

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

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NO DESENHO E ANÁLISE DO  
FITRADEOFF COM APOIO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO

RECIFE

2018

LUCIA REIS PEIXOTO ROSELLI

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NO DESENHO E ANÁLISE DO  
FITRADEOFF COM APOIO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gerência da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

RECIFE

2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicea Alves, CRB-4 / 1260

R811a	<p>Roselli, Lucia Reis Peixoto. Avaliação de aspectos comportamentais no desenho e análise do fitradeoff com apoio de neurociência em decisão / Lucia Reis Peixoto Roselli. - 2018. 102 folhas, Il., e Tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018. Inclui: Referências.</p> <p>1. Engenharia de Produção. 2. Neurociência em Decisão. 3. Problemas de Decisão Multicritério. 4. Método FITradeoff. 5. Sistema de Apoio a Decisão. 6. Eye-Tracking. I. Almeida, Adiel Teixeira de.(Orientador).III. Título.</p>
	<p>UFPE</p> <p>658.5 CDD (22. ed.)</p> <p>BCTG/2018-174</p>

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA  
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
MESTRADO ACADÊMICO DE**

**LUCIA REIS PEIXOTO ROSELLI**

**“AVALIAÇÃO DE ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NO DESENHO E ANÁLISE  
DO FITRADEOFF COM APOIO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO”**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO**

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o(a) candidato(a) **LUCIA REIS PEIXOTO ROSELLI, APROVAD(A)**.

Recife, 26 de Fevereiro de 2018.

---

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA , PhD (UFPE)

---

Prof. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, PhD (UFPE)

---

Prof. NEI YOSHIHIRO SOMA, PhD (ITA)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades recebidas até o momento. Agradeço também a minha família, meus pais, irmãos e namorado, por sempre me incentivarem e apoiarem durante toda minha trajetória pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador, professor Adiel Teixeira de Almeida, por todo o seu empenho como orientador desde o período em que estava cursando a graduação até o momento atual, sendo seu suporte essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Assim como a toda a equipe de professores e funcionários do departamento de Engenharia de Produção, sem os quais não estaria onde estou.

Por fim, também presto meus sinceros agradecimentos ao CNPq pelo suporte financeiro prestado durante todo o período de meu mestrado, permitindo assim o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

O estudo dos aspectos comportamentais dos decisores durante o processo de tomada de decisão com apoio de ferramentas de Neurociências e seu uso para melhoria dos métodos de decisão multicritério (MCDM/A) ainda representa uma lacuna na literatura. Isso fica mais evidente, quando se considera a potencialidade do uso de Neurociências em MCDM/A, a partir da grande quantidade de estudos comportamentais na área de tomada de decisão em geral, sem o uso destas ferramentas. Neste contexto, usando da abordagem de Neurociência, como ferramenta de apoio ao melhoramento do processo de tomada de decisão, um estudo exploratório foi conduzido a partir de experimentos com uso do equipamento *eye-tracking* para investigar a visualização gráfica dentro do Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do método FITradeoff. Ao final, uma ampla visão para exploração de relevantes questões de pesquisa foi construída. Além disso, não obstante tratar-se de um estudo exploratório, com base nos resultados alcançados, melhorias foram indicadas para o design do SAD do FITradeoff e sugestões foram obtidas para serem fornecidas ao analista quando do uso de visualização gráfica em problemas de decisão.

*Palavras-chave:* Neurociência em Decisão. Problemas de Decisão Multicritério. Método FITradeoff. Sistema de Apoio a Decisão. Eye-Tracking.

## **ABSTRACT**

Behavioral studies in Multicriteria Decision Making/Aiding (MCDM/A) approach with support of Neuroscience tools still have a gap in literature. Yet, this is marked making an allowance for the potentialities of the use of Neuroscience in MCDM/A, when considering the huge number of behavioral studies in general decision making area, without using those tools. In this context, using Neuroscience approach as a supportive tool for the improvement of the decision process, an exploratory study has been conducted by implementing experiments with eye-tracking in order to investigate graphical visualization in the FITradeoff Decision Support System (DSS). At the end, an all-encompassing view for exploring relevant research questions has been built. Furthermore, in spite of being an exploratory study, based on the results achieved, improvements for designing of the DSS have been point out and suggestions have been made so that the analyst can use properly the graphical visualization in the decision.

