo a recomendação de não usar indicada para os três tipos de visualizações investigadas, para a configuração de duas alternativas com sete critérios e pesos distribuídos de forma diferente, conforme Tabela 59. Além disso, o analista deve ficar atento caso o decisor julgasse o gráfico tipo radar como aquele melhor para avaliar as alternativas,

devido a pior performance geral deste tipo de visualização observada no experimento de neurociência.

Para este problema, o analista pode sugerir ao decisor prosseguir a etapa de elicitação por decomposição para encontrar a solução final. Esta recomendação foi adotada pelo decisor em Frej e al. (2017), que com apenas duas questões respondidas, a solução final foi encontrada, sendo ela o Fornecedor 2.

### 5.1.3 Problemática de ordenação para os decisores 1 e 2

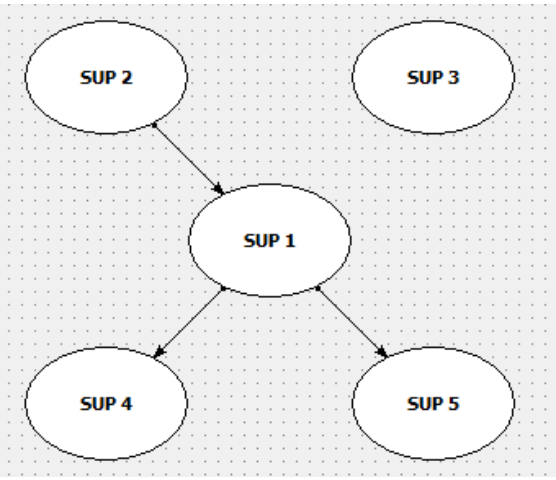
Com base na relevância que a problemática de ordenação apresenta para situações envolvendo uma decisão em grupo, os resultados para ordenação usando a aplicação apresentada em Frej et al, (2017) e discutida na temática de grupo em Frej et al., (2016) são discutidos usando-se de dois decisores.

O decisor 1 foi o mesmo que investigou o problema em Frej et al, (2017) sendo suas preferências mantidas ao longo da realização do FITradeoff para o caso de ordenação. Ao final do processo, o ranking completo para este decisor configura-se como *Supplier 2* > *Supplier 1* > *Supplier 3* > *Supplier 5* > *Supplier 4*, mantendo o fornecedor 2 como a melhor alternativa.

Na perspectiva de ordenação, o processo decisório desenvolvido pelo decisor 2 é explorado, sendo ao final deste subitem discutida a integração dos resultados finais dos dois decisores.

Para a aplicação do FITradeoff com a problemática de ordenação, após o decisor 2 ordenar os pesos para os critérios, o diagrama de Hasse foi obtido apresentando as relações de dominância entre as alternativas, conforme ilustrado na Figura 39.

Figura 39 – Primeiro Digrama de Hasse para o problema de Seleção de Fornecedor




Fonte: SAD FITradeoff ordenação (2019).

Nesse diagrama se observa uma situação atípica, na qual, já de início, embora a maioria das alternativas esteja comparada entre si, há apenas uma alternativa que é incomparável com todas as outras. Essa situação revela uma oportunidade interessante possibilitando a resolução deste problema sem mesmo iniciar o processo de elicitação na abordagem de decomposição, que é a abordagem típica do Tradeoff (de Almeida, 2020).

Conforme ilustrado na Figura 39, o Fornecedor 3 apresenta-se incomparável com qualquer outro fornecedor, nesse estágio do processo. Neste contexto, é possível perceber que a comparação, da performance, deste fornecedor com a performance de outros fornecedores, pode permitir a finalização do processo de decisão de forma relativamente rápida, comparada ao processo padrão de elicitação na abordagem de decomposição.

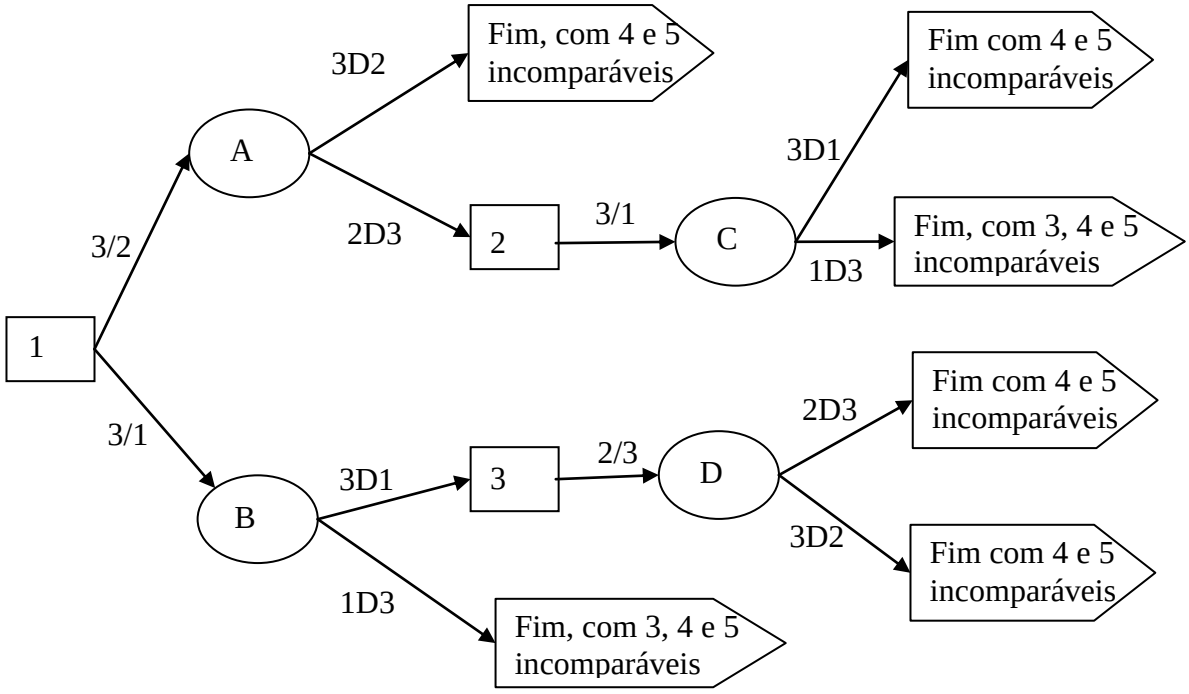
Sendo assim, a questão levantada está relacionado a escolha de qual(is) fornecedor(es) devem ser comparados com o fornecedor 3. Neste contexto, a ferramenta de árvore de sequencia de perguntas, apresentada no subitem 4.2.4.1, é aplicada para resolver esse problema de seleção de fornecedor, conforme apresentada na Figura 40.

Sendo assim, com base na análise do diagrama de Hasse, verifica-se a possibilidade de comparação do fornecedor 3 com os fornecedores 1 e 2. Para este caso, apesar de estar incomparável com os fornecedores 4 e 5, a comparação de 3 com estes não apresenta relevância visto que estes já encontram-se em uma situação de incomparabilidade; ou seja, havendo uma indefinição entre essas alternativas, o que torna o processo mais lento, caso estas comparações sejam adotadas.

Com base na Figura 40 pode-se verificar que existem oito caminhos para que seja possível definir as posições iniciais do ranking, sendo necessário ainda avaliar as alternativas incomparáveis, 4 e 5 ou 3, 4 e 5. Dado que as posições iniciais são aquelas de interesse para a maioria dos decisores, durante a maioria das decisões enfrentada, e dada à extensão deste trabalho, para esta análise a comparação das alternativas 3, 4 e 5 não foi considerada.

Neste contexto, com base Figura 40, é possível observar que para cada um dos caminhos, pode-se contar quantas decisões, sobre a indicação de pares de alternativas para serem comparados, precisam ser tomadas pelo analista (representadas pelo quadrado) e quantas decisões, sobre a preferência de uma alternativa frente à outra precisam ser avaliadas pelo decisor (representadas pelo círculo) usando da avaliação holística.

Figura 40 – Árvore de sequencia de perguntas para a Seleção de fornecedor




Fonte: Esta pesquisa (2020).

Com base nos dois ramos iniciais construídos, pode-se iniciar a análise sobre a perspectiva do analista para a indicação da comparação de 3/2 ou 3/1.

Para o ramo da árvore com a opção 3/2, tem-se as seguintes possibilidades:

- Uma análise holística para o decisor, se para o decisor a alternativa 3 dominar a alternativa 2 (3D2).
- Duas análises holísticas para o decisor, se para o decisor a alternativa 2 domina a alternativa 3 (2D3).

Para o ramo da árvore com a opção 3/1, tem-se as seguintes possibilidades:

- Uma análise holística para o decisor, se para o decisor a alternativa 1 domina a alternativa 3 (1D3).
- Duas análises holísticas para o decisor, se para o decisor a alternativa 3 domina a alternativa 1 (3D1).

Com base na quantidade de avaliações holísticas que o decisor precisará fazer para definir relações de preferência entre as alternativas, o analista pode indicar primeiramente as comparações que requeiram menos avaliações.

Com base na interpretação de cada um dos caminhos, o analista então julga como mais apropriado iniciar a avaliação holística pelo par de alternativas 3/2, identificadas no ramo 1,

dado que, caso para o decisor a alternativa 3 seja preferível a alternativa 2, três posições são diretamente criadas no Diagrama de Hasse.

Neste contexto, com apoio das visualizações gráficas já presentes no SAD do FITradeoff de escolha, conforme apresentado acima para a problemática de escolha, e que devem ser incluídas no SAD do FITradeoff de ordenação, as performances das alternativas 2 e 3 podem ser comparadas.

Com base na regra de recomendação apresentada para o caso de 7 critérios na tabela 4.12, e corroborado pelos resultados de experimento de neurociência mostrados na tabela 3.31, ambos sintetizados na Tabela 68, pode-se observar que há uma diferença significativa da recomendação, em função do tipo de distribuição de pesos.

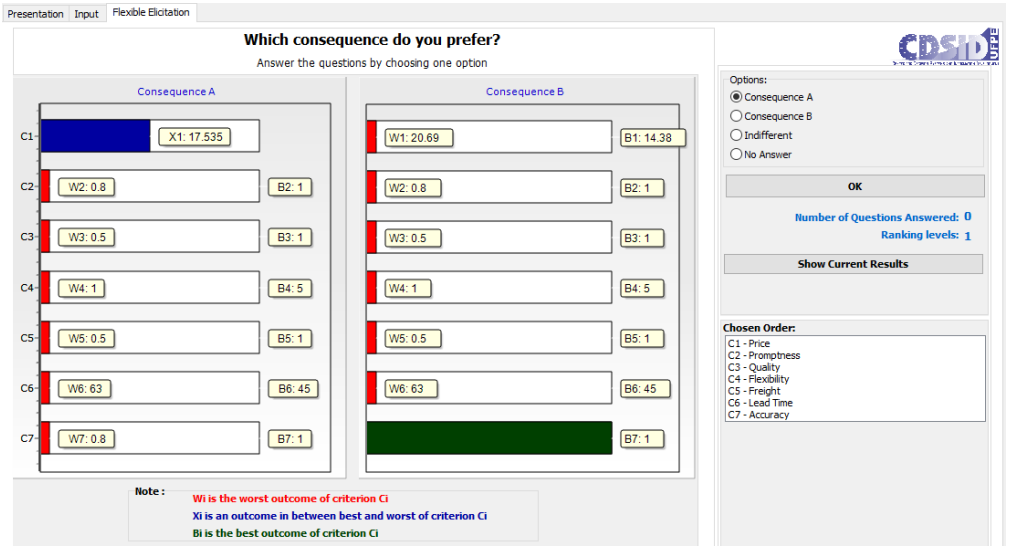
Tabela 68 – Recomendação para a aplicação

| Visualização | Recomendação | | Prob. de acerto | |
|---|---|---|---|---|
| | pesos diferentes | pesos iguais | pesos diferentes | pesos iguais |
| Barras | Não usar | Uso com confiança | 0,31 | 0,94 |
| Radar | Não usar | Possível uso | 0,46 | 0,81 |
| Tabela | Não usar | Risco de uso | 0,27 | 0,78 |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Para o decisor 2, com base na primeira pergunta do processo de elicitação por decomposição, mostrada na Figura 41, foi observado que os pesos tem distribuição destacadamente diferentes, pois a consequência A é a selecionada pelo decisor.

Figura 41 – Indicação da distribuição dos pesos dos critérios para o decisor 2




Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2019).

Conforme apresentado na Tabela 68, o analista não deve recomendar o uso das visualizações para a avaliação holística das alternativas 3/2. Isso ainda é mais crítico quando se observa a penúltima coluna desta tabela onde baixas probabilidades de acertos são observadas para as visualizações.

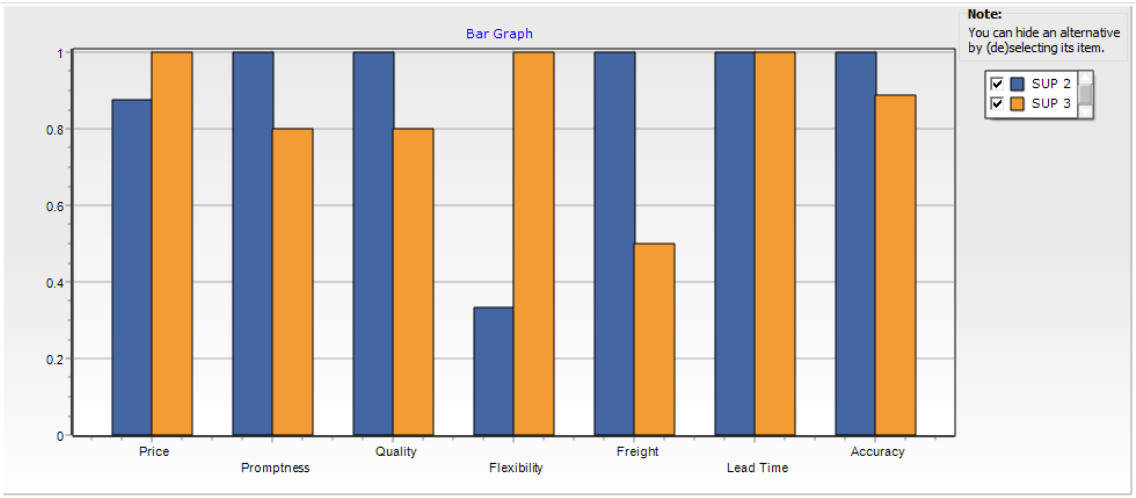
Por outro lado, conforme subitem 4.2.4.2, que considera a natureza do gráfico na análise holística, percebe-se uma oportunidade que possa justificar a não adoção da recomendação na Tabela 68. Esse outro fator que influencia a análise holística permite nesse caso, que se possa dar sequencia ao processo decisório com uso de gráficos. Ainda na Tabela 68 se observa que a probabilidade de acertos para tabelas é a mais baixa e, além disso, não se aplica, para as tabelas, esse fator que considera a natureza do gráfico sendo estas não consideradas na análise.

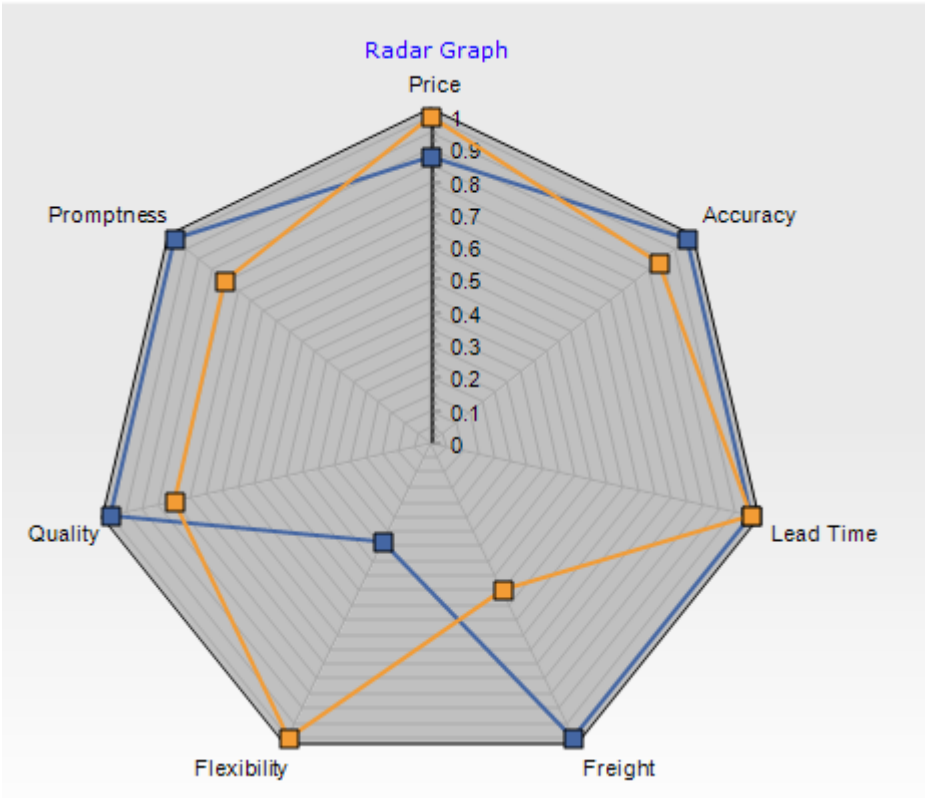
Neste contexto, considera-se o gráfico de barras e tipo radar, mostrados na Figura 42. Destaca-se ainda que o gráfico tipo radar, embora não recomendável para uso, no geral, a partir das recomendações no Capítulo 4, com base nos resultados dos experimentos de neurociência mostrados no Capítulo 3, é uma exceção para sete critérios com duas alternativas, corroborado pelos dados da Tabela 68, onde se observa uma maior probabilidade de acerto nesse tipo de gráfico, comparado com o gráfico de barras e a tabela.

Para esse fator de natureza do gráfico, observa-se no gráfico de barras e no gráfico tipo radar, a maneira como as performances nos diversos critérios estão distribuídas, facilitando uma escolha.

Avaliando este gráfico de barras percebe-se certa equivalência na forma como as performances estão distribuídas para as duas alternativas (*SUP2*, azul e *SUP 3*, amarelo). No entanto, com a informação de que os pesos dos critérios são distribuídos de forma destacadamente diferente (critérios de maior peso à esquerda), observa-se uma vantagem para o *SUP 2*. O critério *'Lead Time'* não precisa ser considerado, por ter o mesmo valor. Embora, para o critério de maior peso ('*Price*'), o *SUP 2* tenha menor performance em aproximadamente 10%, para os dois critérios seguintes (*Promptness e Quality*), o *SUP 3* tem performance inferior em 20% em relação ao *SUP 2*, que tem performance máxima. Nesses três critérios, cuja soma dos pesos é superior a soma dos pesos dos três critérios seguintes (excluindo o Lead Time, cuja consideração é desnecessária), tem-se uma clara vantagem para *SUP 2*, visto que a vantagem de *SUP 3* no critério '*flexibility*' é pequena em relação à vantagem de SUP2 nos critérios '*Freight*' e '*Accuracy*'. De fato, isso foi corroborado pelo processo de elicitação por decomposição. A avaliação complementar do gráfico tipo radar corrobora essa conclusão.

Figura 42 – Gráfico de barras e Radar para a comparação das alternativas Supplier 2 e 3




Fonte:SAD FITradeoff de escolha (2016).

Naturalmente, esse gráfico de barras, pela sua natureza, não apresenta a informação de forma tão clara, como aquela visualizada na Figura 30, já destacada anteriormente para ilustrar esse fator de análise. Por isso, o analista deve sempre discutir de forma cautelosa com o decisor sobre a vantagem de seguir em frente com esse processo, verificando que essa é uma atividade essencialmente subjetiva.

Com base nas avaliações holísticas, caso a alternativa 3 seja preferível pelo decisor a alternativa 2, esta ocupará a primeira posição do ranking, sendo seguida pelas alternativas 2,

1, 4/5, respectivamente. Por outro lado, caso a alternativa 2 seja preferível pelo decisor frente a alternativa 3, esta ocupará a primeira posição do ranking, sendo seguida por 1/3; 4/5.

Sendo assim, é possível perceber que com base na aplicação da ferramenta árvore de sequencia de perguntas, em conjunto as recomendações fornecidas sobre o processo decisório usando de visualizações gráficas, as duas melhores alternativas para o problema podem ser definidas no início do processo decisório, sendo elas as alternativas 2 e 3.

Após a finalização do processo decisório usando o FITradeoff de ordenação, a ordem completa foi encontrada para o decisor 2, sendo ela *Supplier 2 > Supplier 3 > Supplier 1 > Supplier 5 > Supplier 4.* Comparando os ranking completos finais para os dois decisores é possível observar uma troca de ordem para as alternativas 1 e 3, assim como a concordância sobre a alternativa Fornecedor 2 como a melhor do conjunto, sendo coerente a definição desta como a alternativa que deve ser escolhida, para este exemplo de grupo contendo apenas 2 decisores.

## 5.2 PROBLEMA DE SELEÇÃO DE TECNOLOGIA AGRÍCOLA

Nesta seção é apresentado o problema de seleção de tecnologia agrícola referente ao estudo apresentado em Carrillo et al. (2018).

### 5.2.1 Descrição Suscinta do Problema

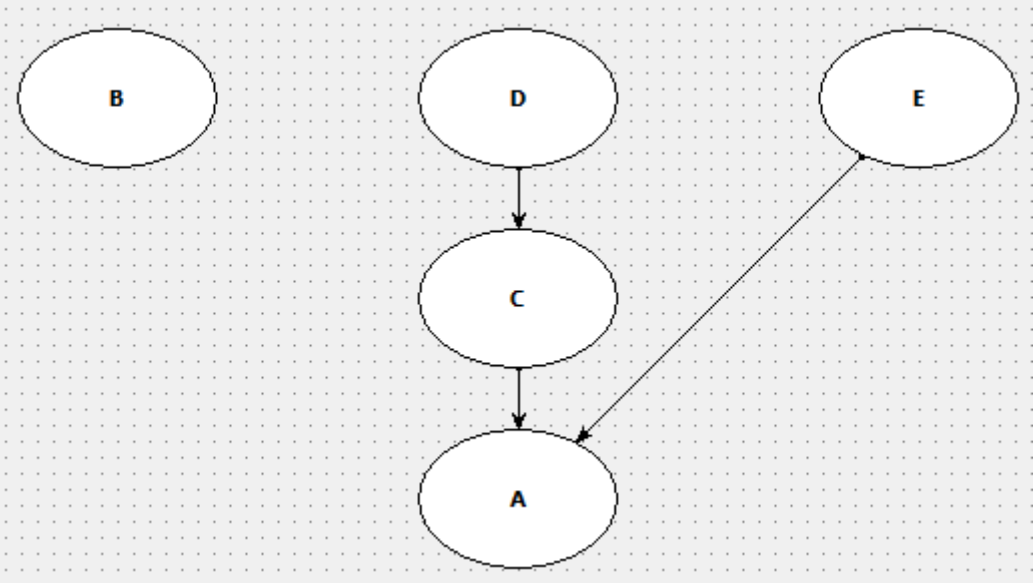
A aplicação desenvolvida por Carrillo et al. (2018) apresentou um problema de decisão multicritério onde foi desejado selecionar a melhor tecnologia para ser aplicada no setor agrícola. Tal problema contou com 5 alternativas para escolha, sendo estas avaliadas em seis critérios.

### 5.2.2 Problemática de Ordenação

Com base na relevância que as recomendações fornecidas no Capítulo 4 apresentam no processo decisório para a problemática de ordenação, tanto para decisões individuais como em grupo, estas recomendações são apresentadas para a aplicação de Carrillo et al. (2018) onde uma decisão individual se fez presente.

Vale destacar, para esta aplicação, que os pesos também tiveram distribuição diferente, com base na seleção da Consequência A para a primeira pergunta do processo de elicitação. Sendo assim, após o decisor realizar a etapa de ordenação para os pesos dos critérios no método FITradeoff, duas alternativas já se encontram dominadas, sendo ilustradas no diagrama de Hasse da Figura 43.

Figura 43–Diagrama de Hasse para a aplicação de seleção de tecnologia




Fonte:SAD FITradeoff de ordenação (2019).

Com base neste diagrama é possível perceber que a alternativa D domina C e A. No entanto, as alternativas B, D e E apresentam-se incomparáveis entre si, até o dado momento do processo.

Neste contexto, o analista pode recomendar ao decisor o processo de avaliação holística, após considerar sua própria análise com o uso da ferramenta de árvore de sequencia de perguntas, para que o(s) melhor(es) pares de alternativas sejam identificados para comparação holística. Essa análise permite que o analista visualize todo o processo, avaliando se há redução de esforço no processo decisório, quando comparado com a alternativa de seguir o processo de elicitação por decomposição. Sendo assim, a árvore de sequencia de perguntas foi elaborada para a comparação destas três alternativas, aos pares, conforme indicado na Figura 44.

Com base nesta figura, o analista pode verificar que existem 12 caminhos para que seja possível definir as posições iniciais do ranking, podendo em algum deles ser gerada ordem completa ou ordem parcial, sendo que nestes casos, as alternativas pertencentes às posições iniciais do ranking são definidas.

Todavia, percebe-se que nos ramos de comparação iniciais dos pares B/D ou E/D, uma ordem completa pode ser definida ao final. A ferramenta já indica que não é adequado iniciar o processo pelo ramo que compara B/E.

Neste contexto, têm-se então duas opções de ramos a seguir: pares B/D ou E/D, que se apresentam como indiferentes, para escolha pelo analista. O analista pode escolher qualquer um destes ou conduzir uma análise de que gráfico seria mais vantajoso, com base em outros resultados dos experimentos desenvolvidos. Por exemplo, com base na Tabela 64, tem-se a Tabela 69 que indica o não uso de gráfico tipo radar ou tabela. Por outro lado, para o gráfico de barras, a recomendação não definitiva, indicando risco de uso, com probabilidade de acerto de 0,6, com média variância.

Outra avaliação, para escolha entre os ramos com pares B/D ou E/D, pode ser desenvolvida com base na natureza dos gráficos, conforme mostrado na aplicação anterior.

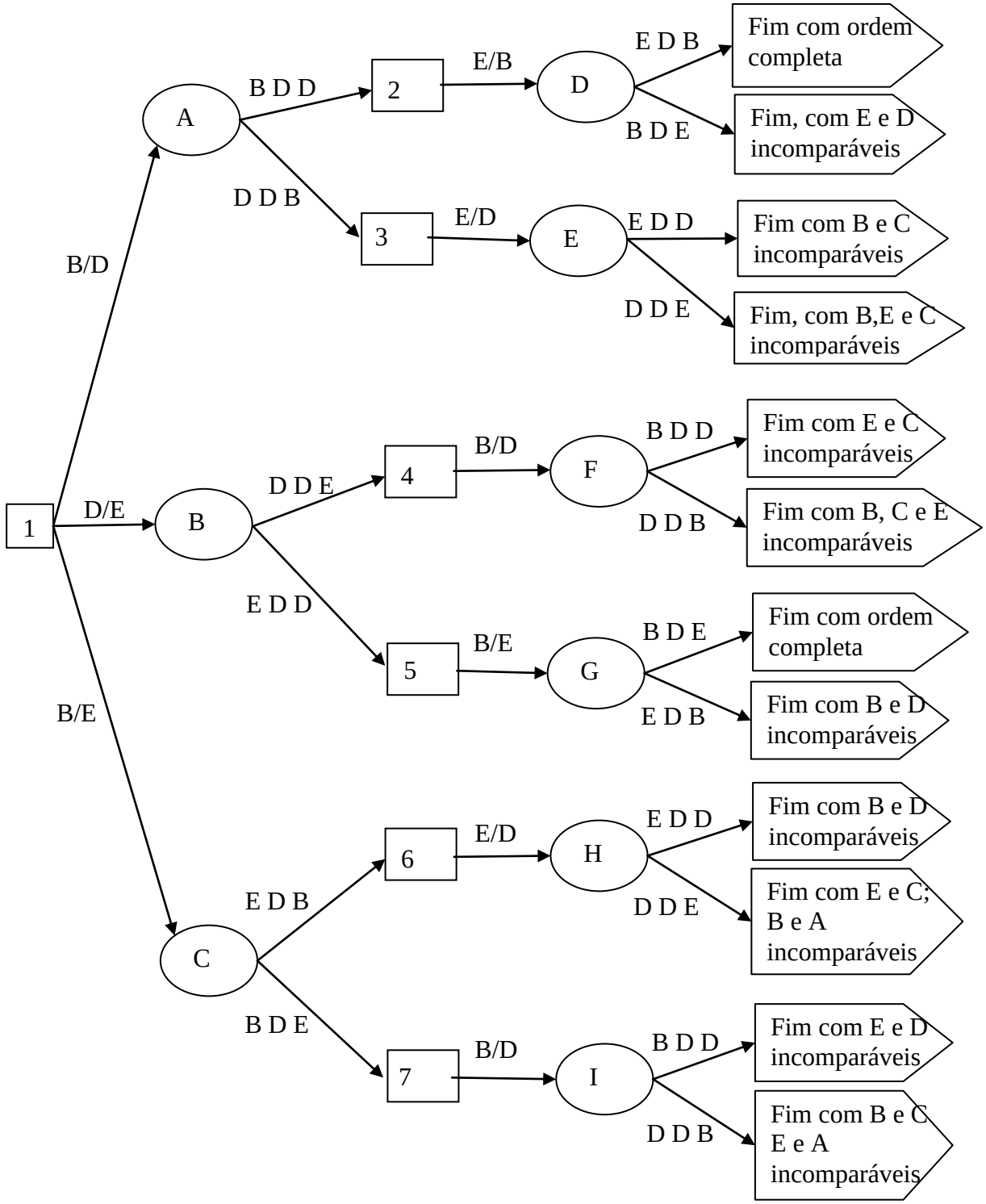
Ainda, com base nos resultados de finalização indicados na Figura 44 o analista pode sugerir ao decisor que este avalie as alternativas que se encontram incomparáveis ao final de cada um dos caminhos pertencentes aos ramos, indicando para a avaliação pelo menor conjunto de alternativas incomparáveis. Sendo assim, com base na Figura 44, o analista pode sugerir ao decisor que avalie as visualizações holísticas para as alternativas E x D e B x C, indicadas como incomparáveis no final do ramo 1, ou as alternativas E x C e B x D, indicadas como incomparáveis no final do ramo 2.

Tabela 69 – Recomendações para visualizações no problema de Seleção de Tecnologia

| Visualização | Barras | | Radar | | Tabelas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Prob | Recomend | Prob | Recomend | Prob | Recomend |
| 2A6C | 0,60 | Risco de uso | 0,40 | Não usar | 0,49 | Não usar |

Fonte: Esta pesquisa (2020).

Figura 44 – Árvore de sequencia de perguntas para a seleção de tecnologia




Fonte: Esta pesquisa (2020).