*Keywords:* Decision Neuroscience. Multicriteria decision making. FITradeoff Method. Decision Support System. Eye-Tracking.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Processo de comparação das consequências do problema (SAD FITradeoff, 2015) .....	33
Figura 3.2 – Gráficos presentes no SAD FITradeoff (SAD FITradeoff, 2015).....	34
Figura 3.3 – Gráficos GS4A5C e GD4A5C presentes no experimento (Esta pesquisa 2017).....	36
Figura 3.4 – Gráficos GBolhas4A5C e GRadar4A5C (Esta pesquisa 2017).....	36
Figura 3.5 – Gráficos T4A5C e GT4A5C (Esta pesquisa 2017) .....	37
Figura 3.6 – Ambiente do eye tracing (Esta pesquisa 2017). .....	38
Figura 3.7 – Processo de calibração dos olhos pelo eye-tracking (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016). ...	39
Figura 3.8 – Configuração posicionamento eye-tracking – monitor (Esta pesquisa 2017). .....	39
Figura 3.9 – AOI para o gráfico de barras GS3A3C (Esta pesquisa 2017). .....	40
Figura 3.10 –Heat Map (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016). .....	41
Figura 3.11 –Gaze Plot (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016).....	41
Figura 3.12 –Cluster (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016).....	42
Figura 3.13 – Primeiro questionário – perguntas pessoais (Esta pesquisa 2017). .....	42
Figura 3.14 – Segundo questionário – melhor alternativa (Esta pesquisa 2017). .....	43
Figura 3.15 –Análise Estatística(Esta pesquisa 2017). .....	43
Figura 3.16 – Experimento elaborado (Esta pesquisa 2017). .....	46
Figura 3.17 – Heat Maps para os GS3A3C, GS3A4C e GS3A5C para S3 (Esta pesquisa 2017). .....	70
Figura 3.18 – Heat Maps para os GD3A3C, GD3A4C e GD3A5C para S1 (Esta pesquisa 2017). .....	70
Figura 3.19 – Heat Maps para os GD3A3C, GD3A4C e GD3A5C para S2 (Esta pesquisa 2017). .....	71
Figura 3.20 – Heat Maps para os GD3A3C, GD3A4C e GD3A5C para S3 (Esta pesquisa 2017). .....	71
Figura 3.21 – Gráfico de Bolhas (Esta pesquisa 2017).....	88
Figura 3.22 – Gráfico de Barras GS3A5C (Esta pesquisa 2017).....	89
Figura 3.23 – Comparação Gráfico Radar vs. Barras para 4A5C (Esta pesquisa 2017).....	89
Figura 3.24 –Resumo de todos os resultados (Esta pesquisa 2017). .....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Variáveis Coletas.....	44
Tabela 3.2 – Amostra para cada sequência.....	46
Tabela 3.3 – Sumário de Resultados .....	48
Tabela 3.4 – Medianas das variáveis TMTF, QMTF, TMTV e QMTV para GS3A3C em S3 .....	52
Tabela 3.5 – HR para GS3A3C em S1 .....	53
Tabela 3.6 – HR para todos os gráficos em todas as sequências .....	54
Tabela 3.7 – Correlação de Spearman para as variáveis relacionadas ao movimentos dos olhos e taxa de acerto	55
Tabela 3.8 – Teste Proporção para Gráficos com Pesos Iguais .....	56
Tabela 3.9 – Teste da Proporção para Gráficos de Pesos Diferentes.....	56
Tabela 3.10 – Níveis estabelecidos para montar a classificação com base no número de respostas erradas.....	57
Tabela 3.11 – Classificação para os gráficos nas três sequências.....	57
Tabela 3.12 – Nível de Confiança para os Gráficos .....	58
Tabela 3.13 – Dados usados para realização da correlação de Spearman em S1 .....	60
Tabela 3.14 – Dados usados para realização da correlação de Spearman em S2 .....	60
Tabela 3.15 – Dados usados para realização da correlação de Spearman em S3 .....	61
Tabela 3.16 – Análise DPE por participante .....	62
Tabela 3.17 – Comparação das variáveis para S1 .....	63
Tabela 3.18 – Comparação das variáveis para S2 .....	63
Tabela 3.19 – Comparação das variáveis para S3 .....	63
Tabela 3.20 – Teste para variável TMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais.....	64
Tabela 3.21 – Teste para variável QMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais .....	65
Tabela 3.22 – Teste para variável TMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais .....	65
Tabela 3.23 – Teste para variável QMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais.....	65
Tabela 3.24 – Teste para a variável TMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes .....	65
Tabela 3.25 – Teste para a variável QMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes.....	66
Tabela 3.26 – Teste para a variável TMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes .....	66
Tabela 3.27 – Teste para a variável QMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes .....	66
Tabela 3.28 – ANOVA para a variável TMTF para o Gráfico GD3A3C.....	67
Tabela 3.29 – ANOVA para variável QMTF para o Gráfico GD5A5C .....	67
Tabela 3.30 – ANOVA para a variável TMTV para o Gráfico GD5A4C .....	68
Tabela 3.31 – ANOVA para a variável QMTV para o Gráfico GD3A5C.....	68
Tabela 3.32 – Resultados para todas as variáveis em todos os Gráficos de Pesos Diferentes .....	68
Tabela 3.33 – AOI mais visualizadas para Gráficos de Pesos Iguais na sequência S3.....	69
Tabela 3.34 – AOI mais visualizada para Gráficos de Pesos Diferentes nas três sequências.....	69
Tabela 3.35 – Tabela comparativa para as formas de visualização tipo outras semelhantes a GS4A5C.....	72
Tabela 3.36 – Tabela comparativa para as formas de visualização tipo outras semelhantes a GS3A5C.....	72
Tabela 3.37 – Tabela comparativa para o primeiro conjunto .....	73
Tabela 3.38 – Tabela comparativa para o segundo conjunto.....	73