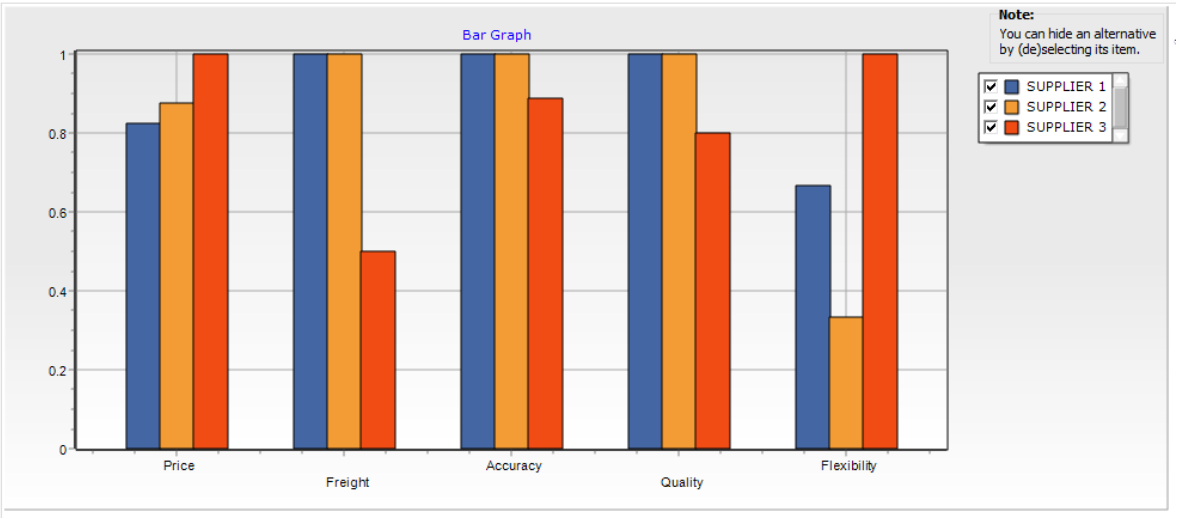
## 5.3 VARIAÇÃO NA APLICAÇÃO DE SELEÇÃO DE FORNECEDOR

A seguir outros aspectos desenvolvidos no Capítulo 4 são demonstrados em outro problema, adaptado a partir da aplicação de seleção de fornecedores (Frej et al. 2017), no qual se considerou cinco critérios, retirando os dois critérios com menor peso.

### 5.3.1 Gráfico de barras para problema com cinco critérios

A Figura 45 apresenta as três alternativas POA, logo após a ordenação dos critérios. Nesse caso, com base nos experimentos de neurociências, descritos no Capítulo 3, os quais geraram a regra de recomendação descrita no Capítulo 4, verifica-se na Tabela 61 que não se deve usar esse tipo de gráfico, com essa composição de número de alternativas e critérios, para o caso de pesos distribuídos de forma diferenciada. Já na Tabela 60 se mostra a mesma recomendação para o caso de pesos iguais. Destaca-se ainda que a probabilidade de acerto é baixa (0,33), em ambos os casos de distribuição de pesos.

Figura 45 – Gráfico de barras com três alternativas e cinco critérios

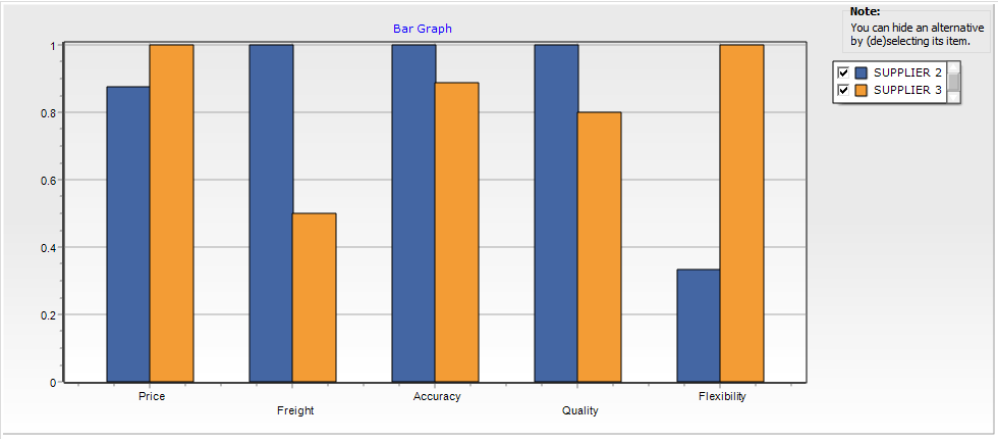



Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

Assim, o proceso de elicitação por decomposição deve ser recomendado pelo analista. Na Figura 46 são mostradas as duas alternativas POA, em gráfico de barras, logo após a resposta à pergunta que segue a ordenação dos critérios, a qual indicou que os pesos são distriuídos de forma destacadamente diferentes.

Nesse caso, com base na regra de recomendação descrita no Capítulo 4, verifica-se na Tabela 64 que esse tipo de gráfico pode ser usado com confiança pelo decisor, para essa duas alternativas e cinco critérios. Destaca-se ainda que a probabilidade de acerto é alta (0,91) e com baixa variância.

Figura 46 – Gráfico de barras com duas alternativas e cinco critérios

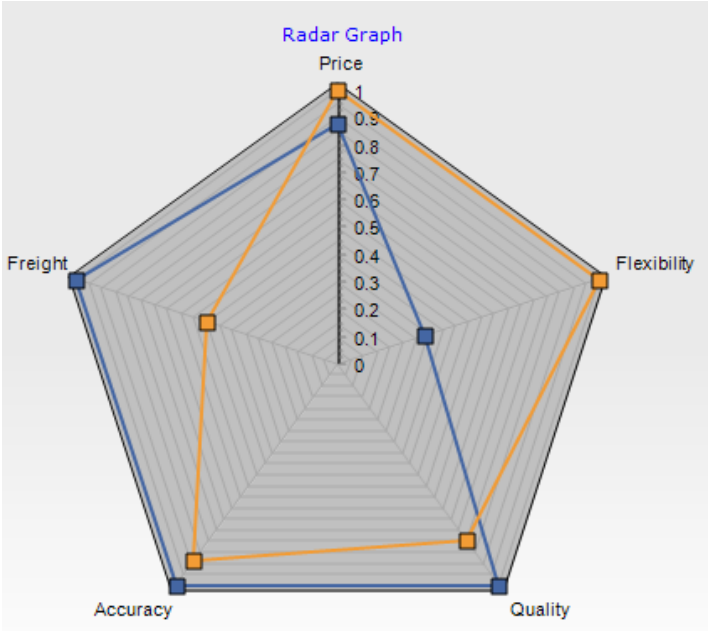



Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

### 5.3.2 Gráfico tipo radar para problema com cinco critérios

Na figura 47 são mostradas as duas alternativas POA, em gráfico tipo Radar Nesse caso, com base na regra de recomendação na Tabela 64, tem-se que esse tipo de gráfico apresenta risco de uso com probabilidade de acerto de 0,78 e com média variância. Todavia, o gráfico de barras é o escolhido para a avaliação holística pelo decisor.

Figura 47– Gráfico tipo radar com duas alternativas e cinco critérios



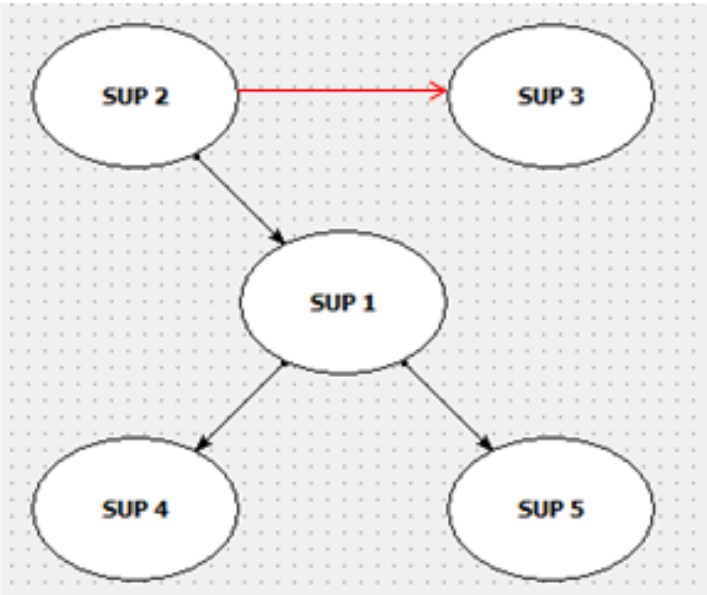

Fonte: SAD FITradeoff de escolha (2016).

### 5.3.3 Reconfiguração do Diagrama de Hasse

Com base na regra de recomendação, e considerando a natureza do gráfico descrita no subitem 5.1.3, a qual também é válida para cinco critérios, pode-se considerar que o *Supplier 2* é preferível pelo *Supplier 3*.

Sendo assim, esta relação de dominância deve ser incluída no PPL e o Diagrama de Hasse adaptado, conforme ilustrado na Figura 48. Com base nesta figura o diagrama de Hasse deve ser reposicionado com a alternativa *Supplier 2* na posição 1, *Supplier 1 e 3* incomparáveis na posição 2 e *Supplier 4 e 5* incomparáveis na posição 3.

Figura 48 – Digrama de Hasse adaptado para 5 critérios




Fonte:Esta pesquisa (2020).

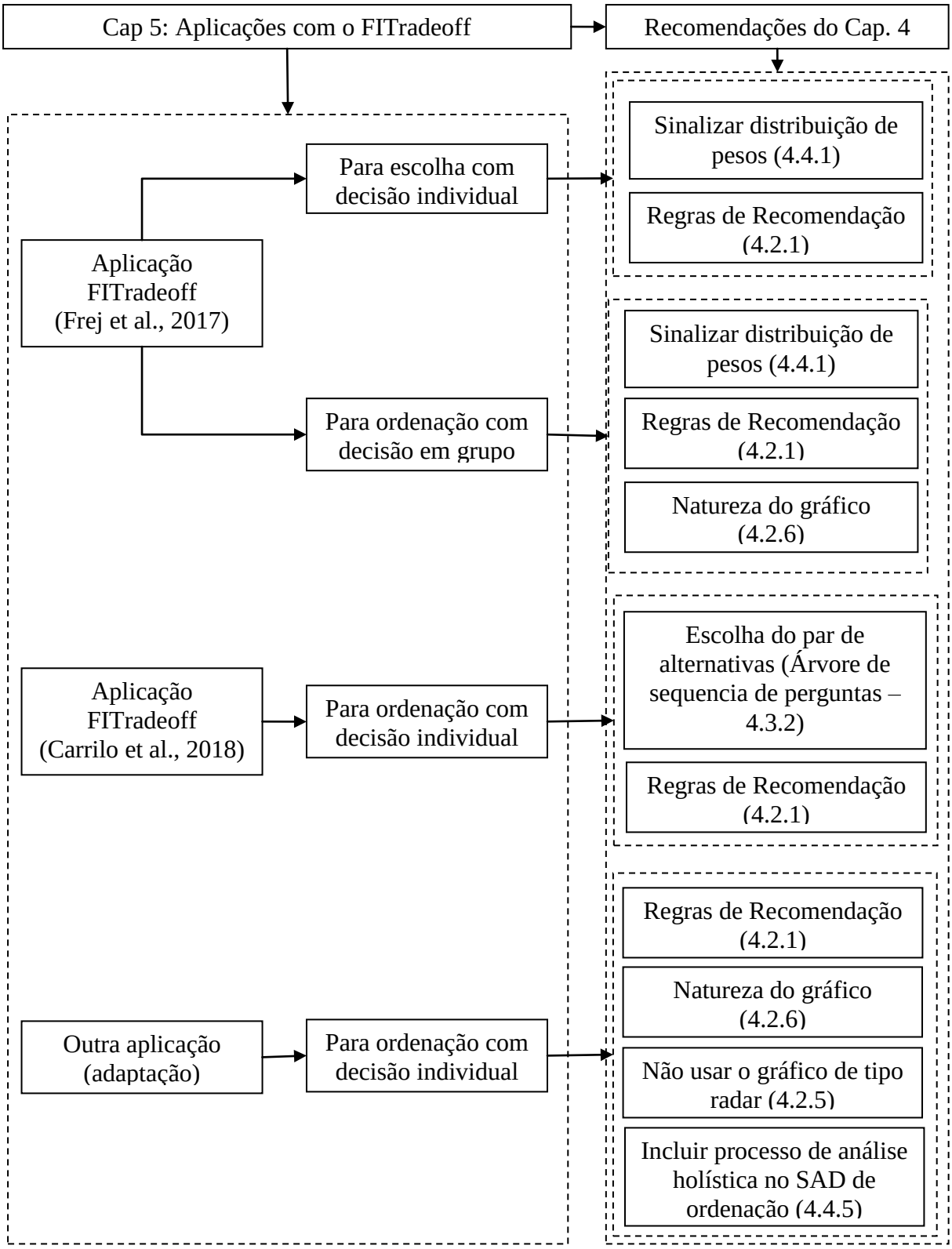
## 5.4 SÍNTESE DE RESULTADOS USADOS NAS APLICAÇÕES

Com finalidade de sintetizar este Capítulo, a Figura 49 é apresentada trazendo as recomendações para o processo decisório quando a análise holística se faz presente, usando das visualizações gráficas e tabulares, nas aplicações com o método FITradeoff, tanto na problemática de escolha quanto de ordenação, para decisões individuais ou realizadas por grupos de decisores.

Como recomendação geral sobre da análise holística no processo decisório com o FITradeoff, o analista deve avaliar todas as recomendações apresentada no Capítulo 4, as considerando em seu conjunto e não de forma cartesiana. Esta recomendação geral é ilustrada na figura onde várias recomendações podem ser usadas para cada uma das aplicações,

conforme, por exemplo, destacado no subitem 5.1.3, onde foi observado que a avaliação holística, a princípio, não seria recomendada para o caso de duas alternativas e 7 critérios, com pesos tendo distribuição diferente, sendo o oposto, caso fossem pesos similares. No entanto, com base em outra recomendação complementar, a qual se refere à natureza das visualizações pode-se adentrar no processo de avaliação holística usando deste procedimento

Figura 49– Fluxograma com resumo das aplicações e suas recomendações para o FITradeoff




Fonte: Esta pequisa (2020).

# 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões deste estudo e sugestões futuras para o desenvolvimento de estudos futuros.

## 6.1 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido apresentou estudos comportamentais, desenvolvidos com uso de ferramentas de neurociência, para modular métodos e processos decisórios, seja MCDM/A de natureza individual ou em grupo de decisores.

Segundo Korhonen & Wallenius (1997), embora as teorias desenvolvidas no passado expliquem aspectos comportamentais na tomada de decisões, muitos dos estudos não levam em consideração a modulação de métodos e sistemas para consideração destes aspectos.

Neste contexto este estudo busca destacar ainda mais a presença de aspectos comportamentais dentro do processo decisório para problemas MCDM/A, contribuindo com a melhoria do processo decisório para o método FITradeoff, apresentando assim uma contribuição importante para este método sendo a consideração de aspectos comportamentais, em especial considerando o uso da neurociência, uma tendência de interesse dentro das pesquisas em MCDM/A (Wallenius & Wallenius, 2008; 2020).

A escolha do método FITradeoff, a ser modulado com base nos estudos comportamentais, com uso de ferramentas de neurociência é relevante, quando se considera os prêmios concedidos em relação a esse método, conforme já mencionado na Introdução, sendo um deles relacionado de forma direta a este estudo, no que concerne aos melhoramentos no processo decisório com o método FITradeoff (*GDN Springer Young Researcher Award – Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System*).

Com relação aos Resultados desse estudo, estes podem ser agrupados em três blocos, os quais são descritos em seguida:

- Experimentos com neurociência para modular decisão multicritério com visualização gráfica e tabular (Capítulo 3);
- Uso de neurociência para modular o processo decisório com o FITradeoff e do desenho do seu SAD (Capítulo 4);
- Uso dos resultados em aplicações desenvolvidas com o FITradeoff (Capítulo 5).

**Experimentos com neurociência para modular decisão multicritério com visualização gráfica e tabular;**

Nesse bloco os resultados foram apresentados oriundos de três experimentos. O primeiro foi obtido em estudo anterior a essa pesquisa. O segundo experimento investigou o processo de tomada de decisão holística usando gráfico de barras e tabelas. E, por fim, o terceiro experimento investigou o processo de tomada de decisão holística, usando apenas duas alternativas, com base em gráfico de barras, gráficos tipo radar e tabelas. Para estes experimentos, as visualizações gráficas e tabulares foram comparadas para investigar seus desempenhos na atividade de avaliação holística para apoio a decisão.

Para o experimento 2 foram obtidos vários resultados relativos às variáveis investigadas, as quais foram obtidas com apoio dos equipamentos de neurociência, dentre estes resultados, destaca-se: maiores valores de taxa de acerto (HR), tempo de resposta (RT) e coeficiente da pupila quando visualizações com pesos iguais foram avaliadas, maior esforço cognitivo e desengajamento quando visualizações com pesos diferentes foram avaliadas, maior valor de RT e maior engajamento para as tabelas com pesos iguais quando comparadas à gráfico de barras e taxas de acerto similares para tabelas e gráfico de barras com pesos iguais e diferentes.

Para o experimento 3, além das análises desenvolvidas para o experimento 2, outras foram desenvolvidas com resultados similares, havendo destaque para a proposição do ‘Diagrama de Quadrantes Alpha-Theta’, uma nova ferramenta para estudar aspectos cognitivos no processo decisório. Para este experimento, alguns dos resultados obtidos foram: maiores valores de taxa de acerto e coeficiente da pupila para o gráfico de barras, maiores tempo de resposta para gráfico tipo radar, sendo especialmente maiores RT observado quando tabelas construídas para problemas com número par de critérios foram avaliados, maior quantidade de participantes caracterizados com comportamento no quadrante de Envolvimento durante a avaliação de gráfico de barras e radar e maior quantidade de participantes no quadrante de Diligência para avaliação de radar, maiores HR, RT e pupila para participantes considerados envolvidos e diligentes.

Os resultados acima indicam aspectos de natureza comportamental no processo decisório. Ou seja, descrevem como os decisores atuam para certas condições, sendo que parte desse estudo foi publicada em periódicos de alto impacto (Roselli et al, 2019a; Roselli et al, 2019b). A ligação entre o estudo comportamental e o processo decisório ocorre quando se aplica esses resultados para efetuar a modulação no processo decisório ou em algum método/ferramenta, conforme se mostra no bloco a seguir.

**Uso de neurociência para modular o processo decisório com o FITradeoff e do desenho do seu SAD**

Os resultados dos experimentos com neurociência foram usados para modular o processo decisório com o FITradeoff, em duas vertentes: geração de Insights para a interação entre analista e decisor na avaliação holística e sugestões de melhoria no desenho ou algoritmo no SAD.

Para a primeira destas vertentes, inúmeras recomendações foram apresentadas, com base nos resultados dos experimentos, para apoiar o analista em sua atividade de orientação ao decisor, sendo elas: a geração da Regra de Recomendação para uso das visualizações com base na probabilidade de acertos, recomendação a partir do uso da estrutura do Diagrama de Quadrantes Alpha-Theta, consideração sobre as diferenças cognitivas apresentadas durante a avaliação de visualizações com distribuição de pesos como similares ou destacadamente diferentes, consideração de diferenças cognitivas durante a avaliação de tabelas com relação ao número de critérios, consideração sobre a natureza dos gráficos, entre outras.

Especialmente, com relação a esta vertente, recomendações sobre a problemática de ordenação foram apresentadas para apoiar o processo de apoio fornecido pelo analista ao decisor. Para este caso, foi proposta a ferramenta ‘árvore de sequencia de perguntas’ foi desenvolvida e apresentada para auxiliar o analista na indicação do melhor par de alternativas a serem comparados pelo decisor na avaliação holística.

Para a segunda vertente, desenho do SAD, sugestões foram apresentadas para serem incluídas nos SADs desenvolvidos para o FITradeoff para problemática de escolha e ordenação, sendo elas: sinalização em ambos os SADs sobre o tipo de distribuição dos pesos, disponibilização em ambos os SADs das regras de recomendação para as visualizações gráficas e tabulares, inclusão no SAD de escolha da visualização tabular e incluir no SAD de ordenação todas as visualizações apresentadas nesta pesquisa.

Da mesma forma que para a primeira vertente, para o desenho do SAD, uma recomendação de impacto foi desenvolvida para o SAD de ordenação. Esta recomendação está relacionada a reconfiguração do Diagrama de Hasse a partir da avaliação holística.

Assim, a melhoria do processo decisório é efetuada na avaliação holística, por meio da geração de insights para a interação entre analista e decisor. Neste contexto, regras, procedimentos e orientações foram propostos para que o analista possa melhorar as recomendações a serem fornecidas ao decisor. A forma como os resultados dos experimentos foram usados para modular o SAD do FITradeoff consistem em propostas para melhoramentos no Desenho, implementações no algoritmo e inclusão de menus no SAD.

**Uso dos resultados em aplicações desenvolvidas com o FITradeoff.**

O uso dos resultados anteriores é mostrado em duas das aplicações desenvolvidas com o método FITradeoff, ao longo deste estudo, as quais foram publicados em periódicos de impacto na área (Frej et al., 2017; Carrillo et al., 2018). Assim, o uso dos resultados mencionados no bloco anterior são apresentados para a melhoria no processo decisório.

## 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos com esse estudo se verificou que há várias sugestões para futuros trabalhos, algumas das quais já mencionadas ao longo das descrições e discussões anteriores. A seguir são apresentadas algumas sugestões em maior destaque.

O processo decisório nesse estudo foi focado na avaliação holística, com uso de visualizações gráficas e tabulares, para o método FITradeoff. No entanto, esses resultados podem ser aplicados a outros métodos compensatórios, dentro do contexto do MAVT, por meio de trabalhos futuros nessa linha. Podem também ser desenvolvidos estudos específicos voltados para avaliação holística, com uso de visualizações gráficas e tabulares, no contexto de métodos não-compensatórios.

Os contrassensos observados durante a discussão dos resultados dos experimentos 2 e 3, no Capítulo 3, também devem ser mais investigados em futuros trabalhos, sendo os problemas com 4A4C, 4A5C e 2A5C aqueles indicados como os que devem ser repetidos em estudos futuros para o desenvolvimento de mais análises.

Além destes contrassensos, propostas de experimentos foram sugeridas a partir da discussão dos resultados, sendo uma delas referente a elaboração de visualizações que apresentem outra forma de agrupamento dos dados, presentes na matriz de consequência para problema de decisão multicritério, com a finalidade de investigar como os decisores realizam avaliação holística para estas formas de visualizações.

Além disso, devido ao baixo desempenho observado pelo gráfico tipo radar na avaliação holística das alternativas, um novo experimento pode ser construído para investigar novamente este tipo de visualização, considerando, porém, uma maior quantidade de gráficos com pesos iguais.

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, particularmente para as visualizações presentes nos experimentos 2 e 3.

Sendo assim, com base na análise das áreas de interesse é possível confirmar, se para as visualizações com pesos diferentes presentes nos experimentos 2 e 3, os participantes continuaram a fixar mais em critérios de maior pesos, da esquerda para a direta. Além disso, é possível comparar as fixações realizadas durante a avaliação das visualizações com pesos iguais versus pesos diferentes a fim de confirmar a interpretação do resultado de RT, onde foi sugerido que em visualizações com pesos iguais os participantes avaliavam mais critérios para tomar a decisão.

Com relação às áreas de interesse, uma nova análise também pode ser desenvolvida, considerando áreas desenhadas para cada uma das alternativas ao invés das áreas desenhadas para cada um dos critérios. Sendo assim, uma investigação que pode ser feita refere-se à previsão da escolha realizada pelo decisor a partir da análise da quantidade de fixações que foram feitas em cada uma das alternativas.

A análise de contagem e tempo de fixação e visita foi considerada apenas para o experimento 2, sendo retirada do escopo de análise do experimento 3, por não ter um desdobramento imediato no Capítulo 4 e considerando também a extensão dos trabalhos já produzidos. Sendo assim, essa análise fica como sugestão para futuros trabalhos, incluindo o estudo de seu desdobramento para recomendações em relação ao design do FITradeoff.

Igualmente, devido a extensão dos trabalhos já apresentados, foi retirado do escopo desse estudo a análise de visualizações com mais de duas alternativas no experimento 3, além de visualizações combinadas gráfico de barras com tabelas, os quais merecem uma atenção específica. Desta forma, sugere-se também que esse estudo seja conduzido em futuros trabalhos.

Por fim, a última sugestão de pesquisa utiliza-se das séries temporais compostas pelos diâmetros da pupila. Para esta análise o coeficiente angular da reta de tendência de pupila pode ser investigado e, consequentemente, o ângulo de inclinação destas retas. Esta sugestão de análise apresenta uma inovação nas investigações dos diâmetros das pupilas, onde os ângulos podem ser utilizados para avaliar o esforço cognitivo dispendido pelos decisores quando cada uma das visualizações é avaliada.

## REFERÊNCIAS


ANDERSON, R.K.; DROR, M.. An interactive graphic presentation for multiobjective linear programming. **Applied mathematics and computation**, 123(2), 229-248, 2001.

ARES, G., MAWAD, F., GIMÉNEZ, A., & MAICHE, A. Influence of rational and intuitive thinking styles on food choice: Preliminary evidence from an eye-tracking study with yogurt labels. **Food Quality and Preference**, 31, 28-37, 2014.

BARBERIS, N., & XIONG, W. What drives the disposition effect? An analysis of a long-standing preference-based explanation. **The Journal of Finance**, 64(2), 751-784, 2009.

BARLA, S. B. A case study of supplier selection for lean supply by using a mathematical model. **Logistics Information Management**, 16,451-459, 2003.

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

BECHARA, A, DAMASIO, A.R. The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. **Games and economic behavior**, 52(2),336-372, 2005.

BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis**: an integrated approach. Berlim:Springer Science & Business Media, 2002.

BOGACZ, R., BROWN, E., moehlis, J., HOLMES, P., & COHEN, J. D. The physics of optimal decision-making: a formal analysis of models of performance in two-alternative forced-choice tasks. **Psychological review**, 113(4), 700, 2006.

BORCHERDING, K.; EPPEL, T.; VON WINTERFELDT, D. Comparison of weighting judgments in multiattribute utility measurement. **Management Science**, 37(12),1603-1619, 1991.

BOX, G., DRAPER, N. **Empirical model-building and responses surfaces**. New York:Wiley,1987.

BROCAS, I. Information processing and decision-making: evidence from the brain sciences and implications for Economics. **Journal of Economic Behavior & Organization**, 83(3), 292-310, 2012.

BUETTNER, R. Investigation of the relationship between visual website complexity and users' mental workload: A NeuroIS perspective. *In:* DAVIS, F.D., RIEDL, R., VOM BROCKE, J., LÉGER, P.-M., RANDOLPH, A. (Eds.). **Information Systems and Neuroscience**, Berlim: Springer, 2015.

CARRILLO, P. A. A., ROSELLI, L. R. P., FREJ, E. A., & DE ALMEIDA, A. T. Selecting an agricultural technology package based on the flexible and interactive tradeoff method. **Annals of Operations Research**, 1-16, 2018.

CHAI, J; LIU, J; NGAI, E. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, 40(10), 3872-3885, 2013.

CHOI, J. J., LAIBSON, D., MADRIAN, B. C., & METRICK, A. Reinforcement learning and savings behavior. **The Journal of finance**, 64(6), 2515-2534, 2009.

CHUANG, H; LIN, C; CHEN, Y. Exploring the triple reciprocity nature of organizational value cocreation behavior using multicriteria decision making analysis. **Mathematical Problems in Engineering**, 1-15,2015.

DAMASIO, A.R., TRANEL, D., DAMASIO, H. Individuals with sociopathic behavior caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli. **Behavi. Brain Res.** 41, 81–94, 1990.

DAMASIO, A.R., TRANEL, D., DAMASIO, H. Somatic markers and the guidance of behavior: Theory and preliminary testing. *In:* LEVIN, H.S., EISENBERG, H.M., BENTON, A.L. (Eds.). **Frontal Lobe Function and Dysfunction**. New York :Oxford Univ. Press, 217–229, 1991.

DAMASIO, A.R. **Looking for Spinoza**: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain. New York: Harcourt Brace & Co., 2003.

de ALMEIDA, A.T. de. P**rocesso de Decisão nas Organizações**: Construindo Modelos de Decisão Multicritério, 2Ed. São Paulo: Editora Atlas (No prelo), 2020.

de ALMEIDA, A T; ROSELLI, L.R.P . **Tendências na Solução de Problemas de Decisão Multicritério e o uso do Método FITradeoff** . Palestra no Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Santos, São Paulo, 2019.

de ALMEIDA, A. T. ; ROSELLI, L. R. P. ; COSTA, A. P. C. S. ; GONCALVES, J. M. S. ; ANDRADE, A. L. . Decision process improvement based on behavioral experiments of multi-attribute choices with graphical visualization. *In:***Society of NeuroEconomics ,** 16th , Proceedings**,** Philadelphia, US, 2018.

de ALMEIDA, A.T; ROSELLI, L.R.P. **Visualization for Decision Support in FITradeoff Method: Exploring Its Evaluation with Cognitive Neuroscience**. Lecture Notes in Business Information Processing. 282ed.: Springer International Publishing, 61-73, 2017 (a)

de ALMEIDA, A. T; ROSELLI, L.R.P. . Improving Preference Modeling for Multi-Criteria Decision-Making with Cognitive Mechanisms Analysis. *In:* **Society for Neuroeconomics**, 17, 2017, Toronto, Canadá, Proceedings **[..]** 2017 (b).

de ALMEIDA, A.T., de ALMEIDA, J.A., COSTA, A.P.C.S. e de ALMEIDA-FILHO, A.T. A New Method for Elicitation of CriteriaWeights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff. **European Journal of Operational Research**, 250, 179-191, 2016.

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 ALMEIDA, A.T. **Processo de Decisão nas Organizações:** Construindo Modelos de Decisão Multicritério, 1ed. São Paulo: Editora Atlas, 2013.

de LOOF, E., VASSENA, E., JANSSENS, C., DE TAEYE, L., MEURS, A., VAN ROOST, D., VERGUTS, T. Preparing for hard times: Scalp and intracranial physiological signatures of proactive cognitive control. **Psychophysiology**, 56,10,2019.

de MARTINO, B., CAMERER, C. F., & ADOLPHS, R. Amygdala damage eliminates monetary loss aversion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 107(8), 2010.

DEMIREL, N; DEMIREL, T; DEVECI, M; VARDAR, G. Location selection for underground natural gas storage using Choquet integral. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, 45, 368-379, 2017.

DWEIRI, F., KUMAR, S., KHAM S.A., O'BRIEN, C. Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. **Expert Systems With Applications,** 62, 273–283, 2016.