Tabela 3.39 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e GRadar4A5C .....	74
Tabela 3.40 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e GBolhas4A5C.....	75
Tabela 3.41 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e T4A5C .....	75
Tabela 3.42 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e GT4A5C .....	76
Tabela 3.43 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS3A5C e T3A5C .....	76
Tabela 3.44 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS3A5C e GT3A5C .....	77
Tabela 3.45 – Valores Z calculados.....	77
Tabela 3.46 – Informações participantes de S1 .....	78
Tabela 3.47 – Informações participantes de S2 .....	78
Tabela 3.48 – Informações participantes de S3 .....	78
Tabela 3.49 – Relação entre Conhecimento sobre MCDM e Média da Quantidade de Acertos .....	79
Tabela 3.50 – Relação entre Grau de Escolaridade e Média da Quantidade de Acertos .....	79
Tabela 3.51 – Relação entre Sexo e Média da Quantidade de Acertos .....	79
Tabela 3.52 – Relação entre Faixa Etária e Média da Quantidade de Acertos .....	80
Tabela 3.53 – Relação entre Tempo Médio Duração e Média da Quantidade de Acertos .....	80
Tabela 3.54 – Resumo Classificação para as três sequências .....	82
Tabela 3.55 – Resumo Classificação para as três sequências .....	82
Tabela 3.56 –Resumo com os valores de Soma para Gráficos de Pesos Iguais.....	84
Tabela 3.57 –Resumo com os valores de Soma para Gráficos de Pesos Diferentes.....	84
Tabela 3.58 –Resumo com as variações para Gráficos de Pesos Diferentes .....	84
Tabela 3.59 – Ordens da das formas de visualização quanto ao HR semelhantes a GS4A5C.....	87
Tabela 3.60 – Ordens da das formas de visualização quanto ao HR semelhantes a GS3A5C.....	87
Tabela 4.1 – Sumário de Resultados .....	94

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	MÉTODO DE PESQUISA.....	13
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	14
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>14</b>
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
<b>2.1.1</b>	<b>Decisão Multicritério e o método FITradeoff</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Estudos Comportamentais em Decisão Multicritério</b> .....	<b>19</b>
2.1.2.1	Neurociência em Geral .....	20
2.1.2.2	Neurociência e suas Ferramentas. ....	22
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
<b>2.2.1</b>	<b>Experimentos de Neurociência em Decisão em Geral</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Experimentos de Neurociência em Decisão Multicritério</b> .....	<b>29</b>
2.3	SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO ...	30
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTOS DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO COM FITRADEOFF</b>	<b>32</b>
3.1	MÉTODO FITRADEOFF E ESTUDOS COMPORTAMENTAIS DEMANDADOS	32
<b>3.1.1</b>	<b>Elicitação de Preferências com o FITradeoff</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Análise Holística com Visualização Gráfica no FITradeoff</b> .....	<b>33</b>
3.2	DESENHO DO EXPERIMENTO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO .....	34
3.3	SUMÁRIO DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO.....	47
3.4	RESULTADOS DETALHADOS DO EXPERIMENTO .....	52
<b>3.4.1</b>	<b>Análise Correlação todos os Gráficos.</b> .....	<b>52</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Análise Gráficos de Barras</b> .....	<b>55</b>
3.4.2.1	Taxa de Acerto dos Gráficos, variação entre as sequências. ....	55
3.4.2.2	Nível de Confiança dos Gráficos.....	56
3.4.2.3	Correlação entre o Diâmetro da Pupila e Acertos .....	59
3.4.2.4	Análise Diâmetro da Pupila por Participante. ....	61
3.4.2.5	Análise Descritiva para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.....	62

3.4.2.6	Análise Estatística para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.....	64
3.4.2.7	Análise usando a ANOVA. ....	66
3.4.2.8	Análise das Áreas de Interesse (AOI).....	68
3.4.2.9	Análise das Áreas de Interesse com Heat Maps .....	668
<b>3.4.3</b>	<b>Análise das Formas de Visualização ‘Tipo Outras’</b>	<b>71</b>
<b>3.4.3.1</b>	<b>Nível de Confiança dos Gráficos. ....</b>	<b>71</b>
3.4.3.2	Análise Descritiva para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.....	73
3.4.3.3	Análise Estatística para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.....	73
<b>3.4.4</b>	<b>Análise por Participante. ....</b>	<b>77</b>
3.5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	80
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>92</b>
4.1	CONCLUSÕES .....	92
4.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	93
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo de Almeida et al. (2015), problemas de decisão multicritério (MCDM/A) são assim caracterizados quando possuem ao menos duas alternativas de ação, a serem avaliadas em dois ou mais atributos. Problemas com estas particularidades são vividos diariamente nas rotinas profissionais e pessoais da sociedade, sendo o entendimento do processo decisório de grande relevância para auxiliar organizações e pessoas na decisão.

No âmbito profissional, os princípios de MCDM/A apresentam uma gama de aplicações presentes na literatura, sendo alguns exemplos: seleção de políticas de manutenção (Wang et al. 2007; de Almeida et al. 2015), seleção de fornecedores (de Almeida 2007; Chai et al. 2015), localização de plantas (Zolfani et al. 2013; Demiree et al. 2017) e seleção de equipamentos (Bazzazi et al. 2009; Lashgari et al. 2012). Sendo assim, a relevância e a complexidade que estes problemas apresentam para os decisores motivaram estudos e desenvolvimento de diversos métodos de apoio a decisão, de modo a agregar preferências e traduzi-las em recomendações coerentes as problemáticas enfrentadas.

Entretanto, apesar da ampla existência de métodos de solução de problemas multicritério, poucos trabalhos foram encontrados na literatura com a incorporação em suas modelagens de possíveis aspectos comportamentais presentes no processo decisório, a partir do uso de neurociências.

Neste contexto, é possível observar uma lacuna na abordagem MCDM/A, visto que conforme já descoberto por psicólogos e apresentados por Eagleman (2015), os seres humanos nem sempre agem de maneira totalmente racional, existindo uma integração de aspectos de consciência, ou seja, racionais, e inconsciência em diversas situações da vida.

Dessa forma, com objetivo de promover uma maior proximidade entre as modelagens existentes na literatura e os aspectos comportamentais presentes no processo de tomada de decisão, este trabalho foi desenvolvido apresentando um potencial de inovação pela agregação destas duas áreas, modelagem matemática e estudos comportamentais, com uso de neurociências em MCDM/A.

Em especial, o método flexível e interativo de elicitação das constantes de escala, FITradeoff (de Almeida et al. 2016), foi escolhido para estudo devido a sua característica de flexibilidade no SAD. E em conjunto com a Neurociência, abordagem multidisciplinar que promove um entendimento do sistema neural, foi objetivado capturar algumas variáveis corporais, a partir dos equipamentos eletroencefalograma (EEG) e *Eye-tracking*, para o

entendimento de possíveis comportamentos dos decisores na interação com o SAD em duas etapas: como estes entendem as perguntas da elicitação e como estes selecionam uma alternativa dentre as potencialmente ótimas usando a visualização gráfica. Para esta última etapa, alguns trabalhos começaram a ser desenvolvidos como em de Almeida and Roselli (2017), Roselli and Almeida (2017), Roselli et al (2017) e Roselli et al. (2018).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na tentativa de auxiliar os decisores na resolução de problemas de decisão multicritério com a identificação de suas racionalidades e busca pela melhor solução, diversos métodos foram desenvolvidos e estão presentes na literatura. Muitos destes métodos, porém não agregam as suas modelagens aspectos comportamentais que também podem estar presentes no processo, sendo em alguns casos falhos na representação da realidade.

Neste contexto, a abordagem de Neurociência em conexão com o método FITradeoff é tema de estudo para esta pesquisa. A Neurociência a partir do entendimento do sistema neural promove um entendimento sobre as implicações deste em outros processos do corpo humano sendo muito relevante para diversas áreas do conhecimento.

A justificativa para esta pesquisa se dá na captura de aspectos comportamentais que podem estar presentes no processo de interação dos decisores com o SAD, para que a partir deles melhorias possam ser propostas e soluções coerentes sejam encontradas ao final do processo decisório. Portanto, a relevância do tema está associada à integração de aspectos comportamentais, advindos da abordagem de Neurociência, aos métodos de apoio a decisão multicritério. Estes métodos, em muitos casos, consideram os decisores como seres totalmente racionais, como pode ser confirmado com a existência de poucos trabalhos na base ISI quando os temas ‘*Behavioral Decision Making*’ e ‘*Multicriteria*’ são agregados.

## 1.2 MÉTODO DE PESQUISA.

A metodologia utilizada no trabalho em questão apresenta alguns pontos importantes sobre as suas características, os quais serão brevemente descritos. Segundo Miguel et al. (2012), a pesquisa pode ser classificada em diversos tipos de acordo com sua natureza, finalidade, objetivos e dados. Além destes fatores, as técnicas e métodos de pesquisa escolhidos também são importantes para a caracterização da metodologia e estruturação do projeto desenvolvido.

Sendo assim, com relação à pesquisa desenvolvida, esta se caracteriza como: de natureza qualitativa; de finalidade aplicada, com objetivo exploratório e dados sendo pesquisa bibliográfica e experimentação. Por fim, com relação às técnicas de pesquisa, utiliza-se de documentação indireta a partir da pesquisa bibliográfica (Miguel et al. 2012).

### 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Introduzir o tema neurociência aplicado a problemas de decisão multicritério, visando o estudo e entendimento do FITradeoff, em especial do processamento em seu SAD com relação aos dois aspectos: elicitación e visualização gráfica, para uma maior aproximação do processo decisório construído com o FITradeoff com o processamento cognitivo dos decisores.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

-Apresentação do tema Neurociência: envolvimento com a área de decisão e suas formas de mensuração.

-Estudo da integração dos temas: construção e aplicação de um experimento sobre visualização gráfica presente no SAD do FITradeoff.

-Apresentação dos resultados encontrados

-Promover melhorias no design do SAD e recomendações para o analista.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente Trabalho de Dissertação de Mestrado tem seu corpo dividido em quatro capítulos, como segue apresentado abaixo.

O Capítulo I composto pela introdução, justificativas e objetivos do presente trabalho tem como objetivo fornecer uma apresentação inicial sobre o tema de estudo e posicionar o leitor sobre o que será apresentado.

O Capítulo II composto pela fundamentação teórica e revisão bibliográfica tem como objetivo fornecer a base conceitual sobre o tema de estudo e o posicionamento frente aos trabalhos já existentes na literatura. A fundamentação teórica e a revisão bibliográfica são subdivididas em três sessões, para a primeira são elas: Decisão Multicritério e o Método FITradeoff, Estudos Comportamentais em Decisão Multicritério e Neurociência em Decisão,

enquanto para a segunda: Experimentos de Neurociência em Decisões em geral e Experimentos de Neurociência em Decisão Multicritério.

O Capítulo III composto pelo experimento em neurociência procura apresentar os detalhes do experimento realizado sobre visualização gráfica com os estudantes de Engenharia de Produção trazendo seus principais resultados observados. Sendo assim este capítulo é subdividido em cinco sessões: Método FITradeoff e Estudos Comportamentais, Desenho do Experimento, Sumário dos Resultados, Resultados Detalhados e Discussão de Resultados.