DIMOKA, A; PAVLOU, P A.; DAVIS, F D. Neuro-IS: The potential of cognitive neuroscience for information systems research. In: **International Conference on Information Systems**, 28th, Proceedings**,** Toulon, França, 1-20, 2007.

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

EMOTIV EPOC+ - 14 CHANNEL WIRELESS EEG HEADSET. EMOTIV. Disponível em: https://www.emotiv.com/epoc/. Acesso em: 16 jan. 2020.

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

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A.T.; COSTA, A. P. C. S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. **Operational Research,** 19, 909–931, 2019.

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**, 1-9, 2017.

FREJ, E. A.; de ALMEIDA, A. T. . Multicriteria Group Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry. *In:* **Internation Conference on Group Decision and Negotiation**, Proceedings, Bellingham, US, 1, 60-62, 2016.

FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M. (eds). **Multiple criteria decision analysis**: state of the art surveys. Berlin: Springer, 2005.

GENEVSKY, A; KNUTSON, B. Neural affective mechanisms predict market-level microlending. **Psychological science**, 26(9), 1411-1422, 2015.

GETTINGER, J. KIESLING, E., STUMMER, C., VETSCHERA, R. A comparison of representations for discrete multi-criteria decision problems. **Decision Support Systems**, 54, 976-985, 2013.

GLIMCHER, P. W.,FEHR, E. **Neuroeconomics**: Decision making and the brain. Massachusetts: Academic Press, 2013.

GLIMCHER, P. W. **Decisions, uncertainty, and the brain:** The science of neuroeconomics. Massachusetts:MIT press, 2004.

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

GLIMCHER, P. W. The neurobiology of visual-saccadic decision making. **Annual review of neuroscience**, 26(1), 133-179, 2003.

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

GUIXERES, J., BIGNÉ, E., AUSÍN AZOFRA, J. M., ALCAÑIZ RAYA, M., COLOMER GRANERO, A., FUENTES HURTADO, F., & NARANJO ORNEDO, V. Consumer neuroscience-based metrics predict recall, liking and viewing rates in online advertising. **Frontiers in psychology**, 8, 2017.

HOLM, A., LUKANDER, K., KORPELA, J., SALLINEN, M., AND MÜLLER, K. M. I. Estimating Brain Load from the EEG. **Sci. World J**. 9, 639–651, 2009.

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

KAHNEMAN, D. TVERSKY, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. **Econometria** 4, 263 – 291, 1979

KAHNEMAN, D. **Thinking fast and slow**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2013.

KALENSCHER, T., OHMANN, T., & GÜNTÜRKÜN, O. The neuroscience of impulsive and self-controlled decisions. **International Journal of Psychophysiology**, 62(2), 203-211, 2006.

KARMARKAR, U. R., YOON, C. Consumer neuroscience: advances in understanding consumer psychology. **Current Opinion in Psychology**, 10: 160-165, 2016.

KEENEY, R.L.**Value-focused thinking: a path to creative decision making**. Massachusetts: Harvard University Press, 1992.

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

KENNING, P; PLASSMANN, H. NeuroEconomics: An overview from an economic perspective. **Brain Research Bulletin**, 67(5), 343-354, 2005.

KHUSHABA, R N. Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. **Expert Systems with Applications**, 40(9), 3803-3812, 2013.

KILGOUR, D.M., & EDEN, C. **Handbook of group decision and negotiation**: advances in group decision and negotiation, Berlim:Springer Science, 2020.

KILGOUR, D.M., & EDEN, C. **Handbook of group decision and negotiation**: advances in group decision and negotiation. Berlim: Springer Science, 2010.

KLIMESCH, W.; SCHACK, B.; SAUSENG, P. The functional significance of theta and upper alpha oscillations. **Experimental psychology**, 52 (2), 99-108, 2005.

KIRKWOOD, C.W., SARIN, R.K. Ranking with information with partial information: A method and an application. **Operations Research**, 33(1), 38-48, 1985.

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

KORHONEN, P., & WALLENIUS, J. Behavioral issues in MCDM: Neglected research questions. **Multicriteria analysis**. Berlin :Springer, , Heidelberg, 412-422,1997.

KUHNEN, C. M. Asymmetric learning from financial information. **The Journal of Finance**, 70(5), 2029-2062, 2005.

LABRECQUE, L I.; PATRICK, VM.; MILNE, G R. The marketers' prismatic palette: A review of color research and future directions. **Psychology & Marketing**, 30(2), 187-202, 2013.

LAENG, B; SIROIS, S; GREDEBÄCK, G. Pupillometry: a window to the preconscious? **Perspectives on psychological science**, 7 (1), 18-27, 2012.

LASHGARI, A; YAZDANI-CHAMZINI, A; FOULADGAR, M; ZAVADSKAS, E; SHAFIEE, S; ABBATE, N. Equipment selection using fuzzy multi criteria decision making model: key study of Gole Gohar iron mine. **Engineering Economics**, 23(2), 125-136, 2012.

LEE, L; AMIR, O; ARIELY, D. In search of homo economicus: Cognitive noise and the role of emotion in preference consistency. **Journal of consumer research**, 36(2), 173-187, 2009.

LEE, N; BRODERICK, A J.; CHAMBERLAIN, L. What is 'neuromarketing'? A discussion and agenda for future research. **International journal of psychophysiology**, 63(2), 199-204, 2007.

LINKOV, I., CORMIER, S., GOLD, J., SATTERSTROM, F. K., & BRIDGES, T. Using our brains to develop better policy. **Risk Analysis: An International Journal**, 32(3), 374-380, 2012.

LIU, B., GOVINDAN, R., & UZZI, B. Do emotions expressed online correlate with actual changes in decision-making?: The case of stock day traders. **PloS one**, 11(1), 2016.

LOEWENSTEIN, G; RICK, S; COHEN, JD. Neuroeconomics. **Annual Review of Psychology**, 59, 647-672, 2008

MACDONALD, J. S. P., MATHAN, S., & YEUNG, N. Trial-by-trial variations in subjective attentional state are reflected in ongoing prestimulus EEG alpha oscillations. **Frontiers in psychology**, 2, 82, 2011.

MARTIN. G. N. **Psychology**: A Beginner's Guide. UK: Oneworld Publications, 2008.

MENDES, J. A. J.; De Almeida, A.T. ; FREJ, E.A. ; De Almeida, J.A. . Análise do método FITradeoff através de resultados de simulação em problemas de decisão multicritério. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 51., 2019, Limeira. **Anais** [...]. Limeira: FCAUNICAMP, 2019.

MIETTINEN, K. Survey of methods to visualize alternatives in multiple criteria decision making problems, **Operations Research Spectrum**, 36, 3-37 2014.

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

MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C., & CALADO, V. **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. Brasil: Grupo Gen-LTC, 2000.

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

NAGVI, N; SHIV, B; BECHARA, A. The role of emotion in decision making: A cognitive neuroscience perspective. **Current Directions in Psychological Science**, 15, 260- 264, 2006.

NERMEND, K. The Implementation of Cognitive Neuroscience Techniques for Fatigue Evaluation in Participants of the Decision-Making Process. **Neuroeconomic and Behavioral Aspects of Decision Making.** Berlim: Springer, Cham, 329-339, 2017.

ÖZEROL, G; KARASAKAL, E. A parallel between regret theory and outranking methods for multicriteria decision making under imprecise information. **Theory and Decision**, 65(1), 45-70, 2008.

PERSSON, E., ASUTAY, E., HAGMAN, W., VÄSTFJÄLL, D., & TINGHÖG, G. Affective response predicts risky choice for fast, but not slow, decisions. **Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics,** 11(4), 213, 2018.

PLASSMANN, H. What can advertisers learn from neuroscience? **International Journal of Advertising**, 26(2), 151-175, 2007.

PLATT, M. L., HUETTEL, S. A. Risky business: the neuroeconomics of decision making under uncertainty. **Nature neuroscience**, 11(4), 398-403, 2008.

POLMEROL, J-C, BARBA-ROMERO, S.**Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice**.Holanda, Kluwer, 2000.

PORTER, G; TROSCIANKO, T; GILCHRIST, I. D. Effort during visual search and counting: Insights from pupillometry. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, 60(2), 211-229, 2007.

PREUSCHOFF, K., BOSSAERTS, P., & QUARTZ, S. R. Neural differentiation of expected reward and risk in human subcortical structures. **Neuron**, 51(3), 381-390, 2006.

RAMSØY, T. Z., SKOV, M., CHRISTENSEN, M. K., & STAHLHUT, C. Frontal brain asymmetry and willingness to pay. **Frontiers in neuroscience**, 12, 138, 2018.

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

RAVAJA, N., KORHONEN, P., KÖKSALAN, M., LIPSANEN, J., SALMINEN, M., SOMERVUORI, O., & WALLENIUS, J. Emotional–motivational responses predicting choices: The role of asymmetrical frontal cortical activity. **Journal of Economic Psychology**, 52, 56-70, 2016.

RAVAJA, N., SOMERVUORI, O., & SALMINEN, M. Predicting purchase decision: The role of hemispheric asymmetry over the frontal cortex. **Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics**, 6(1), 1, 2013.

REIMANN, M. How we relate to brands: Psychological and neurophysiological insights into consumer–brand relationships. **Journal of Consumer Psychology**, 22(1), 128-142, 2012.

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

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

RILLING, J.K; SANFEY, A.G. The Neuroscience of Social Decision-Making. **Annual Review of Psychology**, 62, 23-48, 2011.

ROSELLI, L. R. P; de ALMEIDA, A.T. Analysis of Graphical Visualizations for Multi-Criteria Decision Making in FITradeoff Method using a Decision Neuroscience Experiment *In:* **Society of NeuroEconomics,** 2020 (em processo de submissão).

ROSELLI, L. R. P; de ALMEIDA, A.T.; FREJ,E.A. Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. **Operational Research**, v. 19, 1-21, 2019 (a)

ROSELLI, L. R. P., DE SOUSA PEREIRA, L., DE ALMEIDA, A. T., MORAIS, D. C., & COSTA, A. P. C. S. Neuroscience experiment applied to investigate decision-maker behavior in the tradeoff elicitation procedure. **Annals of Operations Research**, 1-18, 2019 (b).

ROSELLI, L. R. P. ; SILVA, A. L. C. L. ; ALMEIDA, A. T. . Evaluation of graphical visualization behavioral in a multi-criteria decision making context. *In:* SOCIETY OF NEUROECONOMICS, 17, 2019, Dublin, Irlanda. **Proceedings** [..]. Dublin, Irlanda, 2019 (c).

ROSELLI, L. R. P.; de ALMEIDA, A. T. Investigating Graphical Visualization in FITradeoff method with Neuroscience using EEG and Eye-tracker. *In:* INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUP DECISION AND NEGOTIATION, 19, 2019, Loughborough, UK. **Proceedings** [..].Loughborough, UK, 2019 (a).

ROSELLI, L. R. P.; de ALMEIDA, A. T. . Analyzing graphical visualization for multi-attribute decision making using EEG and eye-tracker. *In:*NEUROPSYCHOECONOMICS CONFERENCE**,** 2019, Roma, Itália. **Proceedings** [..].Roma, Itália, 2019 (b).

ROSELLI, L. R. P., FREJ, E. A. & DE ALMEIDA, A. T. **Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System**. *In:* CHEN Y., KERSTEN G., VETSCHERA R., XU H. (eds) Group Decision and Negotiation in an Uncertain World. Lecture Notes in Business Information Processing, 315, 2018 (a).

ROSELLI, L. R. P.; FREJ, E. A. ; de ALMEIDA, A. T. . Improving Graphical Visualization in the FITradeoff DSS Using Neuroscience Experiment. *In:* INFORMS INTERNATIONAL CONFERENCE, 2018, Taipei. **Proceedings** [..].Taipei, 2018 (b).

ROSELLI, LUCIA REIS PEIXOTO. **Avaliação de Aspectos Comportamentais no Desenho e Análise do FITradeoff com apoio de Neurociência em Decisão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Adiel Teixeira de Almeida, 2018.

ROSELLI, L.R.P.; FREJ. E.A; DE ALMEIDA, A.T. Designing Preference Modeling for FITradeoff Method with Decision Neuroscience Experiments. *In:* INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUP DECISION AND NEGOTIATION, 17, 2017, Stuttgart, Alemanha. **Proceedings** [..].Stuttgart, Alemanha , 2017 (a).

ROSELLI, L.R.P.; FREJ. E.A; DE ALMEIDA, A.T. Uso da Neurociência-Decisão para Design de Sistemas de Apoio a Decisão com o Método Multicritério FITradeoff. *I*n: XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Blumenau. **Anais[...],** 2017 (b)

ROSELLI, L.R.P.; ALMEIDA, A. T. Cognitive Analysis for Improving Preference Elicitation Confidence of Scale Constants in Multi-Attribute Value Theory. *In:* SOCIETY FOR NEUROECONOMICS**,** 16, 2017, Toronto, Canadá. **Proceedings** [..].Toronto, Canadá 2017.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Berlim: Kluwer Academic Publishers, 1996.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SANFEY, A.G., RILLING, J.K., ARONSON, J.A., NYSTROM, L.E. e COHEN, J.P. The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. **Science**, 5626, 1755-1758, 2003.

SANFEY, A. G., LOEWENSTEIN, G., MCCLURE, S. M., & COHEN, J. D. Neuroeconomics: cross-currents in research on decision-making. **Trends in cognitive sciences**, 10(3), 108-116, 2006.

SHARMA, N; GEDEON, T. Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. **Computer methods and programs in biomedicine**, 108(3), 1287-1301, 2012.

SIMON, H.A.**The New Science of Management Decision**. Nova York: Harper & Row Publishers, 1960.

SLANZI, G., BALAZS, J; VELÁSQUEZ, J. D. Predicting Web user click intention using pupil dilation and electroencephalogram analysis.*In*: WEB INTELLIGENCE (WI), IEEE/WIC/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON IEEE**,** 2016, Thessaloniki, Grécia. **Proceedings** [..].Thessaloniki, Grécia, 2016.

SCHMITT, B. The consumer psychology of brands. **Journal of Consumer Psychology**, 22 (1), 7-17, 2012.

SCHONBERG, T., FOX, C. R., & POLDRACK, R. A. Mind the gap: bridging economic and naturalistic risk-taking with cognitive neuroscience. **Trends in cognitive sciences**, 15(1), 11-19, 2011.

SMITH, D. V.; HUETTEL, S. A. Decision neuroscience: neuroeconomics. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science**, 1(6), 854-871, 2010.

SUGRUE, L. P., CORRADO, G. S., NEWSOME, W. T. Choosing the greater of two goods: neural currencies for valuation and decision making. **Nature Reviews Neuroscience**, 6(5), 2005.

SYLCOTT, B., CAGAN, J.; TABIBNIA, G.Understanding consumer tradeoffs between form and function through metaconjoint and cognitive neuroscience analyses. **Journal of Mechanical Design**, 135(10), 2013.

TABIBNIA, G., SATPUTE, A. B., & LIEBERMAN, M. D. The sunny side of fairness: preference for fairness activates reward circuitry (and disregarding unfairness activates self-control circuitry). **Psychological Science**, 19(4), 339-347, 2008.

TOBII PRO X3-120 SCREEN-BASED EYE TRACKER. TOBII. Disponível em: https://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-x3-120/. Acesso em: 16 jan. 2020.

TREPEL, C., FOX, C. R., & POLDRACK, R. A. Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk. **Cognitive brain research**, 23(1), 34-50, 2005.

VINCKE, J. P; BRANS, PH. A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM. **Management Science**, 31(6), 647-656, 1985.

VOLZ, K. G., & HERTWIG, R. Emotions and decisions: Beyond conceptual vagueness and the rationality muddle. **Perspectives on Psychological Science**, 11(1), 101-116, 2016.

VON NEUMAM, J. MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behavioral**. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1944.

VON WINTERFELDT, D., EDWARDS W. **Decision analysis and behavioral research**, 1986.

WANG, L; CHU, J; WU, J. Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economics**, 107(1), 151-163, 2007.

WASCHER, E., RASCH, B., SÄNGER, J., HOFFMANN, S., SCHNEIDER, D., RINKENAUER, G., HEUER, H., & GUTBERLET, I. Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. **Biological Psychology**, 96, 57-65, 2014.

WEBER, M; BORCHERDING, K.Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. **European Journal of Operational Research**, 67(1), 1-12, 1993.

WEBER, B., AHOLT, A., NEUHAUS, C., TRAUTNER, P., ELGER, C. E., & TEICHERT, T. Neural evidence for reference-dependence in real-market-transactions. **Neuroimage**, 35(1), 441-447, 2007.

WALLENIUS, H; WALLENIUS, J. **Implications of World Mega Trends for MCDM Research.** In: BEN AMOR, S., DE ALMEIDA, A., DE MIRANDA, J, AKTAS, E. (Eds.). Advanced Studies in Multi-Criteria Decision Making. New York: Chapman and Hall/CRC, Series in Operations Research, 1st Ed, 1-10, 2020.

WALLENIUS, J., DYER, J. S., FISHBURN, P. C., STEUER, R. E., ZIONTS, S., & DEB, K. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead. **Management science**, 54(7), 1336-1349, 2008.

ZHANG, X., BACHMANN, P., SCHILLING, T. M., NAUMANN, E., SCHAECHINGER, H., & LARRA, M. F. Emotional stress regulation: The role of relative frontal alpha asymmetry in shaping the stress response. **Biological psychology**, 138, 231-239, 2018.

ZHAO, Y., ZHAO, X., WANG, L., CHEN, Y., & ZHANG, X. Does elicitation method matter? Behavioral and neuroimaging evidence from capacity allocation game. **Production and Operations Management**, 25(5), 919-934, 2016.

ZHAO, YL; SIAU, K. Cognitive Neuroscience in Information Systems Research. **Journal of Database Management**, 27, 58-73, 2016

## APÊNDICE A - TEMPO DE RESPOSTAS PARA O EXPERIMENTO 2.

| Usuários | 4A5C TD | 5A4C GD | 4A4C TS | 5A4C GS | 5A4C TS | 4A3C TS | 4A3C TD | 3A4C TS | 5A4C TD | 4A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 3A4C TD | 4A3C GS | 4A5C TS | 4A5C GS | 3A4C GD | 4A4C TD | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário1 | 36,87 | 39,27 | 81,3 | 58,1 | 17,1 | 89,3 | 40 | 60,992 | 39,25 | 52,9 | 32,4 | 30,99 | 22,41 | 51,2 | 69,97 | 74 | 11,52 | 29,6 | 13,1 | 45,02 |
| Usuário 2 | 62,21 | 79,43 | 109 | 46,4 | 88,41 | 61,5 | 46,7 | 16,745 | 28,61 | 50,7 | 22,31 | 13,19 | 23,32 | 27,9 | 24,09 | 52,6 | 53,56 | 110 | 12,86 | 7,215 |
| Usuário3 | 67,39 | 95,79 | 85,5 | 84,2 | 42,05 | 63,7 | 70,8 | 27,472 | 48,93 | 70,1 | 59,25 | 49,96 | 42,91 | 76 | 81,78 | 124 | 35,46 | 87,8 | 25,71 | 39,25 |
| Usuário4 | 48,45 | 66,89 | 59,2 | 55,8 | 35,78 | 34,6 | 20,6 | 25,816 | 18,22 | 62,9 | 30,28 | 49,06 | 23,01 | 39,2 | 58,41 | 32,9 | 41,25 | 50,5 | 17,21 | 38,46 |
| Usuário5 | 8,757 | 44,48 | 31,6 | 43,3 | 37,72 | 40,5 | 18,5 | 10,861 | 23,33 | 23,7 | 19,18 | 15,23 | 14,35 | 31,5 | 22,72 | 29,3 | 10,37 | 17 | 18,19 | 32,33 |
| Usuário8 | 56,45 | 56,08 | 40 | 22,1 | 21,48 | 13,8 | 8,57 | 12,382 | 11,49 | 19,9 | 15,46 | 8,995 | 12 | 18,2 | 20,01 | 23,2 | 16,78 | 23,1 | 10,08 | 35,19 |
| Usuário 9 | 69,68 | 43,71 | 60,5 | 95,7 | 78,31 | 75,6 | 45,3 | 27,941 | 40,44 | 81,4 | 37,75 | 50,33 | 63,48 | 75,8 | 28,45 | 39,2 | 46,41 | 40,7 | 17,49 | 20,19 |
| Usuário10 | 67,44 | 33,25 | 48,2 | 20 | 37,91 | 31,2 | 30,2 | 10,11 | 15,14 | 35,7 | 11,31 | 25,27 | 11,56 | 32,6 | 21,26 | 17,5 | 15,87 | 26,4 | 14,31 | 12,07 |
| Usuário11 | 47,24 | 29,73 | 48,5 | 23,6 | 26,27 | 35,8 | 55,2 | 30,338 | 36,3 | 45,8 | 15,63 | 20,09 | 33,5 | 49,9 | 47,95 | 31 | 13,44 | 59,5 | 32,86 | 40,94 |
| Usuário12 | 26,17 | 30,4 | 70,4 | 44,2 | 47,2 | 47,3 | 24 | 23,711 | 23,38 | 37,9 | 34,94 | 16,94 | 35,92 | 19,8 | 38,64 | 28,2 | 17,2 | 25,5 | 33,08 | 32,82 |
| Usuário13 | 82,28 | 48,86 | 24,7 | 53,7 | 91,06 | 32,7 | 24 | 12,467 | 35,43 | 27,4 | 27,15 | 40,69 | 42,28 | 47,7 | 45,63 | 37,1 | 24,13 | 38,6 | 10,84 | 11,07 |
| Usuário14 | 66,53 | 40,22 | 118 | 51 | 127,8 | 90,6 | 57,2 | 31,627 | 37,43 | 62,9 | 10,42 | 39,4 | 30,32 | 15,5 | 47,17 | 75,1 | 17,99 | 36,5 | 58,14 | 48,67 |
| Usuário15 | 26,21 | 30,83 | 50,6 | 36,7 | 70,15 | 59,8 | 71,4 | 21,845 | 23,36 | 40 | 49,5 | 22,4 | 35,29 | 31,7 | 20,31 | 30,5 | 61,81 | 37,8 | 19,47 | 18,79 |
| Usuário16 | 44,16 | 17,58 | 14,2 | 21,2 | 17,84 | 27 | 47 | 26,45 | 29,06 | 47,1 | 26,37 | 13,91 | 9,062 | 22,8 | 26,98 | 21,7 | 68,34 | 21,7 | 15,57 | 29,29 |
| Usuário17 | 46,92 | 19,67 | 46,9 | 27,5 | 36,45 | 27,7 | 38,5 | 25,325 | 11,6 | 40,4 | 67,91 | 35,88 | 20,96 | 39 | 61,5 | 112 | 38,31 | 48,3 | 25,09 | 104,3 |
| Usuário18 | 57,79 | 34,03 | 33,8 | 49,1 | 22,73 | 35,1 | 15,7 | 13,046 | 12,26 | 26,1 | 14,92 | 26,32 | 11,46 | 30,7 | 30,72 | 31,8 | 23,45 | 19,4 | 12,77 | 15,22 |
| Usuário19 | 41,63 | 25,35 | 48,2 | 27 | 20,85 | 17 | 14,5 | 10,922 | 10,78 | 20,6 | 16,93 | 26,17 | 11,34 | 26 | 17,98 | 52,6 | 8,85 | 15,8 | 19,01 | 35,82 |
| Usuário21 | 11,53 | 24,57 | 7,6 | 16,5 | 19,5 | 15,9 | 15,7 | 8,505 | 17,94 | 9,53 | 9,645 | 8,031 | 12,85 | 38,8 | 25,73 | 35 | 15,22 | 25,3 | 15,4 | 27,33 |
| Usuário22 | 35,69 | 33,39 | 55,4 | 82 | 97,4 | 88,4 | 50,5 | 13,625 | 86,39 | 35,1 | 21,3 | 60,09 | 9,92 | 78,9 | 54,14 | 42,2 | 40,64 | 25,7 | 17,72 | 42,33 |
| Usuário23 | 24,3 | 15,4 | 35,8 | 36,2 | 28,92 | 37 | 21,1 | 24,942 | 18,58 | 32,6 | 13,53 | 24,5 | 22,09 | 39,3 | 41,07 | 29,7 | 11,12 | 22 | 35,96 | 12,13 |
| Usuário24 | 31,7 | 24,07 | 17,8 | 20 | 34,15 | 32,7 | 13,9 | 10,269 | 29,71 | 43,1 | 20,84 | 22,66 | 43,1 | 32,6 | 35,23 | 35,7 | 24,19 | 45,7 | 12,72 | 34,55 |
| Usuário25 | 23,79 | 10,05 | 23,5 | 25,3 | 27,3 | 16,4 | 13,6 | 21,084 | 21,96 | 29,3 | 17,49 | 18,03 | 16,59 | 28 | 19,73 | 29,5 | 7,774 | 20,8 | 18,11 | 32,57 |
| Usuário26 | 36,68 | 135,5 | 114 | 103 | 64,28 | 82,9 | 73,3 | 52,025 | 66,71 | 248 | 52,7 | 70,24 | 55,32 | 35,2 | 73,24 | 96,7 | 41,65 | 44,6 | 27,63 | 121,7 |
| Usuário27 | 73,86 | 28,01 | 77,2 | 39,1 | 40,51 | 78,6 | 16,4 | 44,296 | 23,68 | 60,7 | 49,98 | 76,41 | 32,92 | 44,1 | 56,15 | 52,4 | 23,66 | 47,1 | 23,08 | 46,13 |

| Usuários | 4A5C TD | 5A4C GD | 4A4C TS | 5A4C GS | 5A4C TS | 4A3C TS | 4A3C TD | 3A4C TS | 5A4C TD | 4A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 3A4C TD | 4A3C GS | 4A5C TS | 4A5C GS | 3A4C GD | 4A4C TD | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário28 | 56,9 | 24,59 | 32,1 | 55,2 | 34,95 | 14,6 | 23 | 34,869 | 20,91 | 43,7 | 25,6 | 15,1 | 25,5 | 22,3 | 16,91 | 28,6 | 23,38 | 24,9 | 8,661 | 16,88 |
| Usuário29 | 96,64 | 26,56 | 75,3 | 108 | 67,64 | 93,6 | 89 | 57,685 | 79,86 | 290 | 116,6 | 74,06 | 160,8 | 115 | 90,59 | 149 | 60,33 | 63,7 | 38,28 | 69,62 |
| Usuário30 | 154 | 46,25 | 107 | 51,6 | 44,12 | 50,8 | 47,6 | 57,37 | 24,1 | 51,5 | 37,02 | 36,69 | 47,88 | 18,6 | 22,14 | 19,8 | 19,1 | 59,9 | 11,61 | 34,74 |
| Usuário31 | 48,66 | 47,69 | 60,8 | 43,9 | 40,96 | 126 | 67 | 17,128 | 13,91 | 54,1 | 45,8 | 36,84 | 87,67 | 32,6 | 44,74 | 53,4 | 17,42 | 16 | 34,97 | 117,6 |
| Usuário32 | 31,27 | 13,8 | 16,1 | 12,7 | 16,16 | 14,9 | 16,1 | 11,569 | 14,4 | 14,8 | 6,189 | 7,271 | 8,258 | 4,49 | 7,728 | 4,27 | 8,63 | 9,14 | 5,634 | 4,348 |
| Usuário33 | 35,63 | 23,8 | 52,6 | 24,7 | 71,73 | 37 | 37,2 | 21,188 | 22,11 | 44 | 8,644 | 26,65 | 37,63 | 26,7 | 37,25 | 24,9 | 14,69 | 30,8 | 10,15 | 21,47 |
| Usuário34 | 66,46 | 57,46 | 101 | 83 | 72,33 | 44,6 | 43,4 | 40,019 | 65,58 | 59,7 | 78,83 | 60,93 | 48,54 | 35,2 | 49,5 | 44,8 | 61,02 | 56,3 | 39,91 | 31 |
| Usuário35 | 94,27 | 77,07 | 88,8 | 67 | 34,43 | 112 | 73,8 | 63,261 | 45,19 | 146 | 38,43 | 111,2 | 39,28 | 178 | 85,56 | 47,8 | 192,1 | 62,3 | 45,3 | 62,61 |
| Usuário36 | 45,38 | 20,57 | 77,1 | 46,7 | 144,2 | 73 | 37,3 | 34,197 | 31,51 | 79,8 | 45,44 | 29,64 | 45,04 | 56 | 54,96 | 85,1 | 39,09 | 36,4 | 34,48 | 30,86 |
| Usuário37 | 157,9 | 110,3 | 96,2 | 69,6 | 63,24 | 84,1 | 62 | 21,294 | 20,45 | 91,7 | 39,9 | 37,87 | 25,91 | 50,9 | 38,8 | 45,8 | 26,44 | 51,2 | 18,75 | 12,54 |
| Usuário38 | 75,76 | 21,57 | 77 | 26,3 | 46,99 | 71,9 | 78,4 | 41,941 | 11,1 | 65,4 | 23,39 | 81,64 | 90,62 | 58 | 116,5 | 45,6 | 57,84 | 78,8 | 46,22 | 58,65 |
| Usuário39 | 139,3 | 80,8 | 97 | 118 | 95,52 | 195 | 66,9 | 79,977 | 22,02 | 50,2 | 29,47 | 21,35 | 41,44 | 75,2 | 45 | 81,1 | 18,08 | 51,7 | 36,89 | 34,75 |
| Usuário40 | 520,5 | 236,3 | 317 | 213 | 166,5 | 506 | 173 | 82,371 | 205,6 | 263 | 165,6 | 119,7 | 171,7 | 147 | 105,6 | 161 | 163,9 | 105 | 19,79 | 77,97 |
| Usuário41 | 19,15 | 13,35 | 38,2 | 40,1 | 28,17 | 11 | 17,7 | 29,07 | 18,57 | 19,8 | 34,74 | 23,14 | 16,82 | 27,1 | 36,49 | 39,6 | 31,69 | 71,7 | 14,01 | 67,99 |
| Usuário42 | 23,99 | 14,67 | 50,4 | 31,3 | 36,03 | 33,7 | 15,2 | 17,022 | 18,85 | 24,2 | 25,65 | 15,14 | 25,05 | 31,9 | 23,97 | 26,6 | 8,273 | 14,7 | 9,778 | 17,69 |
| Usuário43 | 87,9 | 49,69 | 51,9 | 81,6 | 35,93 | 31,6 | 13,3 | 19,721 | 37,48 | 21,1 | 15,34 | 12,73 | 11,92 | 38,9 | 25,99 | 15,2 | 7,309 | 23,6 | 30,12 | 32,58 |
| Usuário44 | 47,19 | 25,04 | 16,5 | 32,2 | 32,19 | 26,7 | 15 | 5,522 | 9,1 | 37,3 | 9,745 | 9,534 | 12,24 | 10,5 | 13,33 | 19 | 7,451 | 12,7 | 15,78 | 28,71 |
| Usuário45 | 122,3 | 116,5 | 131 | 146 | 50,14 | 69,2 | 118 | 29,884 | 80,53 | 119 | 71,04 | 69,42 | 60,81 | 22,5 | 32,25 | 62,7 | 14,84 | 36,4 | 27,24 | 71,81 |
| Usuário46 | 44,04 | 24,19 | 71,7 | 36,1 | 65,07 | 49,9 | 25,7 | 26,53 | 66,38 | 81,1 | 63,42 | 68,52 | 35,42 | 53,6 | 43,31 | 50,1 | 22,39 | 55,1 | 38,98 | 103,5 |
| Usuário47 | 62,44 | 24,93 | 39,3 | 27,5 | 14,6 | 18,2 | 37,7 | 21,6 | 8,949 | 31,3 | 31,92 | 12,59 | 35,42 | 31,5 | 32,19 | 79,7 | 38,14 | 67,9 | 32,19 | 43,77 |
| Usuário48 | 21,91 | 131,4 | 223 | 51,3 | 38,71 | 177 | 78,4 | 60,317 | 49,69 | 375 | 81,25 | 55,37 | 59,91 | 195 | 30,06 | 23,7 | 15,66 | 116 | 64,36 | 48,44 |
| Usuário49 | 41,56 | 25,16 | 13,7 | 35,9 | 13,71 | 10,2 | 11,9 | 6,213 | 9,684 | 19,8 | 9,991 | 12,19 | 10,99 | 14 | 20,38 | 7,17 | 6,253 | 10,5 | 4,343 | 6,255 |
| Usuário50 | 66,51 | 10,52 | 20,3 | 9,92 | 25,39 | 7,3 | 11,1 | 15,813 | 22,23 | 58,1 | 3,942 | 8,166 | 17,99 | 7,45 | 11,93 | 6,04 | 2,68 | 17 | 5,258 | 7,658 |
| Usuário51 | 35,75 | 38,58 | 37,3 | 39,6 | 27,91 | 29,8 | 22,9 | 24,656 | 44,94 | 46,3 | 36,26 | 22,58 | 27,4 | 28,4 | 29,93 | 30,9 | 17,35 | 41,7 | 26,63 | 28,36 |
| Usuário52 | 16,41 | 9,719 | 13,5 | 10,6 | 11,62 | 7,19 | 9,88 | 12,417 | 9,195 | 10,9 | 8,294 | 10,25 | 4,672 | 9,16 | 15,4 | 9,45 | 12,94 | 12,8 | 4,504 | 8,719 |