O Capítulo IV composto pela conclusão e trabalhos futuros tem como objetivo realizar um fechamento do estudo em questão levantando os resultados e questionamentos gerados visando a continuação do tema de estudo em outros trabalhos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A base conceitual utilizada para trabalho é apresentada a seguir e encontra-se dividida em três sessões: a primeira sessão foi composta por informações referentes a Decisão Multicritério e o Método FITradeoff, a segunda sessão foi composta por Estudos Comportamentais em Decisão Multicritério, e por fim, a terceira sessão foi composta por Neurociência em Decisão.

#### **2.1.1 Decisão Multicritério e o método FITradeoff**

Segundo de Almeida et al. (2015), várias decisões são tomadas diariamente numa organização, com ou sem o uso de métodos formais de apoio a decisão. A preocupação geral está associada com as consequências de tais decisões. Preocupa-se com a forma como estas impactam o futuro da organização. Assim, uma das preocupações naturais envolve a construção de modelos de decisão e a escolha de métodos que embasam tais decisões. Um modelo de decisão corresponde a uma representação formal e com simplificação do problema enfrentando com suporte de um método multicritério de apoio a decisão (MCDM/A).

Como definido anteriormente, problemas de decisão multicritério são caracterizados por problemas que contém mais de uma alternativa sendo avaliadas em mais de um atributo, estes responsáveis por quantificar os objetivos do problema. Problemas deste tipo além de estarem presentes em diversas situações profissionais e pessoais, sendo alguns exemplos básicos: a seleção de fornecedores/escolha de um centro de distribuição ou escolha de um apartamento/carro, apresentam certo grau de complexidade e a sua estruturação tem grande relevância.

Também conhecidos como problemas MCDM/A, estes apresentam diversos métodos de resolução presentes na literatura, tendo cada um deles características próprias sendo adequados à problemática enfrentada e as preferências do decisor. Sendo assim, existem diversas classificações para os métodos existentes, segundo Roy et al. (1996) os métodos podem ser classificados como: Método de Critério Único de Síntese – como exemplo Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT) e Métodos de Agregação Aditivo Determinístico (Keeney and Raiffa 1976); Métodos de Sobreclassificação – como exemplo família dos Métodos

ELECTRE (Roy et al. 1996) e PROMETHEE (Vincke and Brans 1985) e por fim Métodos Interativos.

De acordo com de Almeida et al. (2015), outra classificação que merece destaque e que é muito utilizada na etapa de entendimento do problema e tem como objetivo a pré-seleção do conjunto de métodos mais adequados é a de racionalidade compensatória e não compensatória.

Métodos compensatórios são caracterizados como aqueles onde existe para os decisores a compensação, ou seja, estes admitem que um menor desempenho em uma alternativa para um dado critério pode ser compensado pelo melhor desempenho da mesma em outro critério. Já Métodos não compensatórios são caracterizados como aqueles onde não há esta racionalidade, os decisores desejam avaliar se uma alternativa é superior a outra, dentro de um mesmo critério, não sendo relevante o quanto esta é ou não superior. Neste caso, comparações par a par são realizadas.

Para a aplicação da maioria dos métodos nos problemas, ajustes nos dados iniciais precisam ser realizados, estes ajustes irão variar para cada tipo de método. De forma comum, a obtenção da matriz de consequências é necessária, esta matriz reúne os dados iniciais dos problemas, onde nas linhas estão as alternativas e nas colunas os critérios. Depois de preenchida, esta matriz apresenta o valor das consequências, ou seja, de cada alternativa avaliada em cada critério.

Como os critérios apresentados podem estar em diferentes métricas, por exemplo: no caso de custo - valor monetário, distância – km ou m, avaliações qualitativas – bom, mediano e ruim; é muito importante que a matriz de consequência seja normalizada. Esta normalização deve estar condizente com as preferências dos decisores e será importante, futuramente, para a definição do método mais adequado à situação enfrentada. Depois de tais ajustes, a matriz agora normalizada deve ser trabalhada, seguindo as indicações do método escolhido para resolução. Os procedimentos para a resolução de problemas de decisão multicritério podem ser guiados usando o Framework das doze etapas em de Almeida et al. (2015).

Admitindo então que o decisor tem racionalidade compensatória e utiliza o *Flexible Interactive Tradeoff method* - FITradeoff (de Almeida et al. 2016) para encontrar a melhor solução para seu problema de decisão, este método foi escolhido para ser tema deste estudo. O objetivo da pesquisa em questão não foi estudar o porquê de sua escolha, mas a sua integração com a abordagem de Neurociência para o entendimento de aspectos comportamentais observados na interação do decisor com o SAD.

O FITradeoff é um método que utiliza a mesma estrutura axiomática do Tradeoff tradicional (Keeney and Raiffa 1976) e tem objetivo fundamental de elicitar as constantes de escala. O processo de elicitação é importante para métodos classificados como Critério Único de Síntese e de racionalidade compensatória, como o modelo Aditivo. Nestes casos os valores das constantes de escala não podem representar puramente a importância relativa dada pelos decisores a cada critério, mas são a compensação que cada critério apresenta, com base no conjunto de consequências que o compõe, sobre os demais.

O FITradeoff apresenta dois passos principais para sua resolução, a ordenação dos critérios e a comparação das consequências. O primeiro passo é desenvolvido da mesma maneira que no método original, Tradeoff tradicional, e é caracterizado pelo ranqueamento dos critérios pelo decisor de acordo com suas preferências e com a relação de compensação que cada critério apresenta com os demais. Sendo assim, após este passo uma inequação é obtida com o ranking dos critérios.

O segundo passo é caracterizado pela comparação das consequências pelo decisor. Dessa forma, para cada um dos pares de critério adjacentes no ranking, a melhor consequência para o critério pior colocado é comparada com um valor hipotético de consequência para o critério melhor colocado, obtendo assim uma inequação que representa a preferência estrita do decisor para as consequências avaliadas.

Sendo assim, após cada comparação realizada e conseqüentemente cada inequação desenvolvida, um problema de programação linear (PPL) é solucionado apresentando os resultados parciais para o problema em questão. Ao final, após todas as comparações serem realizadas, um espaço de pesos, ou seja, de valores de constantes de escala é obtido para a melhor alternativa.

Diferente do FITradeoff, este segundo passo não é desenvolvido da mesma maneira que no Tradeoff tradicional. No método original as comparações são realizadas para os pares de critérios até que o decisor indique o ponto de indiferença entre as consequências avaliadas. Dessa forma, com a indicação do ponto de indiferença, uma equação é elaborada e após todas as comparações os valores exatos das constantes de escala são encontrados.

A ausência de identificação dos pontos de indiferença no FITradeoff traz para o método uma vantagem frente ao Tradeoff visto que a dificuldade encontrada neste processo de identificação de indiferenças leva a 67% de inconsistência nos resultados (Weber and Borcherding 1993).

Outro benefício trazido pelo FITradeoff é o uso de visualização gráfica para expressar os resultados parciais encontrados após cada comparação. Dessa forma, as alternativas potencialmente ótimas (POA) têm suas performances ilustradas em diferentes gráficos e o decisor pode usar deles para escolher a alternativa final para seu problema. Sendo assim, fica a cargo do decisor escolher uma das POA's e finalizar o processo ou continuar respondendo as perguntas referentes à elicitación das consequências.

O FITradeoff é então caracterizado como flexível pois permite que o decisor interrompa o processo e escolha uma das POA's quando desejar e interativo pois o mesmo participa de todo o processo decisório expressando suas preferências. Por apresentar estas duas características em seu SAD, o FITradeoff foi escolhido como tema deste estudo e encontra-se disponível para download através do endereço (<http://fitradeoff.org/>).

### **2.1.2 Estudos Comportamentais em Decisão Multicritério**

O tema de estudos comportamentais é considerado relevante e deve ser integrado na construção dos métodos de tomada de decisão multicritério, sendo considerado necessário para a representação do processo decisório (Ozerol et al. 2008). O desenvolvimento de estudos sobre tal tema também não é recente, sendo algumas pesquisas advindas desde a teoria da utilidade para derivação de pesos na perspectiva de obtenção das preferências dos decisores e trazendo resultados importantes para a inclusão da pesquisa descritiva no uso prescritivo da análise de decisão (Weber and Borcherding 1993).

Entretanto a integração direta de aspectos comportamentais, observados durante o processos decisório, com os métodos MCDM/A ainda precisa ser ampliado, sendo encontrado um número limitado de trabalhos na literatura a partir da agregação dos tópicos *Behavioral Decision Making* e *Multicriteria*.

Dentre os estudos encontrados que apresentaram problemas de decisão e métodos MCDM/A conhecidos, alguns trabalhos ressaltaram: a presença de sentimentos de alegria e arrependimento nos processos de tradeoff, a reciprocidade entre fatores organizacionais, a relação entre diferentes fontes de informação e os vieses cognitivos com relação a forma como a informação é transmitida (Ozerol et al. 2008; Chuang et al. 2015; Hernandez-Perdomo et al. 2017; Homenda et al. 2016)

Sendo assim, Ozerol et al. (2008) apresentaram a agregação dos sentimentos de alegria e arrependimento durante o processo de tradeoff para escolha de alternativas em conjunto com a aplicação do método PROMETHEE II.

Chuang et al. (2015) estudaram a tripla reciprocidade entre os fatores pessoais, ambientais e comportamentais dentro da problemática organizacional de definição de valor em conjunto com a aplicação do ANP.

Hernandez-Perdomo et al. (2017) apresentaram um estudo sobre a inclusão de informações advindas de diversas áreas, tais como: as preferências dos decisores - área comportamental, análise dos dados do problema - área analítica e rankings de projetos - área MCDM/A, para a solução de um problema energético usando os métodos da família PROMETHEE.

Por fim, Homenda et al. (2016) apresentaram vieses cognitivos apresentados pelos seres humanos durante o processo decisório. Tais vieses podem estar relacionados com a forma como a informação é transmitida aos decisores, podendo afetar os elementos: matriz de decisão, avaliação das consequências e aversão/propensão ao risco, e como o fator tempo se faz presente dentro da decisão, antecipação ou postergação da decisão.

Ainda há muito para ser explorado neste tema com o objetivo de promover um maior entendimento do processamento mental dos decisores quando estes interagem com os métodos MCDM/A para que soluções benéficas e coerentes, que de fato expressem as preferências dos envolvidos, sejam encontradas.