## APÊNDICE B TEMPO DE RESPOSTAS PARA O EXPERIMENTO 3.

| Usuários | 2A5C BD | 2A7C RS | 2A6C TD | 2A7C BS | 2A4C RD | 2A6C RD | 2A5C TD | 2A7C TS | 2A4C TD | 2A6C BD | 2A4C BD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A5C RD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 1 | 30,75 | 41,16 | 43,69 | 37,81 | 43,85 | 39,40 | 36,92 | 74,98 | 29,13 | 53,07 | 29,73 | 35,26 | 40,81 | 40,25 | 16,09 |
| Usuário 2 | 29,07 | 22,88 | 24,06 | 10,89 | 38,57 | 18,84 | 22,31 | 19,83 | 23,43 | 14,16 | 8,59 | 17,40 | 21,46 | 15,99 | 19,78 |
| Usuário 4 | 29,15 | 21,19 | 46,75 | 19,73 | 38,46 | 89,32 | 30,68 | 44,19 | 17,02 | 36,72 | 9,16 | 14,15 | 51,77 | 9,76 | 11,86 |
| Usuário 5 | 15,97 | 50,92 | 50,98 | 81,25 | 50,01 | 83,50 | 31,20 | 28,18 | 73,27 | 52,51 | 39,64 | 27,04 | 49,52 | 22,61 | 23,13 |
| Usuário 6 | 39,84 | 28,14 | 44,17 | 36,69 | 53,56 | 21,61 | 32,46 | 69,93 | 29,16 | 8,03 | 10,61 | 25,37 | 27,96 | 14,69 | 24,09 |
| Usuário 8 | 43,66 | 57,72 | 32,59 | 70,97 | 34,14 | 83,48 | 55,30 | 63,61 | 44,78 | 35,51 | 18,06 | 55,08 | 46,50 | 85,76 | 20,93 |
| Usuário 10 | 28,51 | 30,66 | 40,28 | 29,85 | 73,92 | 58,48 | 30,79 | 110,49 | 44,93 | 17,97 | 29,33 | 16,68 | 34,73 | 23,57 | 17,50 |
| Usuário 11 | 19,88 | 51,33 | 71,33 | 40,56 | 40,81 | 43,29 | 17,19 | 14,69 | 30,79 | 95,33 | 69,98 | 59,44 | 36,20 | 44,55 | 19,69 |
| Usuário 14 | 17,99 | 7,31 | 28,36 | 13,44 | 11,54 | 36,00 | 20,72 | 11,78 | 13,93 | 41,41 | 11,72 | 18,20 | 31,57 | 13,07 | 21,03 |
| Usuário 15 | 12,77 | 35,82 | 30,33 | 36,83 | 25,36 | 47,30 | 46,86 | 54,69 | 9,63 | 11,18 | 15,62 | 22,57 | 26,23 | 35,93 | 21,92 |
| Usuário 16 | 18,75 | 16,59 | 25,75 | 11,06 | 6,61 | 6,82 | 14,23 | 14,48 | 11,25 | 11,54 | 7,49 | 6,99 | 22,83 | 14,95 | 13,03 |
| Usuário 17 | 26,00 | 42,91 | 22,45 | 28,71 | 23,89 | 23,39 | 14,50 | 28,99 | 15,30 | 24,30 | 13,31 | 15,80 | 43,56 | 18,15 | 12,23 |
| Usuário 19 | 13,47 | 21,11 | 23,60 | 12,70 | 20,74 | 35,76 | 11,89 | 24,44 | 11,09 | 19,50 | 7,00 | 35,22 | 40,05 | 18,61 | 17,17 |
| Usuário 20 | 40,06 | 26,92 | 63,66 | 11,72 | 60,40 | 59,21 | 29,87 | 47,96 | 19,15 | 34,02 | 36,05 | 7,22 | 31,39 | 15,40 | 32,97 |
| Usuário 21 | 27,13 | 40,17 | 42,89 | 16,62 | 39,89 | 12,30 | 29,32 | 23,76 | 25,07 | 8,51 | 39,71 | 23,29 | 36,46 | 60,68 | 46,30 |
| Usuário 22 | 55,67 | 41,79 | 95,24 | 45,36 | 46,58 | 7,32 | 62,76 | 35,71 | 11,25 | 7,35 | 9,38 | 14,53 | 30,98 | 13,13 | 25,58 |
| Usuário 23 | 32,16 | 50,65 | 57,45 | 16,76 | 26,17 | 24,98 | 28,50 | 48,59 | 12,00 | 23,54 | 18,78 | 21,22 | 37,53 | 25,32 | 33,32 |
| Usuário 24 | 33,11 | 16,52 | 43,96 | 34,10 | 26,28 | 9,06 | 13,24 | 7,02 | 78,10 | 7,00 | 20,16 | 73,43 | 38,20 | 43,71 | 17,92 |
| Usuário 25 | 22,22 | 57,10 | 92,14 | 53,19 | 194,23 | 63,53 | 22,28 | 52,66 | 107,71 | 33,34 | 36,80 | 34,25 | 68,74 | 10,04 | 64,79 |
| Usuário 26 | 33,70 | 26,63 | 38,21 | 13,67 | 31,52 | 8,13 | 29,69 | 25,86 | 15,66 | 5,70 | 26,86 | 47,95 | 41,72 | 31,38 | 19,34 |
| Usuário 27 | 18,43 | 22,22 | 36,09 | 66,73 | 18,20 | 26,95 | 14,50 | 26,17 | 16,78 | 28,96 | 29,12 | 15,87 | 18,03 | 36,19 | 28,46 |
| Usuário 28 | 22,36 | 36,97 | 75,79 | 33,84 | 38,49 | 36,22 | 33,66 | 34,00 | 36,94 | 80,35 | 45,12 | 58,78 | 110,82 | 58,45 | 53,22 |
| Usuário 30 | 43,97 | 47,35 | 77,99 | 27,23 | 77,91 | 86,88 | 22,02 | 37,06 | 53,55 | 18,76 | 52,94 | 30,05 | 91,85 | 21,72 | 44,73 |
| Usuário 31 | 24,18 | 21,36 | 28,11 | 20,24 | 21,52 | 15,04 | 20,82 | 16,45 | 24,70 | 31,29 | 17,33 | 11,80 | 12,15 | 9,48 | 10,65 |

| Usuários | 2A5C BD | 2A7C RS | 2A6C TD | 2A7C BS | 2A4C RD | 2A6C RD | 2A5C TD | 2A7C TS | 2A4C TD | 2A6C BD | 2A4C BD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A5C RD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 32 | 67,50 | 32,96 | 43,87 | 22,79 | 34,74 | 21,18 | 24,75 | 45,83 | 47,02 | 11,13 | 35,73 | 10,96 | 20,71 | 29,21 | 7,64 |
| Usuário 33 | 19,60 | 8,38 | 18,04 | 10,39 | 16,20 | 11,72 | 8,86 | 9,65 | 9,48 | 9,24 | 4,19 | 11,29 | 15,10 | 10,05 | 24,04 |
| Usuário 34 | 26,23 | 58,71 | 49,72 | 58,23 | 27,62 | 57,74 | 51,55 | 64,71 | 54,84 | 21,73 | 41,56 | 7,94 | 76,59 | 106,16 | 28,43 |
| Usuário 36 | 37,08 | 48,58 | 66,40 | 20,67 | 69,33 | 41,28 | 32,80 | 15,82 | 49,84 | 101,15 | 88,03 | 114,24 | 80,79 | 21,43 | 98,53 |
| Usuário 43 | 39,98 | 32,32 | 40,24 | 46,55 | 30,09 | 33,63 | 19,88 | 17,29 | 23,92 | 29,15 | 34,62 | 14,88 | 48,75 | 19,14 | 20,58 |
| Usuário 44 | 23,56 | 36,01 | 41,30 | 25,22 | 28,92 | 30,64 | 37,89 | 31,14 | 21,07 | 20,88 | 11,28 | 16,28 | 44,86 | 44,94 | 37,41 |
| Usuário 45 | 30,10 | 71,54 | 96,48 | 33,30 | 58,38 | 134,40 | 26,35 | 56,97 | 41,36 | 36,01 | 50,13 | 19,77 | 110,17 | 15,91 | 39,13 |
| Usuário 46 | 19,13 | 38,35 | 29,26 | 25,37 | 63,93 | 30,34 | 44,80 | 22,31 | 45,22 | 48,65 | 37,93 | 16,93 | 57,04 | 14,73 | 26,14 |
| Usuário 47 | 14,67 | 11,70 | 50,58 | 11,66 | 18,39 | 18,38 | 15,79 | 9,71 | 25,64 | 23,27 | 12,62 | 12,97 | 20,32 | 17,49 | 30,74 |
| Usuário 48 | 45,93 | 16,76 | 20,95 | 19,23 | 30,10 | 23,24 | 22,05 | 16,36 | 17,69 | 27,87 | 24,44 | 41,22 | 42,85 | 35,58 | 38,80 |
| Usuário 49 | 8,17 | 17,75 | 20,07 | 24,38 | 20,81 | 18,50 | 17,91 | 11,04 | 40,89 | 10,64 | 14,54 | 17,39 | 18,44 | 13,07 | 12,00 |
| Usuário 50 | 37,51 | 65,45 | 141,92 | 21,90 | 59,77 | 37,61 | 16,14 | 74,55 | 24,66 | 104,34 | 93,25 | 59,97 | 172,83 | 22,59 | 35,54 |
| Usuário 51 | 34,22 | 73,13 | 34,54 | 29,08 | 30,13 | 34,36 | 36,10 | 41,92 | 28,89 | 15,01 | 16,74 | 31,68 | 40,45 | 11,40 | 43,93 |
| Usuário 52 | 37,79 | 42,70 | 53,36 | 33,63 | 33,76 | 18,26 | 45,03 | 53,97 | 52,30 | 37,76 | 37,55 | 35,73 | 16,28 | 59,64 | 11,67 |
| Usuário 53 | 46,88 | 69,08 | 133,70 | 48,25 | 125,54 | 76,96 | 25,05 | 72,37 | 170,57 | 76,37 | 26,64 | 48,86 | 67,29 | 34,06 | 32,37 |
| Usuário 54 | 26,46 | 58,82 | 44,47 | 29,97 | 49,08 | 37,02 | 47,17 | 22,26 | 53,23 | 56,37 | 41,86 | 64,07 | 90,35 | 17,89 | 36,35 |
| Usuário 56 | 19,20 | 18,38 | 23,50 | 12,09 | 26,27 | 20,02 | 28,49 | 15,86 | 23,23 | 23,56 | 24,64 | 14,65 | 21,00 | 20,22 | 14,97 |
| Usuário 57 | 36,79 | 148,68 | 66,39 | 39,04 | 89,40 | 71,56 | 31,76 | 8,47 | 60,23 | 27,82 | 12,32 | 31,97 | 33,57 | 13,01 | 16,18 |
| Usuário 58 | 30,87 | 35,94 | 53,34 | 35,61 | 14,56 | 7,29 | 37,80 | 8,55 | 51,68 | 32,78 | 12,94 | 33,74 | 45,85 | 47,98 | 33,64 |
| Usuário 59 | 36,85 | 29,26 | 50,41 | 37,37 | 44,74 | 34,23 | 33,55 | 21,21 | 45,20 | 22,96 | 16,97 | 54,66 | 48,01 | 29,72 | 38,51 |
| Usuário 60 | 37,38 | 33,90 | 24,41 | 25,82 | 37,56 | 42,30 | 16,61 | 36,62 | 37,29 | 22,00 | 17,59 | 26,84 | 53,73 | 29,86 | 53,53 |
| Usuário 61 | 47,10 | 29,29 | 55,44 | 8,58 | 45,21 | 25,97 | 34,30 | 47,45 | 41,28 | 12,18 | 31,56 | 31,02 | 46,67 | 12,33 | 29,01 |
| Usuário 63 | 20,29 | 16,36 | 20,10 | 12,56 | 12,70 | 9,59 | 15,56 | 18,04 | 10,51 | 16,23 | 4,52 | 10,53 | 9,52 | 6,93 | 16,15 |
| Usuário 64 | 15,94 | 29,45 | 30,60 | 24,23 | 23,06 | 23,42 | 26,75 | 29,14 | 46,94 | 34,59 | 10,16 | 48,22 | 26,00 | 24,11 | 16,74 |
| Usuário 65 | 15,57 | 25,50 | 31,28 | 8,58 | 19,70 | 42,93 | 33,84 | 59,02 | 14,14 | 33,10 | 30,42 | 68,86 | 25,29 | 22,43 | 18,46 |
| Usuário 66 | 17,07 | 36,45 | 24,96 | 14,24 | 72,95 | 10,44 | 45,07 | 35,67 | 46,27 | 38,97 | 37,00 | 16,25 | 37,17 | 22,81 | 22,66 |
| Usuário 67 | 67,07 | 52,21 | 55,87 | 34,38 | 83,94 | 38,13 | 28,77 | 71,35 | 32,81 | 21,29 | 28,79 | 37,05 | 18,26 | 54,76 | 25,66 |

| Usuários | 2A5C BD | 2A7C RS | 2A6C TD | 2A7C BS | 2A4C RD | 2A6C RD | 2A5C TD | 2A7C TS | 2A4C TD | 2A6C BD | 2A4C BD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A5C RD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 68 | 35,71 | 82,65 | 47,65 | 18,85 | 58,60 | 24,88 | 67,97 | 24,09 | 20,81 | 30,66 | 19,63 | 13,63 | 76,59 | 26,34 | 47,26 |
| Usuário 69 | 6,62 | 7,13 | 23,07 | 9,41 | 9,31 | 7,53 | 15,96 | 7,57 | 5,92 | 8,91 | 5,00 | 5,32 | 16,22 | 15,93 | 11,16 |
| Usuário 70 | 41,57 | 49,15 | 65,42 | 15,53 | 34,52 | 24,10 | 13,00 | 17,15 | 36,64 | 45,32 | 21,90 | 33,85 | 34,97 | 8,31 | 13,51 |
| Usuário 71 | 18,95 | 42,60 | 34,44 | 18,00 | 30,00 | 15,90 | 32,11 | 11,52 | 51,60 | 21,31 | 10,94 | 14,92 | 22,89 | 21,94 | 55,14 |
| Usuário 72 | 10,36 | 21,17 | 26,98 | 10,45 | 31,73 | 9,51 | 6,68 | 28,02 | 10,71 | 17,26 | 7,78 | 10,84 | 15,43 | 9,14 | 12,83 |
| Usuário 73 | 3,55 | 8,73 | 16,91 | 5,87 | 14,84 | 6,69 | 6,93 | 18,72 | 8,43 | 4,43 | 5,87 | 12,11 | 11,43 | 17,81 | 8,20 |
| Usuário 74 | 25,18 | 18,05 | 21,14 | 20,82 | 35,52 | 24,33 | 11,31 | 33,50 | 16,12 | 11,94 | 15,14 | 14,60 | 14,43 | 27,96 | 27,63 |
| Usuário 75 | 21,51 | 23,74 | 33,93 | 23,39 | 16,82 | 13,65 | 19,05 | 15,29 | 11,28 | 15,05 | 6,30 | 9,47 | 20,78 | 22,06 | 15,63 |
| Usuário 76 | 32,68 | 18,26 | 22,60 | 28,82 | 43,83 | 33,02 | 23,90 | 17,19 | 14,95 | 23,67 | 27,35 | 27,57 | 25,76 | 19,46 | 14,17 |
| Usuário 77 | 49,12 | 61,61 | 39,21 | 45,58 | 69,22 | 12,60 | 38,88 | 34,18 | 44,53 | 31,68 | 18,67 | 50,24 | 65,45 | 52,44 | 54,63 |

## APÊNDICE C - FIXAÇÕES E VISITAS PARA O EXPERIMENTO 2

| Contagem de Fixações | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário1 | 20 | 101 | 58 | 157 | 48 | 179 | 57 | 127 | 82 | 32 | 27 | 99 | 90 | 143 | 103 | 118 | 160 | 188 | 15 | 72 |
| Usuário 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 64 | 15 | 31 | 49 | 125 | 64 | 94 | 117 | 26 | 16 |
| Usuário3 | 74 | 55 | 89 | 118 | 134 | 192 | 111 | 153 | 119 | 106 | 92 | 173 | 113 | 186 | 251 | 203 | 234 | 373 | 75 | 112 |
| Usuário8 | 26 | 39 | 23 | 40 | 58 | 104 | 124 | 45 | 31 | 52 | 50 | 47 | 28 | 59 | 147 | 48 | 64 | 74 | 33 | 116 |
| Usuário10 | 21 | 13 | 90 | 62 | 70 | 118 | 151 | 33 | 43 | 82 | 38 | 34 | 78 | 90 | 93 | 82 | 56 | 57 | 43 | 41 |
| Usuário11 | 45 | 30 | 154 | 70 | 65 | 117 | 95 | 40 | 73 | 59 | 43 | 54 | 72 | 141 | 82 | 170 | 77 | 111 | 94 | 119 |
| Usuário12 | 94 | 28 | 71 | 95 | 81 | 184 | 57 | 44 | 77 | 112 | 46 | 110 | 55 | 114 | 79 | 72 | 145 | 91 | 92 | 112 |
| Usuário15 | 80 | 61 | 181 | 172 | 102 | 160 | 50 | 62 | 68 | 198 | 206 | 180 | 75 | 132 | 92 | 118 | 117 | 106 | 58 | 65 |
| Usuário16 | 1 | 14 | 61 | 48 | 38 | 17 | 72 | 30 | 17 | 39 | 101 | 40 | 31 | 107 | 38 | 60 | 12 | 34 | 11 | 14 |
| Usuário17 | 66 | 68 | 105 | 72 | 117 | 115 | 115 | 154 | 39 | 103 | 85 | 173 | 87 | 110 | 54 | 115 | 86 | 327 | 69 | 253 |
| Usuário19 | 29 | 25 | 42 | 55 | 37 | 115 | 90 | 45 | 28 | 47 | 34 | 61 | 87 | 75 | 89 | 87 | 95 | 189 | 58 | 118 |
| Usuário21 | 31 | 15 | 23 | 31 | - | 18 | 13 | 18 | 37 | 36 | - | 32 | 31 | 33 | 73 | 54 | 48 | - | - | - |
| Usuário22 | 13 | 28 | 99 | 202 | 62 | 170 | 60 | 103 | 171 | 242 | 123 | 72 | 173 | 118 | 86 | 209 | 259 | 139 | 59 | 158 |
| Usuário23 | 39 | 46 | 42 | 84 | 35 | 79 | 40 | 94 | 34 | 76 | 23 | 38 | 73 | 87 | 43 | 114 | 97 | 74 | 89 | 32 |
| Usuário24 | 62 | 20 | 38 | 102 | 114 | 63 | 59 | 88 | 95 | 95 | 64 | 72 | 75 | 150 | 76 | 117 | 70 | 130 | 36 | 115 |
| Usuário25 | 16 | 44 | 32 | 50 | - | 56 | 40 | 28 | 43 | 71 | 11 | 70 | 65 | 104 | 28 | 98 | 87 | 5 | - | - |
| Usuário26 | 64 | 143 | 186 | 239 | 81 | 337 | 47 | 217 | 164 | 202 | 113 | 164 | 213 | 754 | 442 | 113 | 334 | 317 | 82 | 382 |
| Usuário28 | 42 | 1 | 41 | - | 38 | 4 | 2 | 4 | 30 | 5 | 72 | 76 | 40 | 105 | 79 | 79 | 62 | 91 | 27 | 60 |
| Usuário29 | 292 | 124 | 200 | 225 | 125 | 201 | 217 | 206 | 158 | 178 | 150 | 346 | 172 | 776 | 76 | 334 | 360 | 384 | 95 | 158 |
| Usuário30 | 83 | 105 | 74 | - | 100 | 162 | 231 | 58 | 56 | 4 | 57 | 108 | 108 | 166 | 150 | 52 | 126 | 64 | 29 | 109 |
| Usuário31 | 209 | 51 | 188 | 359 | 44 | 201 | 126 | 123 | 43 | 106 | 58 | 161 | 138 | 190 | 169 | 112 | 152 | 193 | 127 | 423 |
| Usuário32 | 23 | 33 | 50 | 42 | 33 | 46 | 80 | 19 | 40 | 53 | 30 | 16 | 26 | 46 | 53 | 15 | 40 | 17 | 22 | 18 |

| Contagem de Fixações | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário33 | 94 | 52 | 104 | 94 | 81 | 139 | 87 | 80 | 63 | 134 | 46 | 32 | 84 | 105 | 85 | 96 | 92 | 88 | 29 | 75 |
| Usuário34 | 127 | 95 | 100 | 81 | 142 | 172 | 158 | 93 | 137 | 163 | 140 | 219 | 178 | 172 | 120 | 89 | 191 | 132 | 102 | 84 |
| Usuário37 | 41 | 25 | 105 | 120 | 62 | 132 | 61 | 71 | 45 | 65 | 72 | 120 | 91 | 238 | 240 | 131 | 155 | 131 | 46 | 36 |
| Usuário38 | 75 | 48 | 134 | 124 | 127 | 167 | 123 | 154 | 22 | 98 | 127 | 67 | 194 | 155 | 59 | 164 | 78 | 126 | 107 | 154 |
| Usuário39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 63 | 28 | 69 | 178 | 142 | 229 | 193 | 97 | 79 |
| Usuário44 | 39 | 11 | 48 | 80 | 40 | 55 | 110 | 52 | 28 | 89 | 18 | 35 | 28 | 115 | 86 | 36 | 93 | 71 | 50 | 98 |
| Usuário45 | 57 | 7 | 73 | 113 | 71 | 19 | 5 | 13 | 151 | 77 | 34 | 189 | 189 | 315 | 8 | 1 | 172 | 161 | 44 | 187 |
| Usuário50 | 15 | 24 | 26 | 16 | 30 | 34 | 89 | 20 | 42 | 70 | 9 | 13 | 29 | 91 | 32 | 27 | 24 | 15 | 17 | 18 |
| Contagem de Visitas | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
| Usuário1 | 15 | 60 | 37 | 111 | 27 | 124 | 34 | 86 | 48 | 20 | 15 | 48 | 46 | 72 | 56 | 64 | 75 | 116 | 11 | 40 |
| Usuário 2 | | | | | | | | | | 2 | 29 | 9 | 5 | 23 | 49 | 11 | 37 | 53 | 12 | 7 |
| Usuário3 | 49 | 48 | 36 | 74 | 84 | 122 | 73 | 99 | 70 | 75 | 53 | 95 | 48 | 107 | 129 | 104 | 118 | 228 | 49 | 62 |
| Usuário8 | 17 | 29 | 14 | 25 | 44 | 77 | 87 | 39 | 22 | 38 | 33 | 35 | 19 | 33 | 76 | 28 | 41 | 47 | 20 | 68 |
| Usuário10 | 13 | 9 | 55 | 45 | 49 | 86 | 97 | 31 | 30 | 60 | 23 | 25 | 43 | 54 | 56 | 48 | 40 | 47 | 22 | 28 |
| Usuário11 | 32 | 23 | 84 | 48 | 45 | 84 | 64 | 32 | 36 | 43 | 25 | 38 | 38 | 91 | 51 | 82 | 45 | 61 | 71 | 73 |
| Usuário12 | 57 | 22 | 33 | 66 | 52 | 130 | 33 | 32 | 47 | 83 | 25 | 58 | 25 | 58 | 38 | 33 | 65 | 37 | 50 | 69 |
| Usuário15 | 49 | 42 | 91 | 119 | 61 | 114 | 35 | 53 | 41 | 139 | 109 | 97 | 42 | 72 | 54 | 57 | 75 | 77 | 31 | 40 |
| Usuário16 | 1 | 9 | 33 | 30 | 31 | 12 | 40 | 22 | 12 | 30 | 64 | 29 | 19 | 67 | 20 | 39 | 8 | 21 | 6 | 13 |
| Usuário17 | 49 | 39 | 61 | 49 | 76 | 60 | 62 | 106 | 29 | 62 | 28 | 60 | 24 | 42 | 19 | 55 | 26 | 142 | 43 | 150 |
| Usuário19 | 22 | 18 | 26 | 36 | 23 | 68 | 63 | 39 | 21 | 30 | 16 | 31 | 43 | 33 | 34 | 38 | 44 | 95 | 25 | 54 |

| Contagem de Visitas | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário21 | 22 | 12 | 15 | 22 | - | 12 | 8 | 13 | 26 | 26 | - | 15 | 11 | 14 | 27 | 19 | 29 | - | - | - |
| Usuário22 | 11 | 22 | 70 | 146 | 48 | 123 | 40 | 80 | 135 | 177 | 65 | 21 | 61 | 52 | 30 | 124 | 153 | 101 | 39 | 88 |
| Usuário23 | 24 | 38 | 24 | 66 | 27 | 63 | 28 | 70 | 19 | 54 | 15 | 24 | 22 | 56 | 26 | 61 | 67 | 47 | 57 | 14 |
| Usuário24 | 47 | 13 | 29 | 58 | 75 | 41 | 39 | 64 | 54 | 52 | 34 | 38 | 35 | 70 | 33 | 59 | 43 | 81 | 27 | 62 |
| Usuário25 | 15 | 36 | 24 | 36 | - | 45 | 29 | 22 | 34 | 55 | 7 | 46 | 36 | 61 | 19 | 60 | 60 | 5 | - | - |
| Usuário26 | 50 | 94 | 123 | 156 | 66 | 228 | 43 | 142 | 111 | 150 | 65 | 99 | 109 | 391 | 252 | 70 | 197 | 173 | 56 | 217 |
| Usuário28 | 24 | 1 | 26 | - | 16 | 3 | 2 | 2 | 18 | 5 | 27 | 35 | 24 | 50 | 38 | 44 | 37 | 54 | 17 | 39 |
| Usuário29 | 153 | 83 | 78 | 162 | 72 | 137 | 129 | 144 | 91 | 127 | 82 | 148 | 74 | 339 | 38 | 128 | 182 | 207 | 49 | 82 |
| Usuário30 | 50 | 52 | 35 | - | 55 | 100 | 156 | 31 | 32 | 3 | 29 | 63 | 60 | 76 | 71 | 29 | 74 | 47 | 22 | 50 |
| Usuário31 | 102 | 31 | 74 | 159 | 23 | 135 | 71 | 63 | 23 | 66 | 30 | 72 | 55 | 61 | 82 | 57 | 74 | 96 | 72 | 179 |
| Usuário32 | 19 | 20 | 32 | 24 | 19 | 33 | 56 | 9 | 28 | 35 | 18 | 8 | 14 | 22 | 25 | 9 | 20 | 13 | 13 | 11 |
| Usuário33 | 53 | 41 | 59 | 67 | 53 | 104 | 58 | 55 | 41 | 97 | 30 | 22 | 39 | 54 | 45 | 46 | 52 | 52 | 19 | 48 |
| Usuário34 | 85 | 64 | 59 | 63 | 86 | 107 | 100 | 65 | 84 | 106 | 76 | 117 | 65 | 80 | 62 | 46 | 107 | 75 | 65 | 53 |
| Usuário37 | 30 | 20 | 69 | 76 | 43 | 94 | 48 | 53 | 29 | 49 | 42 | 70 | 39 | 126 | 117 | 78 | 87 | 83 | 33 | 20 |
| Usuário38 | 45 | 38 | 61 | 79 | 77 | 84 | 84 | 90 | 11 | 45 | 66 | 37 | 100 | 73 | 31 | 72 | 42 | 76 | 54 | 92 |
| Usuário39 | | | | | | | | | | | 12 | 24 | 21 | 49 | 83 | 72 | 120 | 109 | 48 | 32 |
| Usuário44 | 31 | 6 | 27 | 53 | 26 | 45 | 70 | 35 | 21 | 65 | 15 | 21 | 19 | 65 | 43 | 19 | 53 | 38 | 23 | 60 |
| Usuário45 | 20 | 4 | 40 | 73 | 35 | 14 | 5 | 8 | 55 | 53 | 18 | 90 | 53 | 141 | 4 | 1 | 86 | 84 | 22 | 99 |
| Usuário50 | 12 | 19 | 16 | 11 | 23 | 19 | 66 | 15 | 28 | 38 | 5 | 6 | 15 | 39 | 15 | 17 | 12 | 10 | 11 | 15 |
| Soma do tempo de Fixações | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
| Usuário1 | 6,23 | 29,38 | 12,3 | 38,8 | 10,2 | 42,01 | 15 | 31,82 | 24,6 | 5,34 | 4,57 | 18,9 | 20,39 | 34,65 | 24,18 | 28,45 | 33,05 | 41,27 | 2,63 | 14,48 |
| Usuário 2 | | | | | | | | | | 0,17 | 14,75 | 3,95 | 6,79 | 11,82 | 33,33 | 19,12 | 21,47 | 29,24 | 5,93 | 4,45 |
| Usuário3 | 24,6 | 11,36 | 34,4 | 35,7 | 53,5 | 47,24 | 37,9 | 45,92 | 33,7 | 25,7 | 24,53 | 46,1 | 33,58 | 47,93 | 65,84 | 44,47 | 57,85 | 95,26 | 19,05 | 26,55 |

| Soma do tempo de Fixações | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário8 | 5,59 | 9,52 | 5,65 | 10,2 | 13,3 | 29,82 | 38,7 | 11,77 | 6,62 | 14,11 | 11,47 | 9,93 | 6,23 | 15,36 | 36,99 | 11,78 | 15,32 | 16,79 | 7,24 | 27,79 |
| Usuário10 | 3,17 | 2,19 | 19 | 10,9 | 17,6 | 22,27 | 39,4 | 7,29 | 10,3 | 15,61 | 8,13 | 6,29 | 13,29 | 18,14 | 19,33 | 14,28 | 10,84 | 9,86 | 9,68 | 8,5 |
| Usuário11 | 10,9 | 7,87 | 34,7 | 15,6 | 20,1 | 22,54 | 24,2 | 7,46 | 19,4 | 13,5 | 9,02 | 10,8 | 13,41 | 29,92 | 20,26 | 36,78 | 16,56 | 21,89 | 23,45 | 29,85 |
| Usuário12 | 25 | 15,41 | 17,8 | 29,5 | 17,9 | 57,3 | 16,2 | 10,5 | 18,3 | 34,7 | 11,22 | 24,4 | 12,32 | 30,94 | 21,27 | 15,17 | 32,55 | 19,09 | 22,94 | 20,72 |
| Usuário15 | 18,3 | 11,25 | 37,4 | 33,7 | 21,7 | 31,03 | 12,6 | 12,35 | 15,6 | 43,07 | 35,38 | 29,8 | 13,24 | 24,34 | 19,97 | 19,84 | 19,85 | 18,06 | 11,44 | 10,97 |
| Usuário16 | 0,08 | 2,04 | 9,02 | 8,49 | 6,94 | 2,46 | 14,2 | 5,19 | 2,57 | 7,64 | 17,08 | 5,74 | 5,1 | 16,69 | 5,42 | 9,48 | 1,04 | 4,61 | 1,28 | 1,93 |
| Usuário17 | 15,5 | 17,86 | 29 | 18,9 | 34,7 | 37,26 | 32,6 | 45,37 | 8,58 | 27,65 | 23,91 | 50,3 | 28,59 | 32,81 | 17,1 | 28,41 | 22,47 | 85,44 | 20,33 | 72,06 |
| Usuário19 | 6,65 | 6,24 | 9,93 | 11,2 | 10,9 | 38,35 | 30,4 | 10,53 | 8,52 | 13,13 | 6,38 | 11,5 | 17,55 | 13,76 | 18,42 | 18,22 | 19,59 | 40,07 | 13,29 | 28,24 |
| Usuário21 | 5,47 | 2,91 | 4,78 | 7,16 | - | 3,03 | 3,53 | 3,29 | 7,95 | 8,93 | - | 6,98 | 5,28 | 5,63 | 14,72 | 9,02 | 8,23 | - | - | - |
| Usuário22 | 2,85 | 4,65 | 35,7 | 49,6 | 15,6 | 34,71 | 14,2 | 20,62 | 46,9 | 61 | 28,86 | 14,6 | 48,15 | 27,3 | 21,63 | 54,03 | 53,6 | 29,21 | 12,6 | 32,2 |
| Usuário23 | 14,6 | 12,57 | 14,7 | 23,5 | 11,6 | 20,99 | 12,5 | 25,18 | 12,2 | 22,19 | 8,55 | 10 | 17,46 | 27,59 | 11,91 | 25,75 | 28,89 | 22,07 | 28,79 | 9,72 |
| Usuário24 | 15,2 | 3,41 | 8,95 | 21,5 | 29,3 | 13 | 15,1 | 20,63 | 20,9 | 21,49 | 13,07 | 12,5 | 14,21 | 28,25 | 15,85 | 22,43 | 11,82 | 24,32 | 8,18 | 25,38 |
| Usuário25 | 3,26 | 8,26 | 7,57 | 10,3 | - | 12,66 | 10,2 | 6,35 | 10,6 | 15,16 | 2,11 | 13,6 | 13,08 | 21,9 | 4,49 | 18,92 | 17,97 | 1,01 | - | - |
| Usuário26 | 19,2 | 33,48 | 47,1 | 56,3 | 22,3 | 83,62 | 10,6 | 52,53 | 42,4 | 45,66 | 24,3 | 35,2 | 45,95 | 164,1 | 94,62 | 23,81 | 71,86 | 68,04 | 17,32 | 84,76 |
| Usuário28 | 9,4 | 0,08 | 7,07 | - | 8,67 | 0,67 | 0,46 | 0,74 | 5,22 | 0,71 | 14,05 | 15,2 | 6,89 | 19,54 | 13,33 | 12,6 | 11,87 | 16,42 | 4,63 | 10,46 |
| Usuário29 | 71,6 | 36,86 | 48,2 | 65,1 | 27,5 | 53,72 | 49,8 | 60,84 | 45,5 | 51,01 | 22,89 | 58,5 | 25,88 | 123,5 | 10,79 | 57,44 | 63,26 | 61,38 | 17,62 | 32,31 |
| Usuário30 | 23,7 | 22,13 | 22,5 | - | 30,3 | 52,49 | 78,4 | 13,29 | 14,4 | 0,96 | 10,59 | 21 | 21,53 | 28,8 | 26,68 | 9,9 | 28,07 | 11,15 | 5,2 | 21,69 |
| Usuário31 | 53,2 | 8,55 | 39,1 | 61,6 | 9,86 | 34,02 | 24,9 | 24,63 | 7,12 | 17,95 | 9,32 | 28,6 | 22,47 | 35,33 | 28,09 | 16,92 | 25,59 | 31,01 | 19,05 | 76,85 |
| Usuário32 | 5,14 | 5,75 | 9,97 | 8,52 | 6,27 | 8,68 | 18,9 | 4,75 | 8,49 | 10,84 | 3,98 | 2,44 | 3,64 | 7,24 | 9,5 | 1,85 | 6,44 | 2,1 | 3,1 | 2,42 |
| Usuário33 | 31 | 11,03 | 30,4 | 23,1 | 22,9 | 31,43 | 27 | 21,57 | 18,3 | 32,26 | 10,31 | 6,52 | 20,69 | 28,11 | 17,82 | 20,82 | 18,74 | 19,36 | 6,73 | 16,52 |
| Usuário34 | 35,6 | 22,15 | 20,5 | 19,9 | 43,6 | 33,56 | 47,2 | 29,17 | 37,9 | 44,29 | 39,9 | 54,4 | 41,29 | 39,35 | 35,87 | 26,85 | 30,6 | 34,9 | 29,19 | 23,86 |
| Usuário37 | 9,88 | 5,3 | 27,4 | 28,7 | 16,4 | 35,46 | 18,3 | 15,82 | 11,3 | 18,84 | 17,55 | 26,6 | 20,06 | 58,12 | 61,7 | 30,28 | 36,23 | 31,35 | 11,58 | 8,45 |
| Usuário 38 | 30,1 | 14,76 | 44,5 | 35,7 | 51,5 | 54,36 | 37,9 | 72,71 | 6,57 | 24,76 | 38,02 | 14,9 | 52,43 | 42,49 | 16,45 | 38,79 | 14,97 | 35,77 | 35,56 | 45,8 |
| Usuário 39 | | | | | | | | | | | 5,09 | 19,5 | 7,01 | 19,44 | 54,18 | 41,71 | 62,37 | 48,14 | 26,69 | 21,66 |

| Soma do tempo de Fixações | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário44 | 7,8 | 2,19 | 11,1 | 19 | 10,5 | 10,88 | 32,2 | 10,48 | 6,1 | 20,53 | 3,56 | 6,51 | 6,57 | 22,57 | 16,62 | 6,49 | 21,78 | 11,77 | 11,28 | 20,41 |
| Usuário45 | 14,3 | 1,13 | 15,9 | 29,8 | 25,4 | 4,16 | 0,74 | 3,21 | 39,2 | 23,56 | 7,9 | 43,8 | 45,31 | 67,14 | 1,71 | 0,13 | 35,05 | 30,57 | 8,02 | 36,69 |
| Usuário50 | 2,15 | 4,16 | 4,53 | 2,29 | 5,45 | 4,59 | 14,9 | 2,77 | 7,67 | 11,23 | 1,45 | 1,62 | 4,6 | 14,41 | 5,09 | 3,72 | 3,31 | 2,33 | 2,96 | 2,76 |
| Soma do tempo de Visitas | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
| Usuário1 | 6,96 | 33,44 | 13,4 | 44 | 12 | 46,18 | 16,4 | 33,98 | 28 | 5,93 | 6,75 | 23,1 | 24,18 | 42,97 | 27,1 | 36,27 | 40,65 | 46,12 | 2,78 | 19,98 |
| Usuário 2 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,17 | 17,37 | 4,74 | 10,15 | 15,8 | 38,89 | 24,08 | 26,43 | 34,24 | 6,46 | 4,75 |
| Usuário3 | 26,3 | 11,66 | 39,3 | 37,5 | 56,4 | 53,56 | 42,8 | 50,28 | 35,3 | 27,11 | 28,3 | 49,9 | 37,86 | 55,5 | 73,33 | 48,62 | 63,37 | 101,9 | 20,34 | 28,4 |
| Usuário8 | 6,36 | 9,7 | 5,79 | 10,9 | 13,8 | 30,9 | 40,7 | 11,87 | 6,76 | 14,37 | 11,95 | 10,5 | 6,55 | 16,57 | 40,56 | 13,31 | 17,24 | 17,8 | 7,67 | 31,01 |
| Usuário10 | 3,61 | 2,57 | 21,3 | 11,7 | 18,2 | 24,56 | 42 | 7,34 | 11 | 16,98 | 8,58 | 6,72 | 17,92 | 21,9 | 22,35 | 17,74 | 12,01 | 10,55 | 11,12 | 9,03 |
| Usuário11 | 11,3 | 8,61 | 37,8 | 16,7 | 20,9 | 23,44 | 25,9 | 8,01 | 21,1 | 14,07 | 9,89 | 11,6 | 15,27 | 32,35 | 21,67 | 42,43 | 18,3 | 24,61 | 24,9 | 31,76 |
| Usuário12 | 25,8 | 16,97 | 18,9 | 33,6 | 18,6 | 59,86 | 16,6 | 24,82 | 19,3 | 36,08 | 12,03 | 26,3 | 13,6 | 33,46 | 23,23 | 16,61 | 36,67 | 21,44 | 25 | 22,47 |
| Usuário15 | 20,6 | 12,29 | 44,4 | 37,8 | 23,8 | 33,82 | 14 | 13,06 | 17 | 46,88 | 42,03 | 36,2 | 15,63 | 30,51 | 22,81 | 24,37 | 22,55 | 20,44 | 13,44 | 12,49 |
| Usuário16 | 0,08 | 2,86 | 17,4 | 11,5 | 7,82 | 2,84 | 15,7 | 5,4 | 4,55 | 8,95 | 25,31 | 8,9 | 6,81 | 20,49 | 9,19 | 11,92 | 2,86 | 7,14 | 5,56 | 2 |
| Usuário17 | 16,1 | 19,69 | 31,5 | 20,1 | 37,2 | 39,6 | 34,7 | 48,73 | 8,92 | 29,31 | 28,62 | 56,2 | 31,86 | 36,78 | 18,43 | 31,88 | 25,23 | 99,03 | 22,11 | 78,78 |
| Usuário19 | 7,14 | 6,68 | 10,8 | 11,8 | 12 | 40,83 | 31,5 | 11,03 | 8,61 | 14,53 | 7,15 | 13,4 | 20,04 | 15,27 | 20,59 | 19,41 | 21,74 | 44,39 | 14,82 | 29,8 |
| Usuário21 | 5,67 | 3,05 | 5,46 | 7,55 | - | 3,46 | 3,7 | 3,57 | 8,38 | 9,44 | - | 7,94 | 7,11 | 6,98 | 19,28 | 13,46 | 9,93 | - | - | - |
| Usuário22 | 2,91 | 4,88 | 36,9 | 52,7 | 16,2 | 36,44 | 14,9 | 22,15 | 48,1 | 65,43 | 31,97 | 18 | 52,99 | 30,62 | 25,66 | 59,49 | 60,13 | 30,74 | 13,66 | 35,69 |

| Soma do tempo de Visitas | 3A4C TD | 3A4C TS | 4A3C TD | 4A3C TS | 4A4C TD | 4A4C TS | 4A5C TD | 4A5C TS | 5A4C TD | 5A4C TS | 3A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 4A4C GD | 5A4C GD | 4A3C GS | 5A4C GS | 4A5C GS | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário23 | 15,5 | 12,7 | 15,7 | 24 | 11,7 | 21,99 | 13,8 | 25,92 | 12,6 | 22,82 | 8,8 | 10,6 | 20,87 | 29,23 | 12,68 | 29,97 | 30,81 | 24,4 | 30,63 | 10,41 |
| Usuário24 | 16 | 3,71 | 9,36 | 23,7 | 31,1 | 13,87 | 16,2 | 21,47 | 22,3 | 23,35 | 14,68 | 14,4 | 16,43 | 32,87 | 19,94 | 25,78 | 13,12 | 26,61 | 8,49 | 27,61 |
| Usuário25 | 3,27 | 8,55 | 8,02 | 10,6 | - | 13,27 | 10,3 | 6,44 | 10,8 | 15,46 | 2,23 | 14,3 | 14,02 | 23,35 | 4,98 | 20,12 | 18,88 | 1,01 | - | - |
| Usuário26 | 21,5 | 36,78 | 53,3 | 63,6 | 23,8 | 94,28 | 10,6 | 57,36 | 48,1 | 49,45 | 28,06 | 39,9 | 56,6 | 193,2 | 107,5 | 25,79 | 81,08 | 78,58 | 19,15 | 98,44 |
| Usuário28 | 12,2 | 0,08 | 8,38 | - | 16,3 | 0,98 | 0,46 | 1,51 | 5,59 | 0,71 | 17,31 | 18,4 | 8,78 | 23,03 | 16,86 | 15,89 | 14,66 | 21,44 | 5,19 | 12,02 |
| Usuário29 | 99,7 | 41,97 | 59,8 | 68,6 | 32,2 | 59,01 | 57 | 72,7 | 51,1 | 54,93 | 30,3 | 82,2 | 39,7 | 191,2 | 14,74 | 86,46 | 76,64 | 85,08 | 24,61 | 42,7 |
| Usuário30 | 26,3 | 28,97 | 26 | - | 36,3 | 56,99 | 84,6 | 16,25 | 16,7 | 0,97 | 13 | 24,6 | 25,24 | 37,71 | 32,17 | 11,3 | 32,29 | 12,43 | 5,4 | 25,36 |
| Usuário31 | 60,8 | 9,35 | 50,3 | 86 | 10,8 | 38,05 | 27,7 | 30,79 | 8,09 | 21,1 | 11,71 | 34,4 | 27,85 | 42,31 | 32,5 | 20,33 | 30,93 | 37,04 | 23,27 | 92,04 |
| Usuário32 | 5,37 | 6,1 | 11,9 | 9,52 | 6,89 | 9,17 | 20,5 | 5,15 | 9,04 | 11,48 | 4,42 | 2,86 | 4,19 | 8,78 | 10,72 | 2,14 | 7,09 | 2,27 | 3,53 | 2,67 |
| Usuário33 | 32,7 | 11,3 | 31,4 | 23,9 | 23,5 | 32,68 | 27,5 | 22,51 | 18,9 | 33,55 | 10,86 | 6,78 | 22,24 | 29,84 | 19,21 | 22,31 | 20,12 | 20,83 | 7,09 | 17,39 |
| Usuário34 | 37 | 24,44 | 24,4 | 21,2 | 45,4 | 48,05 | 48,9 | 30,1 | 54,2 | 49,49 | 53,15 | 59,8 | 47,13 | 45,56 | 39,5 | 30,23 | 38,65 | 37,27 | 31,49 | 24,72 |
| Usuário37 | 11,7 | 5,7 | 31 | 56,8 | 20 | 45,57 | 20,1 | 17,3 | 11,6 | 22,23 | 19,67 | 31,2 | 26,45 | 71,08 | 77,67 | 37,12 | 47,23 | 33,2 | 12,4 | 9,17 |
| Usuário38 | 34,5 | 16,17 | 52,8 | 42,4 | 56,2 | 62,1 | 42,2 | 79,72 | 7,52 | 31,85 | 42,08 | 17,7 | 60,73 | 50,65 | 17,73 | 46,96 | 17,76 | 38,01 | 39,78 | 49,78 |
| Usuário39 | | | | | | | | | | | 5,18 | 21,1 | 7,31 | 20,07 | 58,09 | 45,99 | 69,53 | 52,37 | 28,36 | 27,04 |
| Usuário44 | 8,31 | 2,96 | 11,9 | 20,4 | 10,8 | 11,15 | 34 | 11,43 | 6,45 | 21,72 | 4,11 | 7,47 | 7,26 | 25,88 | 18,79 | 8,26 | 23,76 | 14,03 | 12,66 | 22,21 |
| Usuário45 | 16,4 | 1,16 | 49,5 | 33,9 | 27,2 | 4,51 | 0,74 | 3,74 | 62,8 | 29,24 | 8,68 | 51,5 | 55,45 | 78,56 | 5,97 | 0,13 | 71,95 | 39,64 | 9,33 | 46,25 |
| Usuário50 | 2,24 | 4,56 | 5,38 | 2,61 | 5,89 | 5,52 | 17,1 | 3,07 | 8,64 | 12,95 | 2,02 | 2,72 | 6,33 | 36,19 | 6,67 | 4,08 | 4,98 | 3,25 | 3,51 | 3,56 |

## APÊNDICE D- COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PELA BASELINE PARA O EXPERIMENTO 2.

| Usuários | 4A5C TD | 5A4C GD | 4A4C TS | 5A4C GS | 5A4C TS | 4A3C TS | 4A3C TD | 3A4C TS | 5A4C TD | 4A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 3A4C TD | 4A3C GS | 4A5C TS | 4A5C GS | 3A4C GD | 4A4C TD | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário1 | 0,905 | 1,088 | 1,043 | 1,016 | 1,094 | 1,102 | 0,952 | 1,236 | 1,105 | 1,015 | 1,031 | 1,021 | 1,144 | 1,041 | 1,206 | 1,010 | 1,058 | 1,085 | 1,487 | 0,984 |
| Usuário 2 | 0,840 | 0,946 | 1,147 | 0,911 | 1,019 | 1,221 | 0,908 | 1,118 | 0,987 | 0,991 | 0,890 | 1,060 | 1,056 | 1,001 | 1,202 | 1,017 | 0,919 | 1,160 | 1,008 | 1,030 |
| Usuário3 | 0,861 | 0,995 | 1,309 | 0,870 | 1,214 | 1,144 | 0,913 | 1,307 | 0,968 | 0,905 | 1,018 | 0,983 | 1,015 | 1,195 | 1,274 | 1,304 | 0,954 | 1,058 | 0,944 | 1,053 |
| Usuário8 | 0,756 | 1,010 | 1,220 | 1,077 | 1,126 | 1,135 | 1,052 | 1,214 | 1,066 | 1,057 | 1,052 | 1,044 | 1,038 | 1,008 | 1,152 | 1,072 | 1,020 | 0,998 | 1,114 | 1,038 |
| Usuário10 | 0,794 | 1,102 | 1,301 | 1,111 | 1,165 | 1,200 | 1,138 | 1,203 | 1,048 | 1,123 | 1,093 | 0,996 | 1,056 | 1,150 | 1,180 | 1,029 | 1,088 | 1,069 | 1,048 | 1,013 |
| Usuário11 | 0,787 | 0,970 | 1,125 | 0,968 | 1,121 | 1,118 | 0,997 | 1,190 | 0,987 | 0,984 | 0,987 | 0,999 | 1,009 | 1,040 | 1,236 | 0,988 | 0,936 | 0,987 | 0,954 | 1,008 |
| Usuário12 | 0,834 | 1,036 | 1,206 | 1,011 | 1,184 | 1,195 | 0,948 | 1,201 | 1,044 | 1,037 | 0,993 | 1,046 | 0,989 | 1,069 | 1,162 | 1,019 | 0,979 | 1,070 | 1,135 | 1,070 |
| Usuário15 | 0,795 | 0,946 | 1,132 | 0,976 | 1,204 | 1,137 | 0,925 | 1,139 | 0,949 | 0,985 | 0,979 | 0,983 | 1,030 | 1,077 | 1,223 | 1,034 | 0,950 | 0,930 | 0,963 | 1,006 |
| Usuário16 | 0,940 | 1,086 | 1,137 | 1,023 | 1,190 | 0,947 | 1,119 | 1,014 | 0,883 | 0,934 | 1,017 | 1,047 | 1,016 | 0,932 | 0,996 | 1,028 | 1,034 | 0,981 | 1,042 | 0,998 |
| Usuário17 | 1,025 | 1,021 | 1,114 | 0,976 | 1,079 | 1,033 | 0,945 | 1,062 | 0,925 | 0,959 | 0,989 | 0,994 | 0,992 | 1,130 | 1,122 | 0,936 | 1,025 | 1,011 | 0,974 | 1,010 |
| Usuário19 | 0,890 | 0,946 | 1,124 | 0,981 | 1,040 | 1,095 | 0,969 | 1,157 | 0,994 | 0,916 | 1,023 | 1,012 | 0,985 | 0,975 | 1,094 | 0,992 | 0,968 | 0,935 | 1,024 | 0,999 |
| Usuário21 | 0,930 | 1,046 | 1,090 | 1,018 | 1,099 | 1,076 | 1,021 | 1,114 | 1,022 | 1,032 | 1,001 | 1,022 | 1,005 | 1,046 | 1,118 | 1,026 | 1,029 | 1,027 | 1,029 | 1,027 |
| Usuário22 | 0,916 | 0,923 | 1,108 | 1,087 | 1,154 | 1,017 | 0,885 | 1,112 | 0,954 | 1,008 | 0,992 | 0,972 | 1,049 | 1,026 | 1,174 | 0,852 | 0,977 | 1,000 | 0,941 | 1,013 |
| Usuário23 | 0,815 | 1,055 | 1,055 | 1,094 | 1,241 | 1,213 | 0,976 | 1,259 | 1,023 | 1,029 | 1,078 | 1,056 | 1,113 | 1,246 | 1,027 | 1,088 | 1,088 | 1,030 | 1,030 | 1,053 |
| Usuário24 | 0,942 | 1,100 | 1,163 | 1,079 | 1,240 | 1,241 | 0,927 | 1,244 | 1,085 | 1,037 | 1,049 | 1,087 | 1,099 | 1,210 | 1,269 | 1,103 | 1,157 | 0,997 | 1,035 | 1,072 |
| Usuário25 | 0,845 | 0,959 | 1,103 | 0,989 | 1,036 | 1,133 | 1,039 | 1,180 | 1,011 | 1,010 | 1,019 | 1,053 | 1,087 | 1,149 | 1,207 | 0,995 | 1,033 | 1,004 | 0,981 | 0,980 |
| Usuário26 | 0,755 | 1,099 | 1,336 | 1,026 | 1,318 | 1,254 | 0,954 | 1,465 | 1,465 | 1,114 | 1,003 | 1,106 | 1,091 | 1,128 | 1,341 | 0,970 | 1,067 | 1,070 | 1,070 | 1,074 |
| Usuário28 | 1,003 | 1,006 | 1,078 | 0,986 | 1,044 | 1,033 | 1,027 | 1,038 | 1,051 | 1,098 | 1,118 | 1,080 | 1,151 | 1,026 | 1,070 | 1,032 | 1,027 | 1,045 | 1,111 | 1,051 |
| Usuário29 | 0,970 | 1,025 | 1,193 | 0,990 | 1,136 | 1,224 | 1,002 | 1,157 | 0,864 | 1,068 | 0,962 | 1,059 | 1,070 | 0,930 | 1,147 | 0,972 | 1,034 | 1,069 | 1,039 | 1,067 |
| Usuário30 | 0,999 | 1,132 | 1,216 | 1,010 | 1,044 | 0,946 | 0,940 | 1,291 | 1,075 | 1,173 | 1,042 | 1,186 | 1,089 | 1,118 | 1,364 | 1,019 | 1,049 | 1,188 | 1,175 | 1,092 |
| Usuário31 | 0,851 | 0,968 | 1,187 | 1,055 | 1,086 | 1,131 | 1,081 | 1,062 | 1,072 | 1,085 | 1,124 | 1,029 | 1,035 | 1,026 | 1,215 | 1,167 | 0,997 | 1,075 | 1,073 | 1,049 |
| Usuário32 | 0,935 | 0,978 | 1,047 | 1,160 | 1,117 | 1,202 | 0,948 | 1,115 | 1,099 | 1,133 | 1,000 | 0,993 | 1,106 | 1,086 | 1,086 | 1,060 | 0,972 | 1,019 | 1,059 | 1,058 |
| Usuário33 | 0,814 | 0,994 | 1,198 | 1,025 | 1,325 | 1,274 | 0,951 | 1,313 | 0,857 | 1,000 | 1,104 | 1,038 | 1,041 | 1,019 | 1,295 | 1,148 | 1,197 | 1,045 | 0,925 | 1,034 |
| Usuário37 | 0,747 | 1,011 | 1,418 | 1,043 | 1,350 | 1,306 | 1,072 | 1,008 | 0,952 | 1,059 | 1,006 | 1,039 | 1,165 | 1,095 | 1,328 | 0,988 | 1,007 | 1,184 | 1,116 | 1,129 |

| Usuários | 4A5C TD | 5A4C GD | 4A4C TS | 5A4C GS | 5A4C TS | 4A3C TS | 4A3C TD | 3A4C TS | 5A4C TD | 4A4C GD | 4A5C GD | 4A3C GD | 3A4C TD | 4A3C GS | 4A5C TS | 4A5C GS | 3A4C GD | 4A4C TD | 3A4C GS | 4A4C GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário38 | 0,849 | 0,945 | 1,173 | 1,010 | 1,215 | 1,151 | 1,076 | 1,148 | 1,118 | 0,992 | 1,077 | 0,967 | 1,088 | 1,124 | 1,064 | 1,017 | 1,033 | 0,993 | 1,082 | 0,988 |
| Usuário39 | 0,909 | 1,029 | 1,281 | 0,980 | 1,236 | 1,134 | 0,994 | 1,262 | 0,992 | 1,039 | 1,050 | 0,981 | 1,068 | 1,064 | 1,231 | 1,047 | 0,997 | 1,015 | 1,079 | 1,044 |
| Usuário44 | 0,777 | 0,995 | 1,088 | 1,170 | 1,170 | 1,104 | 1,106 | 1,060 | 1,089 | 1,056 | 0,963 | 0,953 | 1,061 | 1,102 | 1,247 | 1,036 | 0,993 | 0,992 | 1,066 | 0,970 |
| Usuário45 | 0,980 | 1,030 | 1,034 | 1,034 | 1,170 | 1,135 | 1,025 | 1,001 | 0,964 | 1,057 | 1,016 | 0,994 | 1,011 | 0,994 | 1,184 | 1,015 | 0,975 | 1,075 | 1,030 | 0,977 |
| Usuário50 | 0,837 | 1,023 | 1,173 | 1,024 | 1,025 | 1,072 | 1,005 | 1,044 | 0,943 | 0,991 | 1,014 | 0,999 | 1,051 | 1,040 | 1,050 | 0,921 | 0,998 | 0,951 | 0,994 | 0,963 |