#### 2.1.2.1 Neurociência em Geral

O cérebro humano contém cerca de bilhões de neurônios e trilhões de sinapses, tornando-se o órgão mais complexo do corpo humano. Neste contexto, com maior desenvolvimento nas últimas três décadas e com objetivo de entender o funcionamento deste órgão, a abordagem de neurociência se fez presente, sendo caracterizada formalmente como o estudo científico do sistema nervoso (Zhao et al. 2016).

Sendo assim, a neurociência promove um maior entendimento sobre os diversos mecanismos de funcionamento de nosso corpo, podendo explicar temas como: percepção sobre a realidade através da atuação dos diversos órgãos do sentido, evolução da espécie ao longo das fases da vida, processo de avaliação de situações de forma consciente e inconsciente, atuação da memória, processo de tomada de decisão frente a diversas situações cotidianas, relacionamento com outras pessoas, entre outros temas conforme apresenta por Eagleman (2015).

O termo neurociência é usado com uma diversidade muito grande podendo destaca-se em dois aspectos: o estudo do cérebro e suas funcionalidades, com uma associação à área de saúde e o entendimento do sistema neural como ferramenta de apoio para outras áreas de

conhecimento, como por exemplo, modelagem de preferências dos decisores para apoio ao processo de tomada de decisão.

Com relação ao tema tomada de decisão, a agregação deste com a abordagem Neurociência pode ser caracterizada como Neurociência em Decisão e tem como objetivo o entendimento dos mecanismos subjacentes à tomada de decisão a partir da aplicação das ferramentas de neurociência. Sendo assim, promove a compreensão dos processos cognitivos, sociais e emocionais que ocorrem quando os indivíduos tomam decisões em diversas situações diferentes (Smith and Huettel 2010; Dimoka et al. 2011).

Algumas das situações, envolvendo o processo de tomada de decisão e a neurociência, encontradas na literatura e apresentadas neste trabalho são: decisões econômicas e com características probabilísticas, decisões sobre o consumo de produtos e marketing, decisões sobre processamento de informações e decisões com relação a gestão organizacional. Aspectos sobre a tomada de decisão em cada uma destas áreas são apresentados a seguir e alguns trabalhos são apresentados no próximo item.

Com relação à economia, a abordagem *Neuroeconomics* foi desenvolvida com objetivo de entender o processo de valoração através do entendimento da neurobiologia durante a tomada de decisão. Esta abordagem foi desenvolvida como complementação das teorias econômicas clássicas, baseadas apenas no princípio da maximização da utilidade (Teoria dos Jogos), visto que estas já não eram mais suficientes para representar o processo decisório. (Rangel et al. 2008; Glimcher and Rustichini 2004, Fehr and Camerer 2007, Mohr et al. 2010).

Com relação à teoria do consumidor, a abordagem *Consumer Neuroscience* foi desenvolvida buscando avaliar o comportamento dos decisores no momento de escolha entre produtos. Segundo Goucher-Lambert et al. (2017), apesar da gama de métodos existentes para a identificação das preferências dos consumidores, estes dependem da contribuição do próprio consumidor, não oferecendo capacidade de entender os mecanismos cognitivos predecessores à expressão de preferências.

Com relação ao marketing, a abordagem *Neuromarketing* foi desenvolvida buscando gerar sugestões com relação à forma de apresentação e ao design de produtos. Esta em conjunto com a teoria do consumidor tem objetivo de fornecer produtos que sejam tão compatíveis quanto possível às preferências expressas (Khushaba et al. 2013, Morin 2011).

Com relação à sistemas de informação (SI), a abordagem *NeuroIS* foi desenvolvida buscando entender os processos que envolvem cognição, emoção e comportamento dos seres

humanos quando estes interagem com Sistemas de Informação. Esta abordagem possibilita o desenvolvimento de sistemas neuro-adaptativos, ou seja, sistemas que reconhecem o estado fisiológico do usuário e que se adaptam a eles. (Riedl et al 2014)

Com relação à gestão organizacional, as abordagens *Management Neuroscience* e *Organizational Neuroscience* foram desenvolvidas para promover maior entendimento dos sistemas de produção e do comportamento dos funcionários dentro deles, buscando assim apoiar todas as atividades desenvolvidas (Butler et al. 2016, Robertson et al. 2017)

Sendo assim, devido a grande diversidade de temas de estudo para a neurociência, um extenso número de sociedades científicas existem nesta área. As duas maiores são: Society for Neuroscience (<http://www.sfn.org/>) e Cognitive Neuroscience Society (<https://www.cogneurosociety.org/>). Estas sociedades são mais direcionadas à área de saúde e tem como principais enfoques: o estudo dos componentes do sistema neural, o estudo das doenças que os atingem e os seus possíveis efeitos colaterais.

Para o tema Neurociência em Decisão não existe uma comunidade grande específica, embora haja muitas comunidades menores que trabalham no assunto. A Society for Neuroeconomics (<https://neuroeconomics.org/>) é uma delas. Esta é mais direcionada para a área econômica tendo como principais enfoques: o entendimento dos processos econômicos e a modelagem destes processos a partir da união das teorias clássicas com os aspectos comportamentais estudados pela neurociência.

#### 2.1.2.2 Neurociência e suas Ferramentas.

Pela importância da abordagem de neurociência como ferramenta de apoio para diversas áreas do conhecimento a partir da promoção de melhorias nos diversos sistemas existentes, diversos equipamentos de mensuração de variáveis corporais foram desenvolvidos e encontram-se presentes no mercado. Alguns exemplos destes equipamentos, também chamados de ferramentas de apoio da neurociência, são: sensores de resposta galvânica da pele, medidores de batimentos cardíacos, medidores de sinais elétricos gerados na transmissão de informação entre neurônios, medidores da taxa de oxigenação das moléculas de hemoglobina, medidores de movimentos oculares, entre outros.