## APÊNDICE E - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PELA BASELINE PARA O EXPERIMENTO 3.

| Usuários | 2A5C BD | 2A7C RS | 2A6C TD | 2A7C BS | 2A4C RD | 2A6C RD | 2A5C TD | 2A7C TS | 2A4C TD | 2A6C BD | 2A4C BD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A5C RD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário76 | 1,082 | 1,101 | 1,001 | 1,031 | 1,016 | 1,133 | 1,016 | 0,982 | 0,993 | 0,995 | 0,984 | 0,939 | 0,970 | 0,976 | 0,976 |
| Usuário75 | 1,076 | 1,018 | 1,000 | 1,021 | 1,008 | 1,016 | 0,973 | 1,006 | 0,959 | 1,047 | 1,072 | 1,044 | 0,971 | 0,964 | 1,084 |
| Usuário74 | 0,992 | 0,983 | 0,989 | 0,997 | 1,038 | 1,011 | 1,097 | 0,999 | 0,971 | 0,974 | 0,996 | 0,958 | 1,003 | 1,023 | 0,984 |
| Usuário73 | 0,971 | 1,004 | 0,915 | 0,977 | 0,972 | 0,976 | 0,906 | 0,962 | 0,971 | 0,980 | 0,987 | 0,995 | 0,975 | 0,897 | 0,979 |
| Usuário72 | 0,899 | 0,886 | 0,911 | 0,910 | 0,938 | 0,887 | 0,900 | 0,835 | 0,917 | 0,864 | 0,920 | 0,885 | 0,868 | 0,867 | 0,893 |
| Usuário71 | 1,078 | 1,096 | 1,105 | 1,034 | 1,075 | 1,110 | 1,069 | 1,024 | 1,166 | 1,034 | 1,223 | 1,153 | 1,072 | 1,066 | 0,963 |
| Usuário70 | 0,905 | 0,884 | 0,901 | 0,952 | 0,918 | 0,934 | 0,931 | 0,929 | 0,946 | 0,953 | 0,972 | 1,032 | 0,919 | 0,932 | 0,953 |
| Usuário69 | 0,976 | 0,989 | 0,959 | 1,002 | 0,939 | 0,969 | 1,015 | 1,078 | 1,032 | 0,992 | 1,014 | 1,005 | 0,982 | 0,996 | 0,996 |
| Usuário68 | 1,043 | 0,967 | 1,070 | 0,993 | 0,992 | 0,974 | 0,924 | 0,966 | 1,034 | 0,985 | 1,034 | 1,017 | 0,986 | 0,928 | 0,977 |
| Usuário67 | 1,059 | 1,090 | 1,027 | 1,085 | 1,021 | 1,073 | 0,997 | 1,027 | 1,095 | 1,023 | 1,052 | 1,029 | 1,095 | 1,081 | 1,021 |
| Usuário66 | 0,979 | 0,956 | 0,974 | 0,931 | 1,008 | 1,030 | 0,967 | 0,972 | 0,968 | 0,983 | 0,969 | 0,986 | 0,920 | 0,986 | 1,008 |
| Usuário65 | 1,006 | 0,937 | 1,040 | 1,066 | 1,001 | 1,002 | 1,043 | 1,026 | 1,016 | 1,003 | 0,985 | 0,997 | 1,034 | 0,984 | 1,001 |
| Usuário64 | 1,031 | 1,047 | 1,089 | 0,993 | 1,027 | 1,018 | 1,048 | 1,002 | 1,029 | 0,996 | 1,030 | 1,046 | 1,017 | 0,990 | 1,027 |
| Usuário63 | 0,970 | 0,954 | 0,926 | 0,974 | 0,953 | 0,978 | 0,967 | 0,979 | 0,988 | 1,023 | 1,024 | 0,955 | 1,006 | 0,998 | 0,953 |
| Usuário61 | 0,965 | 0,945 | 0,999 | 1,097 | 1,037 | 1,009 | 0,943 | 0,956 | 1,015 | 1,054 | 0,987 | 1,041 | 0,979 | 0,985 | 1,037 |
| Usuário60 | 1,055 | 1,010 | 0,996 | 1,079 | 1,066 | 0,991 | 1,023 | 1,012 | 1,010 | 1,052 | 1,142 | 1,049 | 0,997 | 1,006 | 1,066 |
| Usuário59 | 0,964 | 0,989 | 1,006 | 0,988 | 1,007 | 0,961 | 0,982 | 0,915 | 0,961 | 0,986 | 0,963 | 1,008 | 0,974 | 1,006 | 1,007 |
| Usuário58 | 0,998 | 0,867 | 0,888 | 0,938 | 0,885 | 0,946 | 0,904 | 0,927 | 0,901 | 0,892 | 0,894 | 0,946 | 0,905 | 0,858 | 0,885 |
| Usuário56 | 0,934 | 0,953 | 0,965 | 0,994 | 0,951 | 0,975 | 0,928 | 0,987 | 0,952 | 0,955 | 0,887 | 1,004 | 0,927 | 0,959 | 0,951 |
| Usuário54 | 1,038 | 1,041 | 0,939 | 1,090 | 1,030 | 1,015 | 0,974 | 1,056 | 0,983 | 1,030 | 1,135 | 1,092 | 1,016 | 0,957 | 1,030 |
| Usuário53 | 1,063 | 0,930 | 0,958 | 1,041 | 1,669 | 1,052 | 0,958 | 0,967 | 0,950 | 0,970 | 1,087 | 0,984 | 0,962 | 0,936 | 1,669 |
| Usuário52 | 0,974 | 0,809 | 0,836 | 0,944 | 0,925 | 1,033 | 0,982 | 0,852 | 1,014 | 1,014 | 0,996 | 1,000 | 0,936 | 0,947 | 0,925 |
| Usuário50 | 0,980 | 0,911 | 0,977 | 0,974 | 0,976 | 0,906 | 0,993 | 0,972 | 1,008 | 0,974 | 1,010 | 0,977 | 1,037 | 1,023 | 0,976 |

| Usuários | 2A5C BD | 2A7C RS | 2A6C TD | 2A7C BS | 2A4C RD | 2A6C RD | 2A5C TD | 2A7C TS | 2A4C TD | 2A6C BD | 2A4C BD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A5C RD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário49 | 0,999 | 1,007 | 0,982 | 0,998 | 1,020 | 0,981 | 0,974 | 0,976 | 0,953 | 0,966 | 0,941 | 1,019 | 0,960 | 1,015 | 1,020 |
| Usuário47 | 0,945 | 0,917 | 0,911 | 0,936 | 0,980 | 0,988 | 0,990 | 0,941 | 0,925 | 0,954 | 0,961 | 0,954 | 0,936 | 0,953 | 0,980 |
| Usuário46 | 1,037 | 1,042 | 1,004 | 1,091 | 1,015 | 1,037 | 0,993 | 1,025 | 1,018 | 1,185 | 1,092 | 1,107 | 0,991 | 1,000 | 1,015 |
| Usuário45 | 0,969 | 0,853 | 0,993 | 1,042 | 0,925 | 0,945 | 1,044 | 0,959 | 0,947 | 0,989 | 0,962 | 1,020 | 0,908 | 1,019 | 0,925 |
| Usuário44 | 0,967 | 1,026 | 0,995 | 0,995 | 1,029 | 0,967 | 0,990 | 1,005 | 1,001 | 1,058 | 1,021 | 1,019 | 0,961 | 0,988 | 1,029 |
| Usuário43 | 1,013 | 0,920 | 1,054 | 1,045 | 0,909 | 0,958 | 0,991 | 0,984 | 1,001 | 0,998 | 1,026 | 0,954 | 0,919 | 0,942 | 0,909 |
| Usuário33 | 0,971 | 1,009 | 0,926 | 1,037 | 0,987 | 0,980 | 0,934 | 0,932 | 0,951 | 1,000 | 1,005 | 0,994 | 0,972 | 0,928 | 0,987 |
| Usuário32 | 0,979 | 0,944 | 1,022 | 1,027 | 1,005 | 1,009 | 0,994 | 0,946 | 0,922 | 1,005 | 0,997 | 0,984 | 0,945 | 0,964 | 0,964 |
| Usuário31 | 1,048 | 0,934 | 0,995 | 0,998 | 0,937 | 1,047 | 0,978 | 0,954 | 0,947 | 0,986 | 0,989 | 0,989 | 0,948 | 0,973 | 0,965 |
| Usuário28 | 1,061 | 1,014 | 1,010 | 1,029 | 0,986 | 0,969 | 1,017 | 1,040 | 1,034 | 1,045 | 1,054 | 1,058 | 1,000 | 1,014 | 0,986 |
| Usuário27 | 1,018 | 1,033 | 1,031 | 1,118 | 0,981 | 1,038 | 1,041 | 1,044 | 1,088 | 1,079 | 1,096 | 1,040 | 1,047 | 1,072 | 1,081 |
| Usuário26 | 0,961 | 0,982 | 1,109 | 0,996 | 0,975 | 1,080 | 0,957 | 1,012 | 1,022 | 1,027 | 1,061 | 0,962 | 0,993 | 0,893 | 0,989 |
| Usuário24 | 0,975 | 0,997 | 0,981 | 1,016 | 0,921 | 1,013 | 0,957 | 0,963 | 1,053 | 0,991 | 0,957 | 1,056 | 0,902 | 0,978 | 1,002 |
| Usuário23 | 0,876 | 0,887 | 0,986 | 0,971 | 0,966 | 0,988 | 0,901 | 1,023 | 0,974 | 0,936 | 0,923 | 0,944 | 0,973 | 0,968 | 1,084 |
| Usuário22 | 0,944 | 0,911 | 0,903 | 0,964 | 0,964 | 0,985 | 0,962 | 0,915 | 0,928 | 0,952 | 0,962 | 1,044 | 0,976 | 0,931 | 0,974 |
| Usuário21 | 0,856 | 0,867 | 0,864 | 0,898 | 0,889 | 0,908 | 0,904 | 0,907 | 0,910 | 0,940 | 0,884 | 0,890 | 0,886 | 0,998 | 0,876 |
| Usuário19 | 0,981 | 1,036 | 0,994 | 1,002 | 0,998 | 1,032 | 0,967 | 0,993 | 0,975 | 0,996 | 0,981 | 1,023 | 1,047 | 1,028 | 0,973 |
| Usuário17 | 0,932 | 0,822 | 0,963 | 1,088 | 0,957 | 1,024 | 0,972 | 0,912 | 0,951 | 0,952 | 1,051 | 0,985 | 0,906 | 0,869 | 0,980 |
| Usuário16 | 0,962 | 0,971 | 0,956 | 0,976 | 0,965 | 0,977 | 0,954 | 0,947 | 0,966 | 0,982 | 0,967 | 0,977 | 0,906 | 0,916 | 0,983 |
| Usuário11 | 0,956 | 0,949 | 0,913 | 1,003 | 0,935 | 0,951 | 0,936 | 0,895 | 0,883 | 0,974 | 0,978 | 0,993 | 0,944 | 0,923 | 0,955 |
| Usuário 2 | 0,992 | 0,975 | 1,035 | 0,963 | 0,970 | 0,925 | 0,959 | 0,986 | 0,939 | 0,909 | 0,949 | 0,933 | 0,903 | 1,004 | 0,909 |
| Usuário 1 | 0,970 | 0,954 | 1,002 | 1,020 | 0,960 | 0,977 | 0,943 | 0,955 | 0,978 | 0,992 | 1,041 | 0,985 | 0,970 | 0,992 | 0,976 |

# APÊNDICE F - VALORES DE POTÊNCIA DAS ONDAS CEREBRAIS PARA O EXPERIMENTO 2

| Usuários F3 em Theta | 3A4C BS | 3A4C BD | 3A4C TS | 3A4C TD | 4A3C BS | 4A3C BD | 4A3C TS | 4A3C TD | 4A4C BS | 4A4C BD | 4A4C TS | 4A4C TD | 4A5C BS | 4A5C BD | 4A5C TS | 4A5C TD | 5A4C BS | 5A4C BD | 5A4C TS | 5A4C TD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário1 | 1,508 | -0,451 | 1,846 | 2,182 | 1,399 | 3,553 | 2,746 | 6,413 | 1,270 | 3,397 | 3,933 | 1,805 | 1,025 | 3,710 | 1,611 | 4,048 | 4,089 | 3,025 | 3,631 | 15,468 |
| Usuário2 | 9,078 | 14,257 | 12,365 | 9,405 | 9,768 | 13,069 | 10,570 | 9,306 | 7,560 | 11,033 | 11,354 | 12,042 | 9,456 | 8,833 | 17,250 | 17,883 | 9,029 | 10,326 | 9,376 | 20,920 |
| Usuário3 | 2,008 | 4,574 | 4,982 | 2,638 | 4,672 | 4,926 | 4,227 | 3,949 | 3,524 | 4,989 | 4,459 | 3,066 | 2,482 | 3,921 | 4,362 | 3,630 | 3,865 | 5,810 | 5,020 | 3,861 |
| Usuário8 | 0,239 | 0,339 | 0,513 | 13,836 | -0,454 | -2,531 | 0,899 | -1,390 | 0,822 | 0,706 | 3,133 | 2,914 | 3,447 | 2,020 | 2,008 | 3,873 | 1,812 | 2,971 | 1,170 | 0,223 |
| Usuário10 | 0,110 | 5,891 | 2,253 | 1,683 | 4,206 | 1,790 | 3,353 | 0,908 | 1,893 | 15,521 | 12,598 | 0,206 | 4,580 | 3,858 | 1,426 | 2,120 | 2,235 | 2,475 | 1,598 | 0,910 |
| Usuário11 | -7,353 | -7,045 | -7,449 | -7,993 | -0,387 | -7,432 | -5,584 | -6,774 | -8,267 | -8,387 | -8,182 | -7,549 | -8,252 | -9,309 | -7,706 | -7,888 | -8,453 | -5,208 | -7,707 | -6,667 |
| Usuário12 | -0,873 | 0,814 | 0,476 | 0,768 | 1,082 | 0,403 | 0,528 | 1,154 | 0,032 | 0,084 | 0,689 | 1,081 | -0,312 | 0,392 | 0,230 | 1,612 | 4,838 | 0,628 | 1,176 | 1,174 |
| Usuário15 | 6,320 | 4,902 | 4,507 | 6,503 | 5,052 | 6,024 | 6,375 | 4,873 | 4,999 | 6,074 | 6,303 | 6,751 | 5,444 | 5,892 | 6,118 | 5,383 | 7,297 | 6,515 | 5,717 | 7,171 |
| Usuário16 | 4,377 | 0,836 | 0,582 | 0,011 | 1,344 | 0,358 | 1,236 | 0,880 | 3,524 | 0,926 | 1,085 | 4,692 | 1,444 | 4,219 | -0,363 | -0,263 | 1,163 | -0,821 | 2,266 | 1,464 |
| Usuário17 | 9,230 | 10,893 | 6,012 | 9,816 | 10,370 | 10,343 | 5,026 | 7,045 | 9,273 | 7,076 | 5,956 | 9,501 | 11,145 | 8,591 | 11,158 | 7,195 | 3,652 | 6,194 | 10,519 | 4,352 |
| Usuário19 | 1,604 | 2,906 | -0,596 | 6,056 | 1,740 | 2,664 | 2,312 | 2,613 | 2,227 | 3,430 | 2,862 | 2,681 | 1,261 | 1,664 | 3,308 | 3,082 | 3,647 | 6,784 | 2,217 | 1,523 |
| Usuário21 | 5,127 | 6,215 | 12,039 | 12,741 | 6,849 | 5,634 | 6,040 | 8,995 | 8,028 | 4,165 | 6,999 | 5,673 | 8,667 | 11,066 | 7,337 | 7,298 | 5,430 | 6,609 | 6,600 | 7,959 |
| Usuário22 | 3,375 | 5,132 | 3,641 | 4,816 | 4,184 | 3,825 | 5,361 | 4,058 | 5,941 | 4,139 | 2,879 | 5,210 | 7,791 | 10,387 | 4,028 | 2,594 | 3,090 | 2,647 | 2,984 | 4,210 |
| Usuário23 | -4,853 | -1,143 | -5,013 | -6,521 | -3,633 | -2,791 | -7,282 | -5,285 | -8,354 | 0,784 | -0,604 | -3,402 | -1,223 | -3,476 | -5,968 | 0,214 | -6,768 | -6,542 | -5,276 | -6,433 |
| Usuário24 | 0,452 | 0,056 | 0,367 | 1,118 | 0,220 | 0,289 | -0,409 | 0,100 | 0,837 | 0,948 | -0,854 | 2,569 | -0,169 | 2,209 | 2,644 | 0,480 | -1,448 | 0,261 | 0,188 | -0,177 |
| Usuário25 | 0,694 | -0,547 | -1,705 | 0,632 | -0,150 | 1,844 | -0,033 | -1,605 | -0,571 | -0,304 | 7,671 | 9,479 | 0,269 | 1,522 | -0,754 | 11,005 | 7,530 | 4,006 | 0,294 | 1,195 |
| Usuário26 | -0,837 | 0,682 | -1,309 | -0,276 | -0,400 | -0,168 | 23,064 | 0,994 | 0,395 | 17,946 | 0,894 | 1,700 | 0,818 | 3,467 | -0,543 | -0,587 | 3,218 | 3,459 | -0,588 | 3,076 |
| Usuário28 | 2,963 | 2,863 | 2,424 | 4,220 | 1,988 | 2,226 | 2,122 | 4,393 | 2,399 | 2,477 | 1,702 | 1,813 | 2,725 | 1,851 | 3,074 | 1,731 | 14,284 | 3,789 | 3,326 | 1,770 |
| Usuário29 | 4,383 | -0,380 | -0,434 | -1,045 | 11,178 | 3,777 | -5,039 | -3,846 | 1,053 | -3,482 | 1,689 | 8,823 | 0,544 | -5,003 | -0,023 | 0,507 | -2,826 | -6,670 | -1,071 | -3,008 |
| Usuário30 | -4,620 | 0,888 | -0,061 | -0,795 | -0,693 | -1,196 | -1,232 | -1,836 | 2,909 | 3,911 | -0,285 | -0,143 | 4,134 | -1,328 | -1,313 | -1,483 | 7,244 | 2,115 | -1,822 | 2,366 |
| Usuário31 | 10,294 | 8,316 | 6,410 | 7,892 | 7,979 | 7,005 | 7,377 | 8,294 | 8,795 | 9,464 | 8,916 | 8,424 | 13,751 | 8,571 | 9,100 | 8,200 | 6,462 | 6,714 | 4,668 | 7,793 |

| Usuários F3 em Theta | 3A4C BS | 3A4C BD | 3A4C TS | 3A4C TD | 4A3C BS | 4A3C BD | 4A3C TS | 4A3C TD | 4A4C BS | 4A4C BD | 4A4C TS | 4A4C TD | 4A5C BS | 4A5C BD | 4A5C TS | 4A5C TD | 5A4C BS | 5A4C BD | 5A4C TS | 5A4C TD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário32 | 1,820 | -1,624 | -1,013 | 2,100 | -1,422 | -0,300 | 3,070 | 7,714 | 3,060 | 6,511 | 4,027 | 3,106 | 1,720 | -0,602 | 4,576 | 7,071 | 10,294 | 23,703 | 3,576 | 0,211 |
| Usuário34 | 6,202 | 11,425 | 9,611 | 10,273 | 5,302 | 6,175 | 14,161 | 1,518 | 3,511 | 10,277 | 4,335 | 9,484 | 12,704 | 10,833 | 5,121 | 11,318 | 9,445 | 9,697 | 11,759 | 4,250 |
| Usuário37 | -8,385 | -7,601 | -7,689 | -9,185 | -8,495 | -6,108 | -9,326 | -9,005 | -7,746 | -9,140 | -7,486 | -8,194 | -8,248 | -8,275 | 3,689 | -7,172 | -7,334 | -7,606 | -3,059 | -8,127 |
| Usuário38 | -0,745 | -1,989 | -1,462 | -2,894 | -1,672 | -2,482 | 7,421 | -2,267 | -1,290 | -1,725 | -4,471 | -0,699 | -2,432 | -2,990 | -2,149 | -3,669 | -4,451 | -5,252 | 11,129 | -3,199 |
| Usuário39 | 6,940 | 3,559 | 1,494 | 10,882 | 4,128 | 9,910 | 17,839 | 2,063 | 3,078 | 8,635 | 2,152 | 6,377 | 8,710 | 1,986 | 10,899 | 2,604 | 2,766 | -0,011 | 1,089 | -2,522 |
| Usuário44 | 3,632 | 5,963 | 1,620 | 4,083 | 6,505 | 3,518 | 6,332 | 3,523 | 3,757 | 3,559 | 3,207 | 13,919 | 3,532 | 5,549 | 5,952 | 4,968 | 3,002 | 3,679 | 4,618 | 2,615 |
| Usuário45 | 5,876 | 5,116 | 1,383 | 4,471 | 5,633 | 3,932 | 7,787 | 3,533 | 8,764 | 3,035 | 1,139 | 9,703 | 5,654 | 5,078 | 19,873 | 0,387 | 2,127 | 1,733 | 3,884 | 2,835 |
| Usuário50 | -0,204 | 17,496 | 6,835 | 1,057 | 7,777 | 1,830 | 2,984 | 4,052 | 1,651 | 5,805 | 11,259 | 9,637 | -0,116 | 0,457 | 3,546 | 2,445 | 5,824 | -0,115 | 0,911 | 1,254 |

| Usuários P7 em Alpha | 3A4C BS | 3A4C BD | 3A4C TS | 3A4C TD | 4A3C BS | 4A3C BD | 4A3C TS | 4A3C TD | 4A4C BS | 4A4C BD | 4A4C TS | 4A4C TD | 4A5C BS | 4A5C BD | 4A5C TS | 4A5C TD | 5A4C BS | 5A4C BD | 5A4C TS | 5A4C TD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário1 | 3,294 | 2,920 | 3,231 | 2,870 | 3,561 | 4,183 | 2,547 | 5,185 | 3,621 | 3,423 | 4,135 | 3,793 | 3,046 | 4,298 | 3,474 | 3,412 | 4,444 | 3,220 | 4,400 | 10,435 |
| Usuário2 | 0,145 | 1,810 | 0,068 | 2,129 | 0,970 | 1,996 | 1,011 | 1,376 | -0,762 | 2,353 | 0,913 | 0,879 | 0,752 | 0,606 | 1,720 | 1,526 | 0,108 | 1,270 | 0,964 | 3,268 |
| Usuário3 | -7,338 | -8,053 | -7,386 | -6,671 | -6,862 | -6,418 | -6,724 | -7,540 | -7,234 | -7,178 | -6,201 | -6,685 | -6,939 | -6,486 | -6,519 | -6,800 | -6,176 | -5,602 | -6,018 | -6,800 |
| Usuário8 | 0,700 | 0,527 | -0,576 | 2,506 | 0,995 | -0,599 | 0,265 | -1,184 | -0,391 | 0,712 | 2,088 | 3,105 | 1,507 | 0,454 | -1,150 | 3,027 | 2,642 | 1,968 | 0,084 | -0,938 |
| Usuário10 | -0,430 | 0,800 | -2,010 | -1,100 | -0,272 | -1,373 | -0,557 | -1,942 | -2,222 | 9,868 | 7,169 | -2,229 | -0,885 | 6,647 | -1,734 | -1,173 | -1,790 | -1,569 | -1,045 | -2,290 |
| Usuário11 | -0,954 | 0,479 | -2,082 | -0,633 | 0,323 | -1,776 | -0,839 | -1,366 | -1,412 | -1,630 | -1,734 | -0,552 | -0,258 | -2,430 | -0,722 | -1,214 | -2,476 | -1,509 | -1,052 | -1,240 |
| Usuário12 | 0,704 | 1,414 | 1,994 | 1,980 | 1,625 | 2,300 | 0,630 | 1,185 | 1,805 | 1,060 | 1,357 | -0,181 | 0,803 | 1,479 | 1,856 | 0,474 | 1,405 | 1,886 | 1,678 | 1,188 |
| Usuário15 | 5,489 | 5,931 | 4,486 | 6,188 | 7,052 | 17,390 | 6,151 | 5,583 | 5,808 | 6,563 | 5,400 | 7,340 | 5,858 | 6,079 | 5,265 | 4,742 | 5,038 | 5,594 | 5,766 | 5,460 |
| Usuário16 | 5,011 | 1,378 | 0,007 | 0,505 | 2,925 | 0,105 | 2,457 | 2,096 | -7,234 | 0,265 | -0,048 | 5,396 | 1,364 | 1,251 | 0,852 | -1,043 | -1,043 | -1,215 | -0,697 | 1,647 |
| Usuário17 | 2,309 | 2,934 | 1,784 | 1,231 | 1,705 | 1,378 | 0,946 | 2,663 | 3,214 | 1,247 | 2,569 | 2,691 | 2,127 | 1,404 | 2,196 | 3,184 | 2,112 | 3,397 | 6,878 | -0,118 |
| Usuário19 | -10,982 | 1,371 | -10,792 | -7,292 | -10,431 | -9,553 | -10,564 | -9,923 | -9,805 | -9,656 | -8,012 | -10,416 | -9,639 | -9,384 | -9,172 | -9,719 | -9,094 | -5,210 | -9,972 | -8,852 |
| Usuário21 | 9,988 | 10,214 | 9,406 | 11,546 | 10,469 | 10,053 | 7,830 | 9,379 | 10,224 | 9,493 | 9,599 | 9,866 | 10,545 | 11,177 | 9,732 | 9,016 | 8,915 | 8,540 | 9,552 | 9,275 |
| Usuário22 | -2,789 | -2,705 | -5,030 | -3,481 | -2,790 | -2,632 | -2,721 | -3,521 | -0,851 | -3,536 | -4,956 | -2,550 | -2,928 | 0,797 | -2,485 | -4,986 | -4,271 | -5,044 | -3,650 | -2,098 |
| Usuário23 | -2,469 | 1,330 | -4,366 | -3,420 | -0,690 | -2,528 | -4,673 | -1,076 | -3,610 | -1,049 | -1,044 | -0,666 | -2,494 | -2,438 | -2,879 | 2,429 | -4,723 | -4,750 | -3,421 | -4,042 |
| Usuário24 | 2,305 | 2,379 | 0,862 | 2,837 | 1,751 | 0,491 | 1,847 | 1,918 | 3,056 | 2,428 | 2,309 | 2,463 | 1,286 | 0,632 | 2,717 | 1,216 | 2,819 | 0,517 | 2,515 | 2,936 |
| Usuário25 | -1,819 | -2,869 | -2,571 | -0,105 | -2,328 | -2,173 | -0,815 | -1,838 | -2,061 | -1,277 | -1,019 | 3,274 | -2,177 | -1,911 | -2,085 | 0,349 | -2,273 | -1,575 | -2,233 | -1,665 |
| Usuário26 | -9,247 | -9,410 | -10,262 | -8,132 | -8,363 | -9,403 | 7,182 | -8,781 | -9,481 | 2,470 | -8,717 | -8,610 | -8,762 | -7,293 | -9,476 | -8,848 | -8,286 | -9,294 | -10,465 | -6,447 |

| Usuários P7 em Alpha | 3A4C BS | 3A4C BD | 3A4C TS | 3A4C TD | 4A3C BS | 4A3C BD | 4A3C TS | 4A3C TD | 4A4C BS | 4A4C BD | 4A4C TS | 4A4C TD | 4A5C BS | 4A5C BD | 4A5C TS | 4A5C TD | 5A4C BS | 5A4C BD | 5A4C TS | 5A4C TD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário28 | -1,532 | -2,363 | -1,491 | -1,038 | -3,502 | -2,795 | -2,311 | -1,594 | -3,044 | -2,268 | -3,520 | -0,550 | -1,154 | -1,942 | -0,647 | -2,811 | 12,832 | -2,371 | -1,195 | -2,537 |
| Usuário29 | -0,155 | -3,495 | -1,055 | -1,764 | 1,270 | 0,962 | -8,206 | -5,554 | -4,781 | -7,301 | -1,685 | 0,369 | -4,139 | -6,417 | -5,891 | -1,960 | -7,210 | -6,280 | -6,567 | -3,893 |
| Usuário30 | 6,080 | 4,862 | 4,734 | 4,571 | 5,144 | 5,001 | 4,340 | 4,433 | 5,591 | 6,101 | 4,671 | 5,991 | 6,005 | 4,573 | 5,129 | 3,817 | 5,617 | 7,113 | 5,731 | 4,947 |
| Usuário31 | 3,946 | 4,065 | 2,881 | 2,923 | 3,882 | 3,098 | 3,397 | 3,700 | 4,054 | 3,454 | 3,370 | 2,750 | 3,540 | 4,359 | 3,367 | 3,303 | 3,619 | 3,700 | 3,774 | 2,476 |
| Usuário32 | 2,382 | 0,002 | 0,609 | 0,131 | -1,818 | -2,248 | -0,138 | 8,807 | 2,955 | 4,761 | 4,728 | 0,436 | 0,058 | 0,231 | 4,203 | 8,127 | 10,594 | 7,475 | 3,647 | -0,091 |
| Usuário33 | 0,983 | 3,491 | 2,161 | 1,488 | 1,883 | 2,211 | 2,390 | 3,489 | 2,104 | 1,815 | 1,293 | 3,143 | 2,609 | 1,443 | 1,364 | 1,255 | 2,216 | 1,298 | 0,766 | 2,359 |
| Usuário34 | 3,953 | 7,207 | 6,042 | 6,415 | 3,143 | 3,299 | 7,896 | -0,230 | 0,657 | 7,222 | 3,188 | 6,025 | 8,633 | 7,692 | 3,304 | 8,343 | 6,002 | 6,593 | 7,334 | 2,179 |
| Usuário37 | -0,405 | -2,330 | -1,151 | -3,194 | -2,599 | -1,443 | -0,582 | -1,624 | -0,160 | -0,166 | -0,529 | -0,641 | -0,857 | 0,075 | -0,520 | -2,319 | -1,626 | -1,558 | -0,030 | 0,721 |
| Usuário38 | -6,783 | -8,728 | -7,350 | -10,198 | -8,349 | -9,087 | 2,106 | -9,331 | -7,537 | -9,184 | -11,443 | -6,620 | -9,508 | -9,960 | -9,156 | -9,976 | -10,505 | -10,218 | -8,421 | -10,979 |
| Usuário39 | 1,415 | 0,686 | 0,654 | 9,950 | 2,906 | 1,086 | 16,016 | 0,452 | 0,580 | 9,222 | 0,278 | 2,586 | 2,254 | -0,058 | 11,483 | -0,235 | 0,677 | -1,625 | -0,323 | 0,390 |
| Usuário44 | -6,741 | -4,446 | -9,992 | -8,254 | -4,941 | -7,412 | -2,927 | -7,458 | -7,144 | -6,127 | -6,978 | -0,482 | -5,395 | -7,422 | -5,620 | -6,290 | -7,274 | -6,252 | -5,472 | -7,890 |
| Usuário45 | 4,688 | 4,042 | 1,426 | 2,825 | 2,521 | 1,510 | 24,418 | 2,717 | 7,624 | 1,490 | 0,617 | 5,611 | 3,752 | 5,186 | 12,300 | 0,582 | 0,980 | 0,688 | 0,546 | 1,262 |
| Usuário50 | -1,850 | -3,537 | 0,432 | 1,062 | 1,677 | -0,529 | 1,838 | -1,527 | -0,547 | 0,153 | -0,119 | 0,922 | 1,609 | -1,965 | 0,862 | 0,055 | 2,508 | 0,288 | 0,188 | 0,188 |

# APÊNDICE G - VALORES DE POTÊNCIA DAS ONDAS CEREBRAIS PARA O EXPERIMENTO 3

| Usuário F3 em Theta | 2A4C BD | 2A4C RD | 2A4C TD | 2A5C BD | 2A5C RD | 2A5C TD | 2A6C BD | 2A6C RD | 2A6C TD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A7C BS | 2A7C RS | 2A7C TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 76 | -2,278 | -1,114 | -2,092 | -3,265 | -0,285 | -1,643 | -1,978 | -2,351 | 1,127 | -2,536 | -3,716 | -1,119 | 1,463 | -4,724 | -2,355 |
| Usuário 75 | -1,112 | 1,692 | -0,107 | -0,778 | 0,524 | 0,219 | 0,291 | 0,482 | 0,494 | 0,538 | 0,541 | 0,364 | 0,414 | -0,246 | 0,807 |
| Usuário 74 | 0,503 | -0,606 | -2,267 | 0,452 | 0,129 | -2,577 | -1,571 | -3,054 | -1,190 | 0,750 | 0,525 | 0,328 | -0,711 | -2,104 | -3,051 |
| Usuário 73 | -5,849 | 0,986 | -5,917 | -2,354 | 1,743 | -0,445 | -7,669 | -2,354 | -1,508 | -7,115 | -1,608 | -3,664 | 0,786 | -0,435 | -6,502 |
| Usuário 72 | 1,061 | 1,533 | -1,567 | -0,098 | 0,525 | 0,253 | 0,929 | 1,176 | 0,202 | -1,351 | 0,004 | -2,194 | 0,670 | 0,071 | 1,468 |
| Usuário 71 | -2,593 | -1,185 | -2,707 | -1,530 | -1,879 | 0,138 | -1,897 | -0,458 | -0,059 | -1,823 | -2,074 | -2,311 | -0,977 | 1,615 | -0,632 |
| Usuário 69 | -1,353 | 1,639 | -2,114 | -1,713 | -0,045 | -0,802 | 0,569 | 0,071 | 0,065 | -2,399 | -0,264 | 0,241 | -1,637 | -2,180 | 1,381 |
| Usuário 68 | 0,412 | 0,654 | -4,074 | 1,094 | -0,841 | 0,470 | -4,244 | 0,943 | 1,340 | 0,567 | 0,300 | 1,268 | -0,356 | 1,931 | -7,336 |
| Usuário 67 | 2,499 | 3,064 | 3,410 | 0,355 | 3,984 | 1,457 | 2,074 | 3,282 | 0,582 | 4,617 | 5,012 | 4,384 | 2,443 | 2,814 | - |
| Usuário 66 | -0,166 | 0,372 | -0,615 | -0,853 | 1,034 | -0,464 | 0,249 | -1,147 | 0,532 | 0,897 | 2,161 | 0,282 | -0,025 | -0,993 | -0,104 |
| Usuário 65 | -2,641 | -0,191 | -1,974 | 1,955 | -1,601 | 0,090 | -2,569 | 1,235 | -1,705 | 0,384 | -3,377 | 2,804 | -4,939 | -1,099 | -0,562 |
| Usuário 64 | -2,906 | 3,450 | 1,302 | 0,132 | -3,975 | 0,193 | -3,361 | 2,887 | 1,117 | -2,033 | -4,716 | -3,387 | 0,065 | 0,081 | 1,819 |
| Usuário 63 | -1,097 | -0,339 | -2,282 | 1,139 | -1,455 | 0,762 | -1,861 | 0,057 | -0,915 | -0,567 | -1,025 | -3,701 | -1,037 | -1,632 | -3,928 |
| Usuário 60 | 1,581 | 3,207 | 4,182 | 1,829 | 0,746 | 1,365 | 4,831 | 5,014 | 1,841 | 3,713 | 1,040 | 0,406 | 2,919 | 1,008 | 4,942 |
| Usuário 59 | -0,600 | -0,461 | -0,069 | 0,894 | -1,893 | -1,590 | -0,511 | -0,986 | 0,254 | -1,227 | -1,244 | -2,018 | 1,207 | -0,419 | -1,190 |
| Usuário 58 | 4,915 | 1,674 | 0,872 | -2,821 | 0,387 | 2,205 | 0,599 | 3,147 | -2,318 | 1,494 | 0,273 | 0,834 | -3,872 | -2,352 | 1,529 |
| Usuário 56 | 6,839 | -0,620 | 5,942 | -1,500 | 4,531 | -2,554 | 5,866 | -1,278 | 0,136 | 5,894 | 7,280 | 6,303 | -2,321 | -2,374 | 4,832 |
| Usuário 52 | 1,926 | 1,123 | -2,095 | 0,253 | 3,388 | 2,559 | 0,293 | 0,789 | -0,448 | 3,142 | 1,253 | 4,299 | -0,785 | -0,390 | 1,995 |
| Usuário 50 | -3,382 | 0,654 | -5,806 | 1,555 | 5,100 | 0,490 | -6,541 | 1,212 | 1,098 | -3,798 | -0,495 | -1,987 | 2,097 | 1,598 | 0,858 |
| Usuário 49 | 4,650 | 0,056 | 3,418 | -0,905 | 1,796 | 4,474 | 0,901 | 4,218 | -0,143 | 4,162 | 2,965 | 5,532 | 1,042 | -0,110 | 5,090 |
| Usuário 46 | 2,907 | -0,440 | 0,389 | -0,481 | 4,366 | -2,146 | 0,557 | -0,681 | -0,342 | 4,802 | 2,167 | 2,937 | -0,159 | -0,131 | 0,489 |
| Usuário 45 | -2,531 | -3,711 | -4,650 | - | -2,924 | -5,288 | -3,742 | -2,722 | -1,794 | -3,876 | -2,724 | -3,782 | -2,461 | 1,249 | -4,118 |
| Usuário 44 | -2,813 | -3,285 | 2,944 | 1,894 | -0,786 | 2,847 | 3,457 | -4,724 | -0,340 | 3,001 | -0,907 | -2,251 | -2,933 | -1,050 | 3,438 |
| Usuário 43 | 3,976 | -0,557 | - | -0,210 | 6,912 | -1,674 | 2,738 | -0,621 | 1,228 | 1,905 | 6,020 | 5,843 | - | -0,318 | 0,642 |

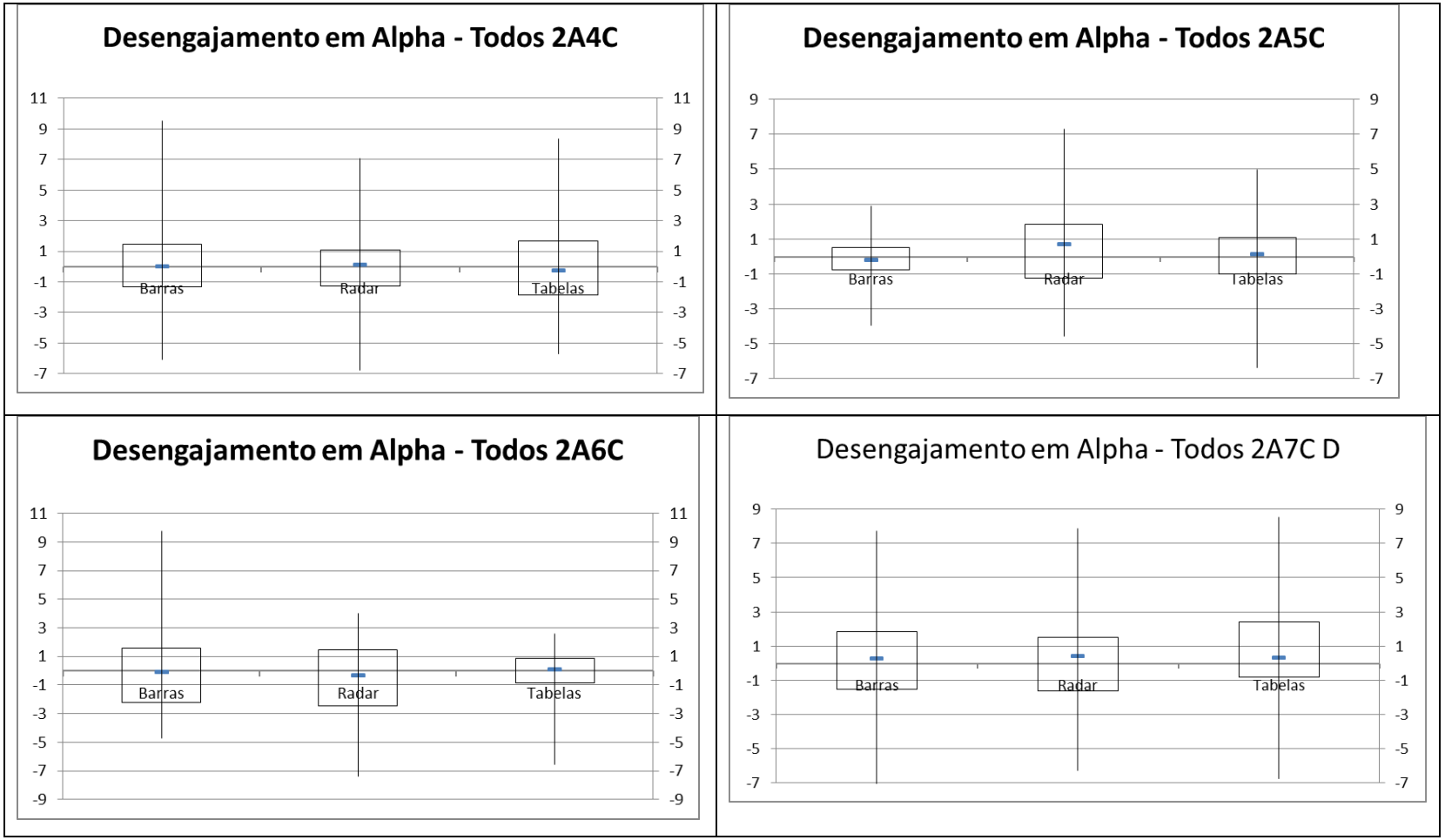
| Usuário F3 em Theta | 2A4C BD | 2A4C RD | 2A4C TD | 2A5C BD | 2A5C RD | 2A5C TD | 2A6C BD | 2A6C RD | 2A6C TD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A7C BS | 2A7C RS | 2A7C TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 33 | - | 0,682 | - | -0,935 | - | -1,374 | - | 1,668 | 1,071 | - | - | - | 0,644 | -0,231 | -0,604 |
| Usuário 32 | - | 1,144 | - | 0,103 | - | - | - | 0,865 | -0,452 | - | - | - | 0,663 | 0,415 | - |
| Usuário 31 | 2,413 | -0,087 | 1,157 | -0,162 | 0,536 | 1,042 | 1,024 | 0,074 | -0,389 | 0,752 | -0,424 | 1,530 | 1,500 | 0,027 | 0,305 |
| Usuário 28 | -0,889 | -0,708 | -0,001 | -0,273 | -0,917 | -0,255 | -0,527 | -0,765 | 0,058 | -1,268 | -0,876 | -1,435 | -0,347 | -0,743 | -0,843 |
| Usuário 27 | - | - | - | 1,439 | - | - | - | - | 1,370 | - | - | - | 0,698 | 0,903 | - |
| Usuário 24 | -3,691 | 1,444 | 2,407 | -0,747 | -0,488 | -4,236 | 2,232 | -2,131 | -0,122 | -0,459 | -3,753 | 0,278 | -1,377 | -0,057 | -3,064 |
| Usuário 23 | 2,627 | -3,535 | -1,598 | -0,413 | 1,974 | 0,355 | 2,513 | -0,703 | -4,165 | 1,147 | 1,430 | 1,178 | -0,712 | -0,767 | -0,273 |
| Usuário 22 | - | -1,242 | - | -0,309 | - | -1,302 | - | -2,568 | - | - | - | - | - | 0,015 | -1,202 |
| Usuário 21 | 0,373 | -1,298 | -0,438 | -1,064 | -1,654 | -0,084 | -2,648 | -0,405 | 1,990 | -0,023 | -3,616 | -2,136 | -0,771 | -0,786 | 0,669 |
| Usuário 11 | -5,130 | -2,072 | 0,128 | -1,772 | -6,714 | -2,229 | -1,921 | -0,900 | -2,933 | -4,255 | -4,342 | -4,511 | -0,865 | - | -0,022 |
| Usuário 2 | -2,893 | 0,520 | -3,310 | -5,321 | -2,216 | -2,114 | -2,348 |  | -3,192 | -1,513 | -2,339 | -2,111 | 1,704 | -2,824 | -5,243 |
| Usuário 1 | -3,156 | -1,042 | 1,358 | 0,433 | -4,867 | 1,429 | 1,150 | -4,031 | -0,833 | 1,452 | -4,342 | -0,716 | -2,289 | -0,339 | -0,085 |

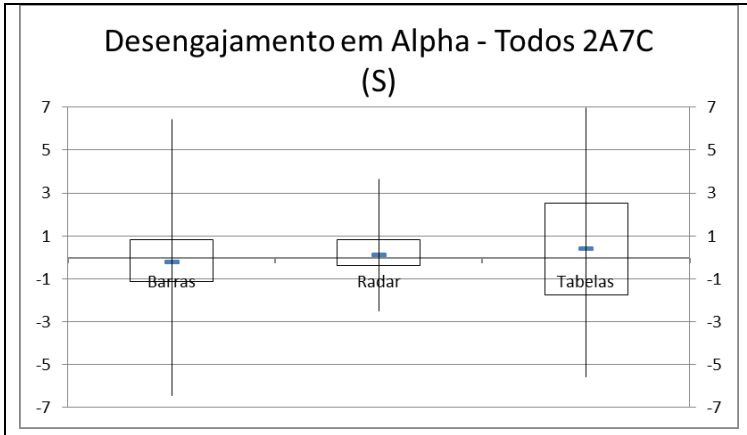
| Usuário P7 em Alpha | 2A4C BD | 2A4C RD | 2A4C TD | 2A5C BD | 2A5C RD | 2A5C TD | 2A6C BD | 2A6C RD | 2A6C TD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A7C BS | 2A7C RS | 2A7C TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 76 | 0,764 | 1,223 | 1,593 | 0,194 | 0,440 | 2,327 | 4,051 | 1,906 | 1,718 | 0,743 | -1,112 | 3,803 | 2,791 | -0,273 | -0,098 |
| Usuário 75 | -1,075 | 0,133 | 2,977 | -0,325 | 1,076 | 2,388 | 0,825 | 2,022 | 0,987 | 2,008 | 1,279 | 2,375 | 1,675 | 1,335 | 1,374 |
| Usuário 74 | 0,365 | 2,270 | 1,646 | 1,636 | 0,536 | 2,369 | 0,648 | 2,086 | 0,544 | 1,787 | 1,024 | 0,443 | 1,822 | 0,480 | 2,724 |
| Usuário 73 | 4,909 | 1,073 | 4,067 | -0,464 | 7,305 | -0,256 | 4,036 | 0,713 | -0,002 | 4,027 | 5,421 | 5,713 | 0,910 | 1,051 | 3,689 |
| Usuário 72 | 1,285 | 1,495 | 0,577 | -1,059 | 0,624 | 0,289 | -0,117 | 0,584 | 0,050 | -0,233 | -1,460 | -0,722 | -0,331 | -0,058 | 0,401 |
| Usuário 71 | 0,516 | 4,694 | 1,147 | -0,555 | 0,786 | 4,967 | 0,902 | 3,988 | 0,104 | 0,250 | 0,499 | -0,300 | -0,784 | 1,083 | 5,828 |
| Usuário 69 | -3,141 | -0,826 | 2,029 | -1,232 | -0,506 | -0,381 | -2,440 | -0,864 | 1,569 | -1,755 | 0,007 | -0,787 | 0,649 | -0,376 | -1,751 |
| Usuário 68 | 1,372 | -1,583 | -2,255 | -0,201 | 1,476 | -2,175 | -2,360 | -2,310 | -1,633 | -0,061 | 1,475 | 1,397 | -1,087 | 0,133 | -2,707 |
| Usuário 67 | 2,240 | -1,910 | 2,831 | 0,080 | -1,159 | 1,098 | 2,321 | -1,701 | -0,315 | -1,493 | -0,780 | -1,166 | -1,431 | -0,315 | - |
| Usuário 66 | 0,081 | -0,792 | -0,748 | -1,729 | -1,508 | 0,026 | -0,782 | -3,413 | -2,078 | -0,152 | -1,846 | -1,081 | -0,667 | -2,493 | -0,411 |
| Usuário 65 | -2,101 | -0,177 | -1,691 | 2,542 | -1,522 | -1,501 | -1,960 | 0,708 | -1,714 | -1,542 | -2,424 | 1,914 | -3,328 | 0,186 | -0,805 |
| Usuário 64 | 3,207 | 0,146 | -1,504 | 0,804 | -4,539 | -0,549 | -2,481 | -0,681 | 0,143 | -1,707 | -2,213 | -3,374 | -1,576 | 1,488 | 0,449 |
| Usuário 63 | -0,600 | 0,975 | -0,957 | 0,305 | 1,105 | 1,267 | -2,152 | 1,552 | 0,870 | 0,532 | 0,537 | -2,752 | 1,671 | 0,546 | -2,263 |
| Usuário 60 | 2,718 | 3,386 | 1,391 | 1,734 | 1,878 | 1,030 | 1,722 | 2,845 | 2,573 | 2,864 | 1,658 | 3,370 | 3,196 | 1,963 | 3,810 |
| Usuário 59 | -2,505 | -0,141 | -1,979 | -0,840 | 1,018 | -0,999 | -2,660 | -0,053 | -0,519 | 0,784 | 0,645 | 1,083 | 0,914 | 3,631 | -3,979 |
| Usuário 58 | -4,868 | -4,327 | -4,850 | -1,818 | -4,058 | -4,255 | -3,760 | -7,399 | -1,301 | -7,513 | -6,259 | -6,758 | -2,505 | -1,787 | -4,699 |
| Usuário 56 | 9,504 | 1,574 | 8,319 | 0,819 | 5,767 | 0,877 | 9,770 | 0,732 | 0,828 | 7,724 | 7,875 | 8,540 | 0,196 | -1,448 | 6,977 |

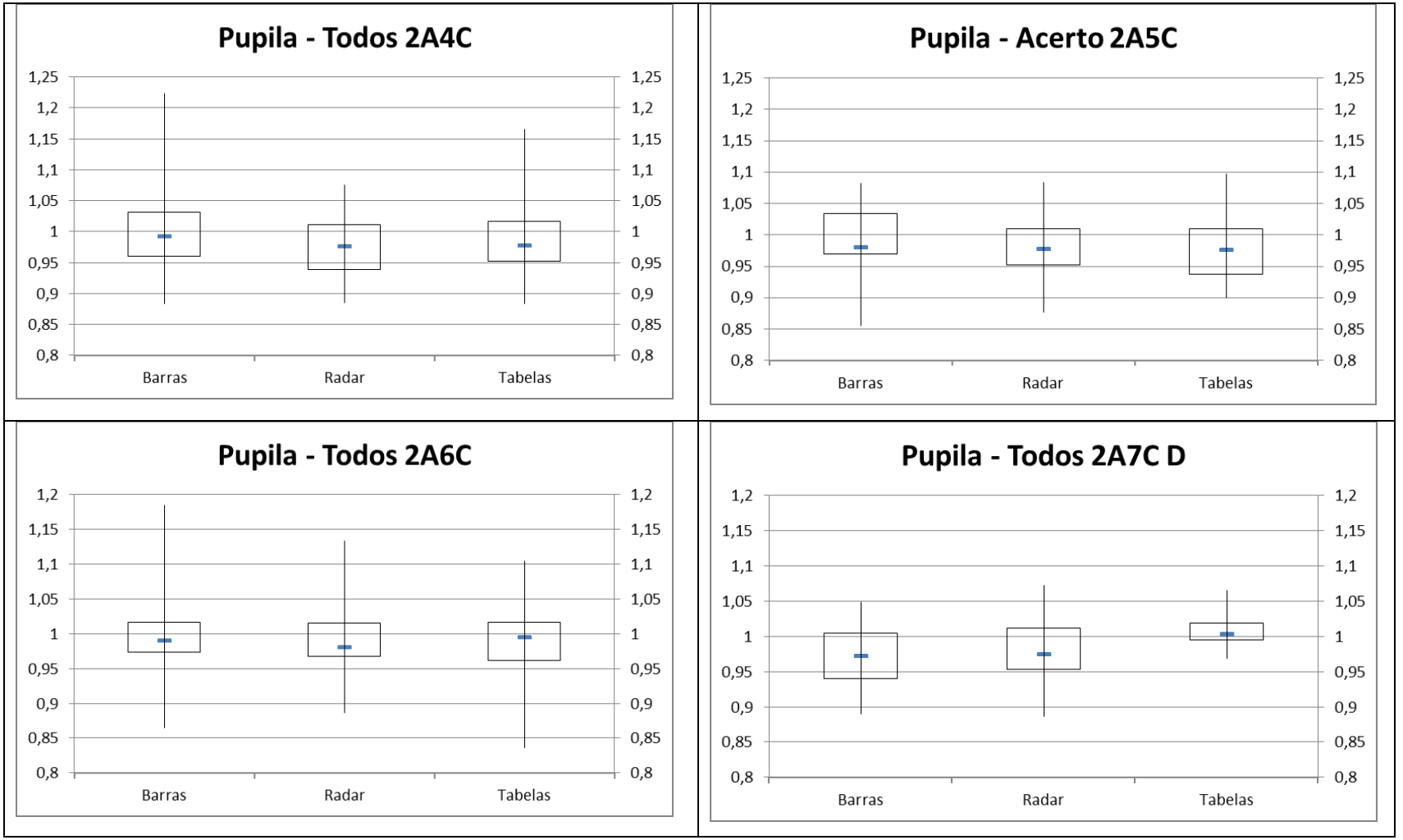
| Usuário P7 em Alpha | 2A4C BD | 2A4C RD | 2A4C TD | 2A5C BD | 2A5C RD | 2A5C TD | 2A6C BD | 2A6C RD | 2A6C TD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A7C BS | 2A7C RS | 2A7C TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 52 | -0,932 | -6,741 | -0,574 | 0,508 | 1,037 | -6,354 | 0,750 | -7,194 | 0,150 | -1,920 | -5,389 | 0,193 | 0,717 | 0,031 | -5,562 |
| Usuário 50 | -2,767 | -0,620 | -5,706 | -0,674 | 2,087 | -0,532 | -4,687 | -1,012 | -6,562 | -4,024 | -3,270 | -2,557 | -6,427 | 0,313 | 1,415 |
| Usuário 49 | -0,031 | 1,083 | 1,728 | -3,929 | 0,783 | 0,361 | 0,886 | 1,446 | 0,319 | 0,538 | 1,624 | 2,429 | 0,128 | -2,058 | 1,353 |
| Usuário 46 | -0,062 | -4,471 | -1,708 | -0,002 | -0,547 | -5,759 | -0,594 | -5,132 | -1,843 | 0,350 | -0,121 | -0,434 | 0,366 | -0,350 | -1,170 |
| Usuário 45 | -0,476 | -4,915 | -3,510 | - | 4,963 | -1,960 | -1,040 | -2,789 | 1,151 | 3,953 | 5,514 | 5,592 | -0,235 | 0,836 | -2,974 |
| Usuário 44 | 0,228 | -2,163 | 0,384 | 0,780 | 2,819 | 0,675 | 0,983 | -3,239 | -1,050 | 4,141 | 3,121 | 2,431 | -1,565 | -0,806 | 1,384 |
| Usuário 43 | 0,021 | -2,026 | - | 0,611 | -0,321 | -2,682 | -0,122 | -2,531 | 0,710 | 0,927 | 0,673 | -0,329 | - | 0,773 | -1,528 |
| Usuário 33 | - | 1,496 | - | -0,195 | - | 0,896 | - | 1,420 | 0,880 | - | - | - | 0,309 | 1,520 | 1,193 |
| Usuário 32 | - | 0,315 | - | -0,273 | - | - | - | 0,495 | -0,037 | - | - | - | 0,848 | -0,116 | - |
| Usuário 31 | 5,612 | 0,790 | 5,365 | -0,595 | 5,752 | 1,195 | 3,451 | -0,611 | 0,091 | 6,233 | 5,028 | 6,619 | -0,928 | 0,000 | 3,636 |
| Usuário 28 | -0,293 | -0,647 | -0,235 | -0,953 | -2,686 | -0,406 | -1,107 | -1,578 | -0,309 | -1,510 | -1,197 | -0,862 | -1,362 | -1,215 | -1,741 |
| Usuário 27 | - | - | - | -1,067 | - | - | - | - | 0,455 | | | | 0,689 | -0,895 | - |
| Usuário 24 | -6,049 | 0,867 | -1,114 | -0,185 | -3,180 | -0,938 | -0,084 | -1,314 | -2,017 | -0,474 | -1,565 | -0,407 | -0,441 | 0,468 | -1,416 |
| Usuário 23 | -3,427 | -0,932 | -2,863 | -1,220 | -4,113 | 0,392 | -3,279 | -3,331 | -2,242 | -4,190 | -2,713 | -3,229 | -0,959 | -0,295 | 2,048 |
| Usuário 22 | - | 0,453 | - | -0,491 | - | 3,540 | - | 2,460 | - | - | - | - | - | -2,050 | 2,516 |
| Usuário 21 | -0,107 | -0,292 | -2,272 | -0,006 | 1,923 | -0,962 | -3,372 | -2,645 | 0,873 | -2,607 | 1,180 | 1,739 | -1,121 | 0,192 | 0,271 |
| Usuário 11 | 1,633 | -2,104 | -2,505 | 0,481 | -0,107 | -5,505 | 1,519 | -0,039 | -0,656 | 0,983 | 0,322 | 1,381 | -1,931 | - | -3,812 |

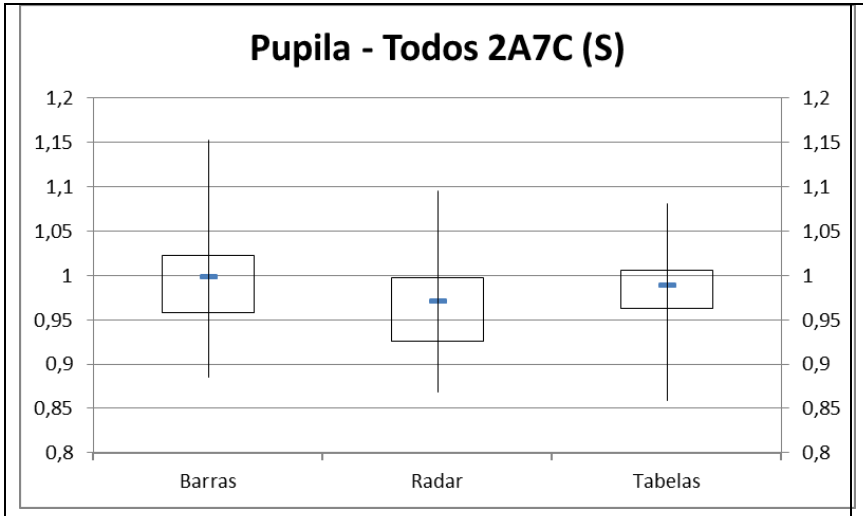
| Usuário P7 em Alpha | 2A4C BD | 2A4C RD | 2A4C TD | 2A5C BD | 2A5C RD | 2A5C TD | 2A6C BD | 2A6C RD | 2A6C TD | 2A7C BD | 2A7C RD | 2A7C TD | 2A7C BS | 2A7C RS | 2A7C TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Usuário 2 | 2,064 | 7,065 | 0,919 | 2,910 | 5,040 | 2,561 | 2,745 | | 1,286 | 3,247 | 3,758 | 3,314 | 6,412 | 1,990 | 3,858 |
| Usuário 1 | -2,253 | 1,012 | 2,202 | -0,626 | 1,851 | 1,046 | 2,739 | 2,549 | 2,599 | -0,776 | -2,577 | -0,240 | -0,169 | 0,176 | 3,644 |

# APÊNDICE H - BOX PLOTS PARA OS VALORES DE P7 EM ALPHA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO




Desengajamento em Alpha - Todos 2A7C
(S)
7
5
3
1
-1
-3
-5
-7
Barras
Radar
Tabelas


Pupila - Todos 2A4C
1,25
1,2
1,15
1,1
1,05
1
0,95
0,9
0,85
0,8
Barras
Radar
Tabelas
Pupila - Acerto 2A5C
Barras
Radar
Tabelas
Pupila - Todos 2A6C
Barras
Radar
Tabelas
Pupila - Todos 2A7C D
Barras
Radar
Tabelas

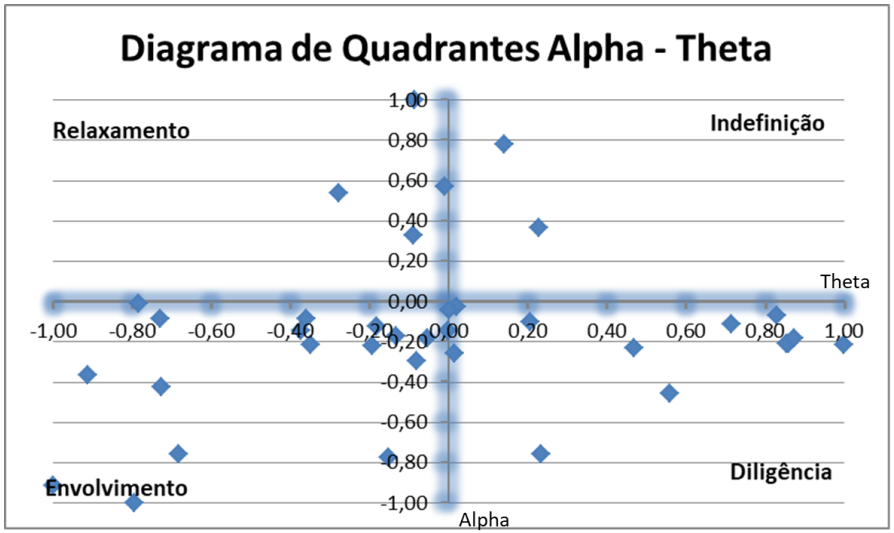
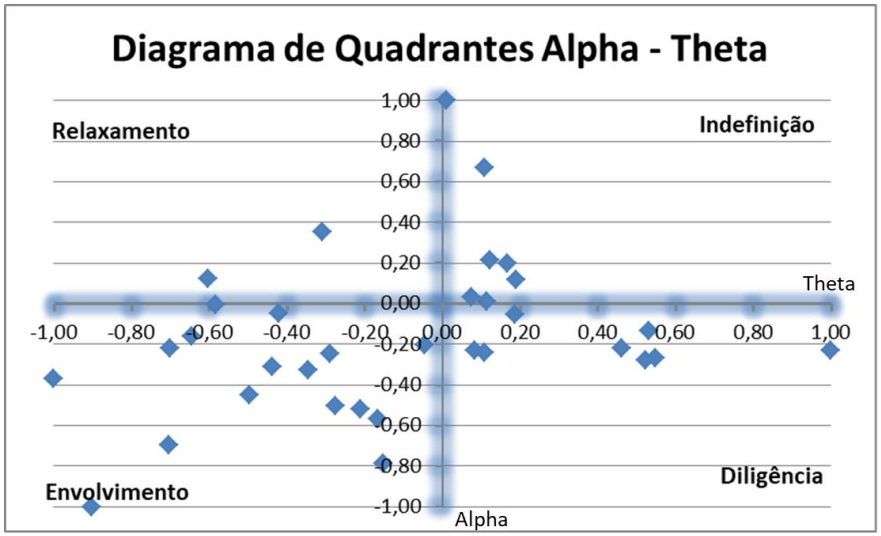

Pupila - Todos 2A7C (S)
1,2
1,15
1,1
1,05
1
0,95
0,9
0,85
0,8
Barras
Radar
Tabelas

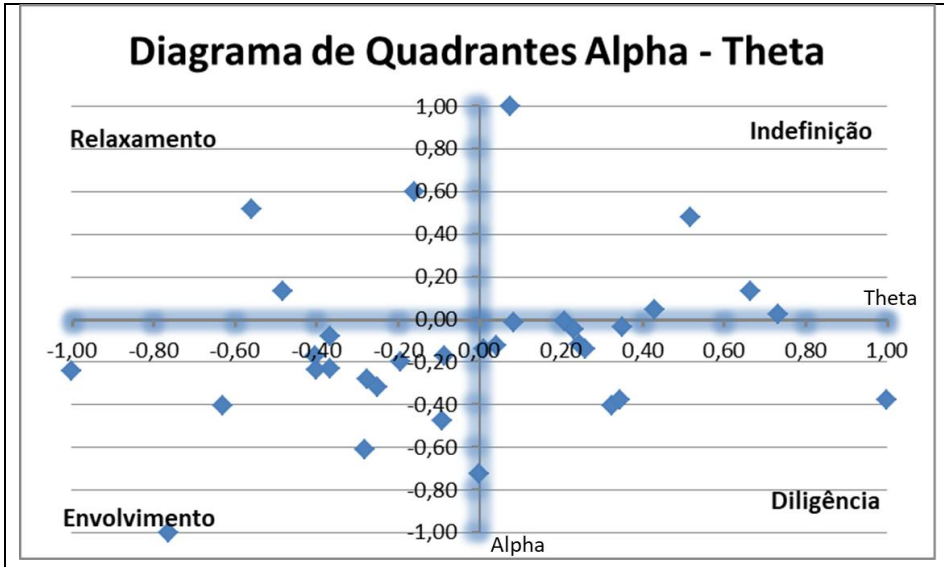
## APÊNDICE I- TABELA COM AS INFORMAÇÕES PESSOAIS E RESPOSTA AOS QUESTIONÁRIOS PARA CADA PARTICIPANTE