Os sensores de resposta galvânica são responsáveis por medir calor e eletricidade transmitidos pela pele. Os medidores de sinais elétricos gerados durante as transmissões de informação entre neurônios, como o eletroencefalograma (EEG), são responsáveis por capturar as diferenças de frequência geradas nas diversas atividades cerebrais. Os medidores de oxigenação, como a ressonância magnética funcional (fMRI), são responsáveis pela

geração de imagens com as áreas do cérebro ativadas durante as diversas atividades cerebrais. Por fim, os medidores de movimentos oculares, como o *eye-tracking*, são responsáveis por capturar variáveis dos movimentos oculares realizados, como por exemplo: fixações, sacadas, e diâmetro da pupila.

Sendo assim, pelo o uso de tais equipamentos as diversas variáveis corporais podem capturadas e mensuradas sendo muito importantes para a geração de conclusões sobre as atividades desenvolvidas no momento da captura assim como geração de melhorias para tais atividades ou sistemas analisados.

Neste contexto, para avaliação do SAD, a pesquisa em questão utilizou da ferramenta *eye-tracking* para entender como os decisores avaliam os gráficos com as POA e selecionam uma delas. Como projeto futuro deseja-se utilizar o EEG em conjunto com o *eye-tracking* para investigar o processo de elicitação, ou seja, a comparação entre as consequências do problema. Visando um maior entendimento do tema em questão, um estudo bibliográfico foi realizado é apresentado a seguir.

## 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo bibliográfico foi realizado visando o conhecimento sobre o tema em questão e como este se encontra abordado em outros estudos presentes na literatura. Neste item, alguns trabalhos foram apresentados de maneira sucinta, buscando posicionar a comunidade acadêmica frente ao tema escolhido.

### 2.2.1 Experimentos de Neurociência em Decisão em Geral

Com base nos temas apresentados anteriormente, alguns trabalhos relacionados foram coletados na literatura e apresentados aqui. Além deles, estudos com uso de *eye-tracking*, em especial para visualização gráfica, também foram apresentados.

Sanfey et al. (2003) apresentaram em seu trabalho um jogo decisório simples para demonstrar as limitações dos modelos econômicos clássicos na representação real do processo de tomada de decisão. O jogo chamado de Ultimatum Game foi aplicado a dezenove participantes. Este jogo era dado para ser realizado em dupla, onde haveria um ofertante e um respondente, e a regra era dada por: caso o respondente aceitasse a oferta os dois levavam a quantia acordada e caso o respondente negasse a oferta nenhum deles levaria nada. Com apoio de fMRI, foi possível identificar a ativação de áreas cerebrais relacionadas ao sentimento de

justiça e injustiça, sendo confirmado a presença de aspectos comportamentais não medidos pelos modelos clássicos, tais como as emoções, no processo decisório.

Com base na presença de emoções no processo decisório, Bechara and Damasio (2005) propuseram um modelo para a tomada de decisão econômica com a integração da emoção como um fator importante dentro do processo. Kenning and Plassmann (2005) sugeriram o envolvimento de processos controlados (definidos pelas teorias clássicas) e processos automáticos (estudados pela psicologia) nos processos decisórios. Foi ressaltado no trabalho que métodos neurocientíficos podem ser utilizados para auxiliar o desenvolvimento de modelos econômicos mais coerentes com os processos decisórios.

Neste mesmo contexto de construção de processos mais realísticos, Sanfey et al. (2007) apresentaram o desenvolvimento de importantes temas presentes nas decisões econômicas, tais como: a interação no sistema de recompensas e os fatores afetivos nas negociações e jogos competitivos. Já Rilling and Sanfey (2011) trouxeram contribuições sobre: confiança, reciprocidade, altruísmo, justiça, vingança, punição social, aprendizado social e competição, recompensa e reforço, dor e punição, atraso de gratificação e regulação emocional. Tais trabalhos fornecem um ponto de partida importante para a criação de modelos econômicos mais coerentes, que abrangem não só a modelagem matemática formal mas também os mecanismos psicológicos e neurais envolvidos no processo decisório.

Além dos estudos processos decisórios envolvendo os seres humanos, estudos envolvendo animais, em especial os macacos também foram realizados. Neste contexto, Sugrue et al. (2005) investigaram como era dado o processo decisório em primatas quando estes avaliavam custo e recompensa. Enquanto Lee et al. (2007) investigaram a ativação em diferentes áreas do córtex frontal de primatas, onde foi observado o envolvimento do córtex na identificação das ações ótimas e na codificação e atualização das utilidades associadas as diferentes alternativas. Sendo a essência ancestral do homem também investigada na literatura quando o tema trata-se de decisões econômicas.

Não só as variáveis cerebrais são estudadas em *Neuroeconomics*, variáveis de outras regiões do corpo também podem ser coletadas para realizar inferências sobre o comportamento humano em decisões econômicas. Sendo assim, Glimcher (2003) desenvolveram uma revisão bibliográfica sobre processo de integração corpo-cérebro durante a tomada de decisão econômica. E Nagvi et al. (2006) mostraram que o processo de decisão