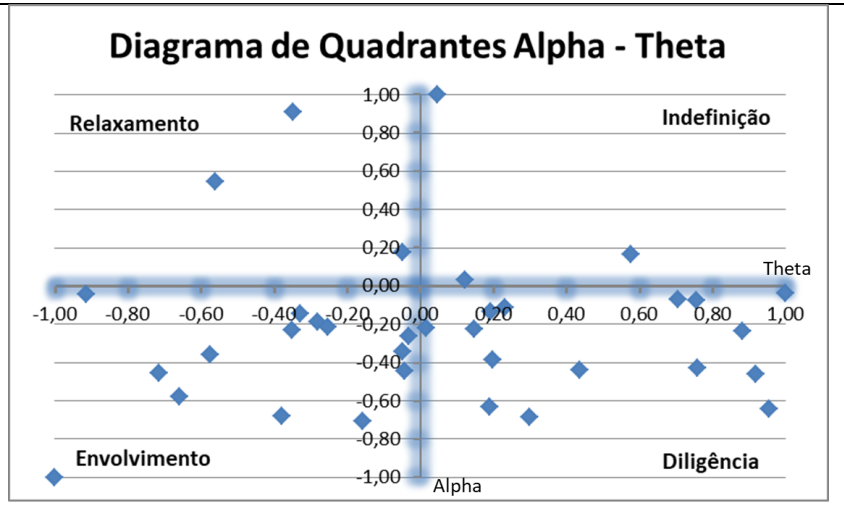
| Usuários | Indefinição | Diligência | Envolvimento | Relaxamento | Quant acertos Geral | Dormiu quantas horas essa noite? | Faz quantas horas que se alimentou? | Soma RT Geral | Soma Pupila | Sexo | Idade | Nivel Escolaridade | Algum conhecimento prévio sobre Decisão Multicritério | Se sente exausto ou sob muito estresse? | Tomou algum medicamento ? | Soma F3 em Theta | Soma P7 em Alpha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 | 7 | 4 | 9 | 2 | 16 | 8 | 2 | 629,36 | 22,491 | F | 36 | P | SIM | SIM | NÃO | -36,723 | 27,365 |
| 75 | 0 | 0 | 7 | 15 | 11 | 7 | 3 | 426,23 | 22,632 | M | 29 | P | SIM | SIM | SIM | 5,420 | 22,782 |
| 74 | 0 | 0 | 21 | 1 | 12 | 7 | 8 | 686,81 | 22,256 | F | 27 | P | SIM | NÃO | NÃO | -16,209 | 28,644 |
| 73 | 1 | 8 | 13 | 0 | 17 | 7 | 0,5 | 269,06 | 21,573 | F | 26 | P | NÃO | NÃO | NÃO | -59,073 | 60,831 |
| 72 | 0 | 9 | 13 | 0 | 9 | 7 | 4 | 383,61 | 19,826 | M | 25 | P | SIM | NÃO | NÃO | 3,094 | 6,593 |
| 71 | 0 | 0 | 22 | 0 | 12 | 6 | 3 | 774,21 | 24,063 | F | 21 | P | NÃO | NÃO | NÃO | -22,311 | 36,802 |
| 69 | 7 | 15 | 0 | 0 | 9 | 8 | 1,5 | 289,96 | 22,169 | F | 25 | P | SIM | NÃO | NÃO | -8,699 | -15,245 |
| 68 | 0 | 17 | 5 | 0 | 14 | 7 | 4 | 1081 | 21,955 | F | 27 | P | SIM | NÃO | NÃO | -13,352 | -18,764 |
| 66 | 5 | 13 | 3 | 1 | 12 | 8 | 2 | 801,91 | 21,534 | F | 27 | P | NÃO | NÃO | NÃO | 6,219 | -23,126 |
| 65 | 0 | 14 | 8 | 0 | 13 | 6 | 1 | 716,36 | 22,305 | F | 28 | P | SIM | NÃO | NÃO | -20,541 | -17,652 |
| 64 | 7 | 1 | 8 | 6 | 13 | 7 | 2 | 840,86 | 22,866 | F | 33 | P | SIM | NÃO | NÃO | -11,338 | -15,412 |
| 63 | 1 | 8 | 13 | 0 | 12 | 8 | 2 | 341,99 | 21,525 | M | 27 | P | NÃO | NÃO | NÃO | -24,471 | 4,637 |
| 60 | 2 | 9 | 11 | 0 | 12 | 5 | 2 | 818,47 | 22,947 | M | 36 | P | NÃO | NÃO | SIM | 58,648 | 52,315 |
| 59 | 0 | 3 | 18 | 1 | 10 | 6 | 2,5 | 988,47 | 21,68 | M | 38 | P | NÃO | NÃO | NÃO | -11,863 | -12,075 |
| 58 | 0 | 3 | 16 | 3 | 8 | 5 | 1 | 806,58 | 20,637 | F | 24 | G | SIM | SIM | NÃO | 9,654 | -91,386 |
| 56 | 1 | 7 | 14 | 0 | 11 | 8 | 4 | 456,79 | 21,046 | M | 25 | P | NÃO | NÃO | NÃO | 46,990 | 88,202 |
| 52 | 7 | 9 | 0 | 6 | 11 | 7 | 0,5 | 923,17 | 21,106 | F | 27 | P | NÃO | NÃO | SIM | 20,458 | -41,928 |
| 50 | 1 | 15 | 6 | 0 | 15 | 7 | 1,5 | 1428,3 | 21,619 | M | 22 | G | NÃO | NÃO | SIM | -12,304 | -55,377 |
| 49 | 0 | 8 | 14 | 0 | 13 | 6 | 12 | 383,36 | 21,926 | M | 19 | G | NÃO | NÃO | NÃO | 50,503 | 10,095 |
| 46 | 11 | 5 | 5 | 1 | 9 | 7 | 2 | 857,26 | 23,341 | M | 24 | P | NÃO | NÃO | NÃO | 12,339 | -34,952 |

| Usuários | Indefinição | Diligência | Envolvimento | Relaxamento | Quant acertos Geral | Dormiu quantas horas essa noite? | Faz quantas horas que se alimentou? | Soma RT Geral | Soma Pupila | Sexo | Idade | Nivel Escolaridade | Algum conhecimento prévio sobre Decisão Multicritério | Se sente exausto ou sob muito estresse? | Tomou algum medicamento ? | Soma F3 em Theta | Soma P7 em Alpha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45 | 6 | 8 | 6 | 2 | 12 | 5 | 3 | 1366 | 21,347 | F | 22 | G | NÃO | SIM | NÃO | -60,699 | 2,243 |
| 44 | 3 | 14 | 5 | 0 | 12 | 8 | 2 | 910,19 | 22,218 | F | 20 | G | NÃO | NÃO | NÃO | 2,587 | 12,656 |
| 31 | 0 | 0 | 12 | 10 | 8 | 5 | 4 | 516,13 | 21,784 | M | 19 | G | NÃO | NÃO | NÃO | 12,196 | 55,324 |
| 28 | 18 | 2 | 0 | 2 | 14 | 7 | 13 | 1157,8 | 22,708 | M | 18 | G | NÃO | NÃO | NÃO | -12,945 | -22,343 |
| 24 | 0 | 2 | 20 | 0 | 10 | 5 | 2 | 799,95 | 21,946 | M | 21 | G | NÃO | NÃO | NÃO | -19,821 | -28,789 |
| 21 | 7 | 4 | 3 | 8 | 13 | 5 | 1 | 797,55 | 19,913 | M | 27 | P | SIM | NÃO | NÃO | -15,485 | -6,377 |
| 1 | 0 | 17 | 5 | 0 | 15 | 8 | 2 | 1023,6 | 21,705 | M | 21 | G | SIM | NÃO | NÃO | -10,162 | 20,430 |

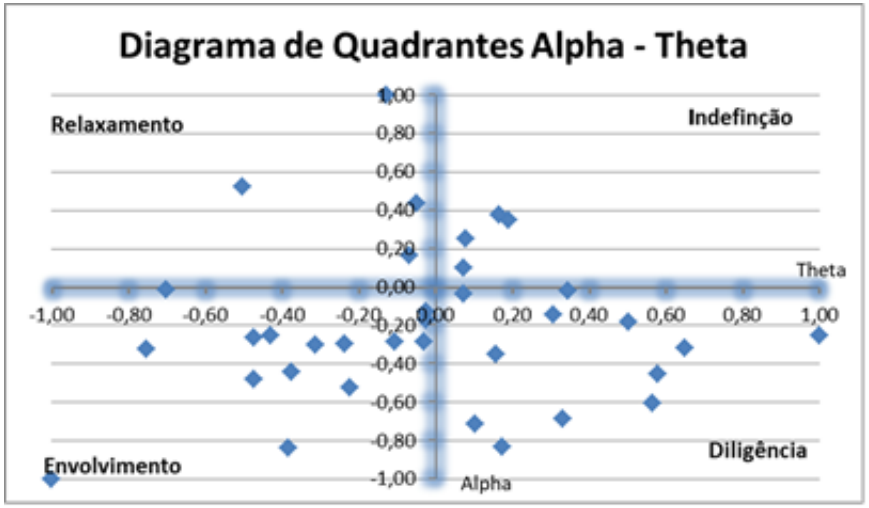
## APÊNDICE J - DIAGRAMA DE QUADRANTES PARA CADA UMA DAS VISUALIZÇÕES CONSTRUÍDAS PARA OS PROBLEMAS 2A5C EM DIANTE

| | |
|---|---|
| 2A5C – Barras | 2A6C – Barra |
|  |  |
| 2A5C – Radar | 2A6C – Radar |

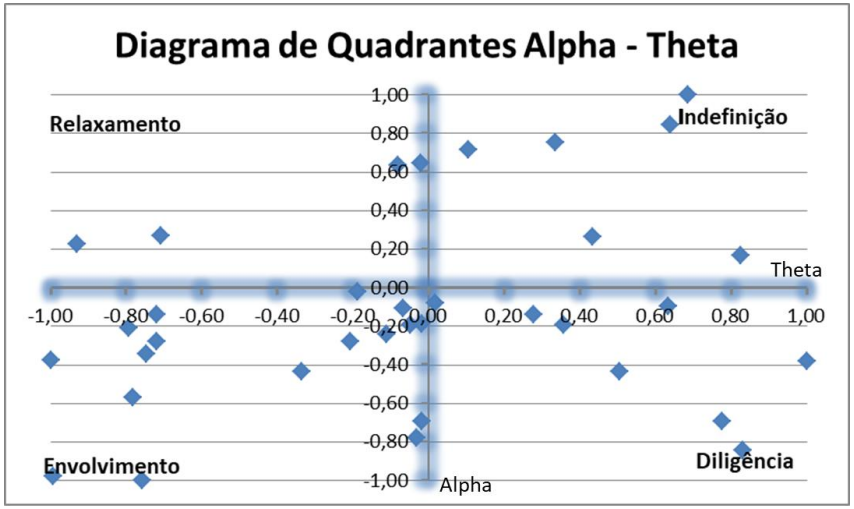


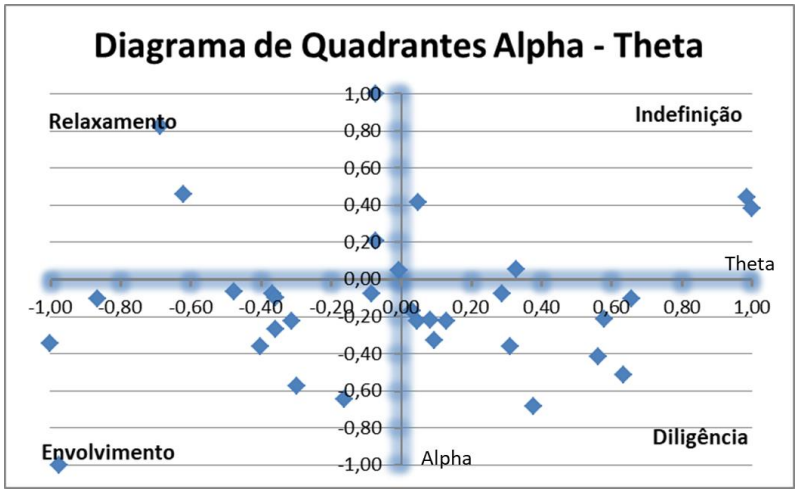
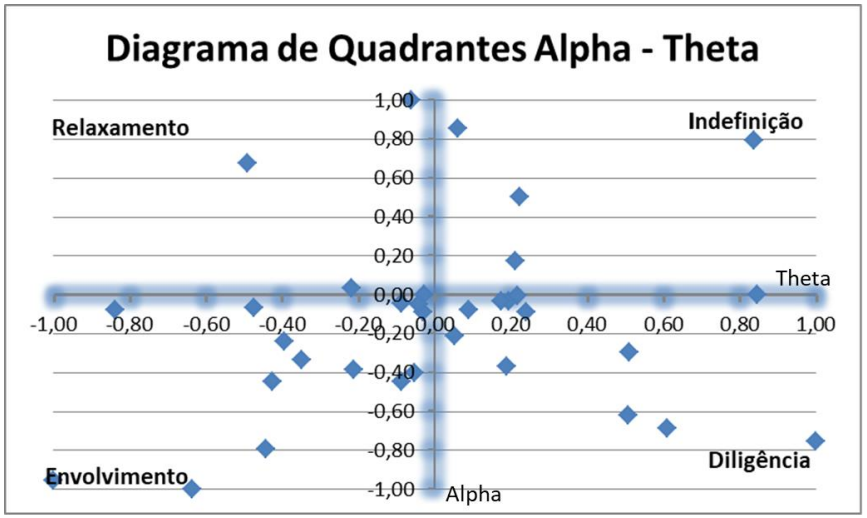



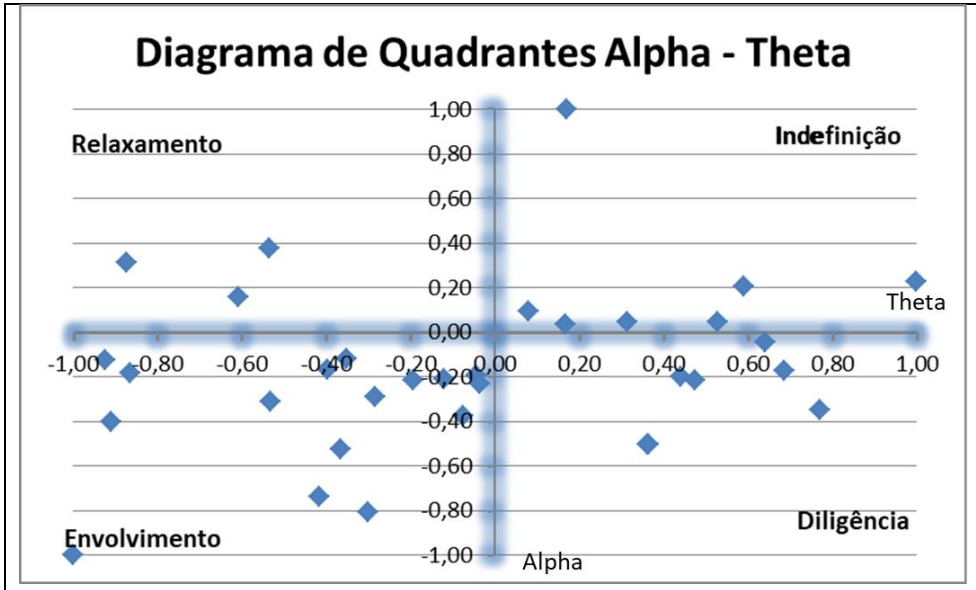

2A5C – Tabela



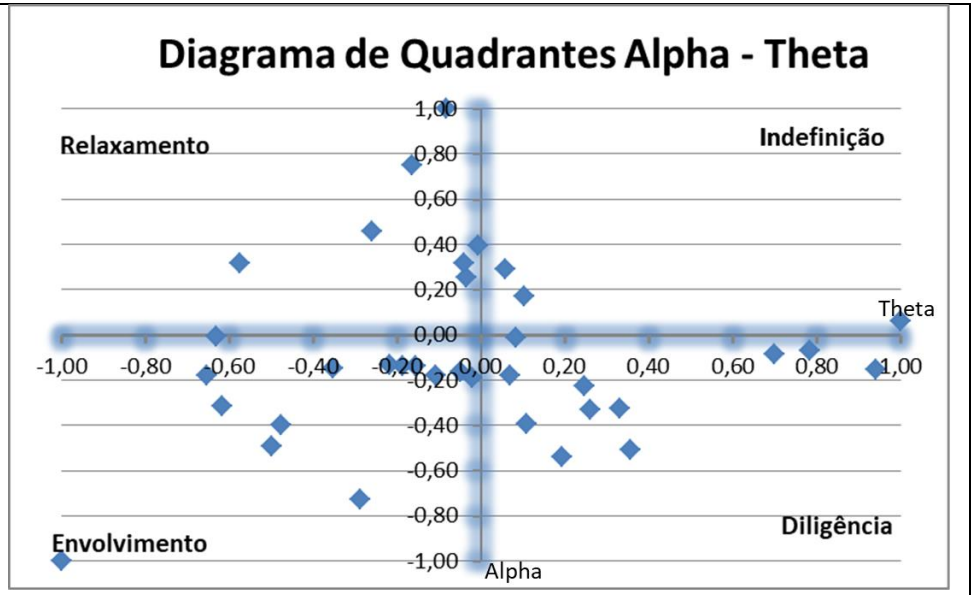

2A6C – Tabela



| | |
|---|---|
| 2A7C D – Barras | 2A7C S – Barra |
|  |  |
| 2A7C D – Radar | 2A7C S – Radar |




2A7C D – Tabela




2A7C S – Tabela

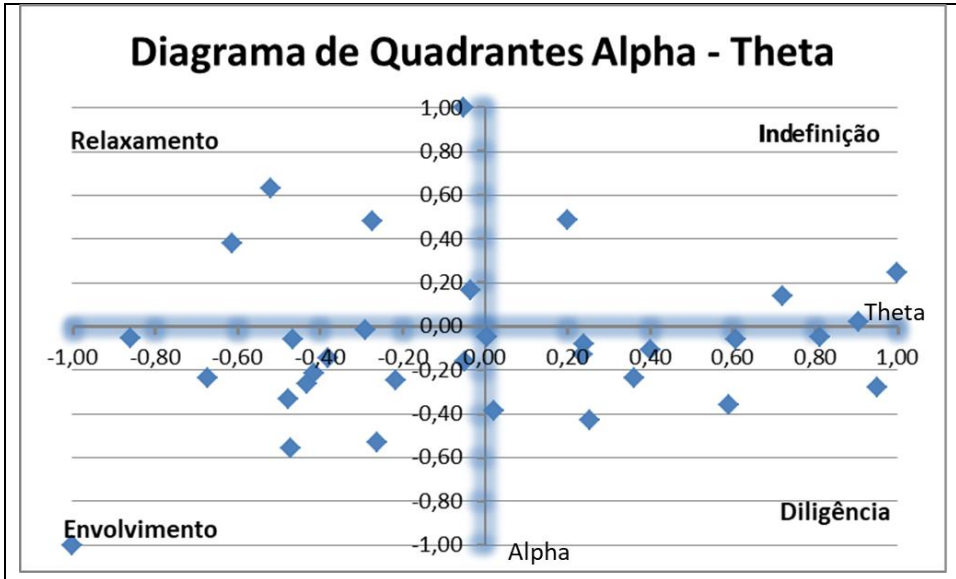


Diagrama de Quadrantes Alpha - Theta
Relaxamento
Indefinição
Envolvimento
Diligência
Theta
Alpha
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
-0,20
-0,40
-0,60
-0,80
-1,00
-1,00
-0,80
-0,60
-0,40
-0,20
0,00
0,20
0,40
0,60
0,80
1,00

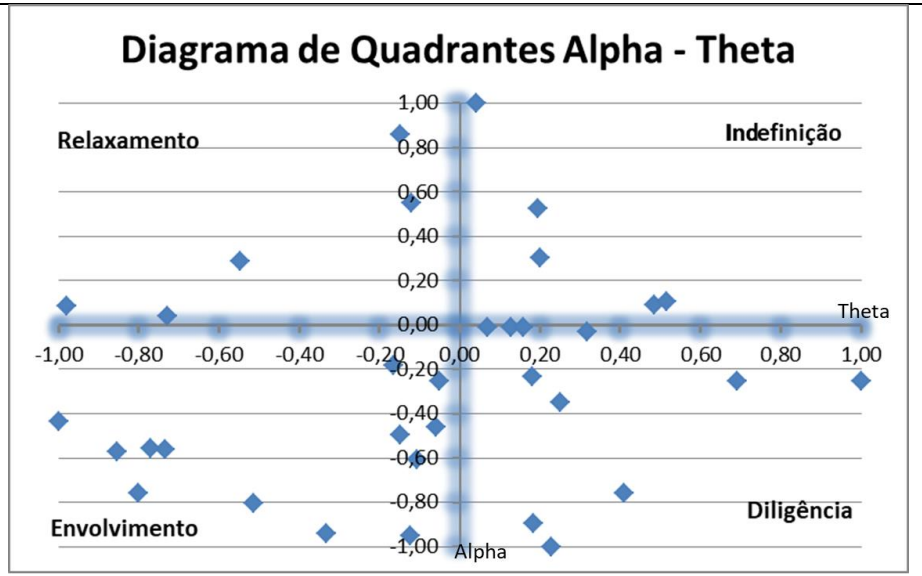


Diagrama de Quadrantes Alpha - Theta
Relaxamento
Indefinição
Envolvimento
Diligência
Theta
Alpha
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
-0,20
-0,40
-0,60
-0,80
-1,00
-1,00
-0,80
-0,60
-0,40
-0,20
0,00
0,20
0,40
0,60
0,80
1,00

# APÊNDICE K - TAXA DE ACERTO, MÉDIA RT E MÉDIA PUP PARA OS PARTICIPANTES QUE AVALIARAM OS PROBLEMAS MCDM/A E FORAM USADOS

| Visualização | Quantidade de participantes alocados | | | | Soma Coeficiente variação pela baseline | | | | Média Coeficiente variação pela baseline | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Indef | Dilig | Envol | Relax | Indef | Dilig | Envol | Relax | Indef | Dilig | Envol | Relax |
| 2A4C TD | 3 | 9 | 15 | 5 | 3,162 | 8,919 | 14,630 | 4,896 | 1,054 | 0,991 | 0,975 | 0,979 |
| 2A5C BD | 2 | 12 | 18 | 4 | 2,035 | 11,671 | 18,056 | 3,937 | 1,017 | 0,973 | 1,003 | 0,984 |
| 2A5C RD | 5 | 12 | 13 | 3 | 4,753 | 11,978 | 12,698 | 2,926 | 0,951 | 0,998 | 0,977 | 0,975 |
| 2A5C TD | 4 | 12 | 15 | 4 | 3,900 | 11,576 | 14,757 | 3,956 | 0,975 | 0,965 | 0,984 | 0,989 |
| 2A6C BD | 7 | 8 | 16 | 2 | 7,215 | 7,869 | 15,610 | 2,076 | 1,031 | 0,984 | 0,976 | 1,038 |
| 2A6C RD | 3 | 15 | 14 | 3 | 3,003 | 14,582 | 14,000 | 3,135 | 1,001 | 0,972 | 1,000 | 1,045 |
| 2A6C TD | 6 | 8 | 17 | 4 | 5,916 | 7,970 | 16,803 | 3,779 | 0,986 | 0,996 | 0,988 | 0,945 |
| 2A7C BD | 4 | 12 | 12 | 5 | 4,067 | 11,895 | 11,891 | 5,203 | 1,017 | 0,991 | 0,991 | 1,041 |
| 2A7C RD | 7 | 7 | 16 | 3 | 6,775 | 6,875 | 15,501 | 2,806 | 0,968 | 0,982 | 0,969 | 0,935 |
| 2A7C TD | 4 | 11 | 13 | 5 | 3,865 | 10,920 | 12,572 | 4,969 | 0,966 | 0,993 | 0,967 | 0,994 |
| 2A7C BS | 5 | 11 | 14 | 4 | 5,181 | 10,979 | 13,924 | 4,054 | 1,036 | 0,998 | 0,995 | 1,013 |
| 2A7C RS | 3 | 11 | 14 | 7 | 2,909 | 10,741 | 13,750 | 6,538 | 0,970 | 0,976 | 0,982 | 0,934 |
| 2A7C TS | 5 | 11 | 13 | 5 | 4,916 | 10,698 | 12,530 | 4,928 | 0,983 | 0,973 | 0,964 | 0,986 |
| Visualização | Quantidade de participantes alocados | | | | Soma RT | | | | Média RT | | | |
| | Indef | Dilig | Envol | Relax | Indef | Dilig | Envol | Relax | Indef | Dilig | Envol | Relax |
| 2A4C BD | 7 | 8 | 15 | 3 | 260,71 | 153,44 | 368,11 | 69,35 | 37,24 | 19,18 | 24,54 | 23,12 |
| 2A4C RD | 2 | 15 | 14 | 5 | 61,55 | 573,47 | 458,65 | 200,28 | 30,77 | 38,23 | 32,76 | 40,06 |
| 2A4C TD | 3 | 9 | 15 | 5 | 75,68 | 352,32 | 402,32 | 156,46 | 25,23 | 39,15 | 26,82 | 31,29 |

| Visualização | Quantidade de participantes alocados | | | | Soma RT | | | | Média RT | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2A5C BD | 2 | 12 | 18 | 4 | 60,16 | 356,19 | 472,34 | 102,18 | 30,08 | 29,68 | 26,24 | 25,55 |
| 2A5C RD | 5 | 12 | 13 | 3 | 105,72 | 348,04 | 341,80 | 72,58 | 21,14 | 29,00 | 26,29 | 24,19 |
| 2A5C TD | 4 | 12 | 15 | 4 | 131,12 | 332,32 | 359,90 | 155,74 | 32,78 | 27,69 | 23,99 | 38,93 |
| 2A6C BD | 7 | 8 | 16 | 2 | 264,43 | 191,63 | 508,27 | 71,42 | 37,78 | 23,95 | 31,77 | 35,71 |
| Visualização | Quantidade de participantes alocados | | | | Soma RT | | | | Média RT | | | |
| | Indef | Dilig | Envol | Relax | Indef | Dilig | Envol | Relax | Indef | Dilig | Envol | Relax |
| 2A6C RD | 3 | 15 | 14 | 3 | 96,67 | 436,14 | 337,98 | 53,99 | 32,22 | 29,08 | 24,14 | 18,00 |
| 2A6C TD | 6 | 8 | 17 | 4 | 291,43 | 390,68 | 586,11 | 180,87 | 48,57 | 48,83 | 34,48 | 45,22 |
| 2A7C BD | 4 | 12 | 12 | 5 | 64,34 | 309,75 | 426,92 | 163,90 | 16,08 | 25,81 | 35,58 | 32,78 |
| 2A7C RD | 7 | 7 | 16 | 3 | 478,21 | 379,67 | 453,43 | 69,39 | 68,32 | 54,24 | 28,34 | 23,13 |
| 2A7C TD | 4 | 11 | 13 | 5 | 112,97 | 308,65 | 337,58 | 166,57 | 28,24 | 28,06 | 25,97 | 33,31 |
| 2A7C BS | 5 | 11 | 14 | 4 | 120,22 | 223,44 | 330,82 | 140,51 | 24,04 | 20,31 | 23,63 | 35,13 |
| 2A7C RS | 3 | 11 | 14 | 7 | 146,85 | 401,98 | 341,85 | 248,30 | 48,95 | 36,54 | 24,42 | 35,47 |
| 2A7C TS | 5 | 11 | 13 | 5 | 212,65 | 367,37 | 250,98 | 123,22 | 42,53 | 33,40 | 19,31 | 24,64 |

# APÊNDICE L -QUESTIONÁRIOS APLICADOS

Questionário de Informações Pessoais

| **Data:** |
|---|
| Nome |
| Sexo: |
| Idade: |
| Nível de Escolaridade |
| Algum conhecimento prévio sobre Decisão Multicritério |
| Dormiu quantas horas essa noite? Teve uma boa noite de sono? |
| Faz quantas horas que se alimentou? |
| Se sente exausto ou sob muito estresse? |
| Tomou algum medicamento do tipo: anxiolítico, antidepressivo, analgésico, antialérgico? |

Questionário de Informações Preferenciais

**Coleta de informações sobre o experimento**

Nome _____

Essas informações podem subsidiar futuras etapas e melhorar a pesquisa em andamento. Marque a opção desejada com um X

1) Achou o experimento de músicas e cálculos + visualização gráfica cansativo?
   - ☐ Muito Cansativo
   - ☐ Médio Cansativo
   - ☐ Pouco Cansativo

2) Achou o experimento Tradeoff cansativo?
   - ☐ Muito Cansativo
   - ☐ Médio Cansativo
   - ☐ Pouco Cansativo

3) Qual parte achou **mais exaustiva** de fazer?
   - ☐ Avaliar os Cálculos e ouvir a Música
   - ☐ Avaliar as Visualizações Gráficas
   - ☐ Realizar o Método Tradeoff

4) Qual parte do experimento **mais gostou** de fazer?
   - ☐ Avaliar os Cálculos e ouvir a Música
   - ☐ Avaliar as Visualizações Gráficas
   - ☐ Realizar o Método Tradeoff

5) Qual das formas de visualização gráfica achou **melhor para avaliar**?
   - ☐ Gráfico de Barras
   - ☐ Gráfico Radar (Estrela)
   - ☐ Tabelas

6) Qual das formas de visualização gráfica achou **mais difícil para avaliar**?
   - ☐ Gráfico de Barras
   - ☐ Gráfico Radar (Estrela)
   - ☐ Tabelas

7) Ao final da análise das visualizações gráficas **em que grau as respostas podem ter sido menos precisas**?
   - ☐ Muito
   - ☐ Médio
   - ☐ Pouco

**8)** Achou a quantidade de visualizações (22 gráficos)
   - ☐ Pequena
   - ☐ Mediana
   - ☐ Muito grande; se for esse o caso, quantos gráficos você recomendaria?_____

9) Quanto tempo você considera **recomendável** para fazer o experimento completo de forma **confortável?** _____

**10)** Você conhecia **todas** as músicas tocadas no experimento? _____
**Se não**, sublinhe qual abaixo: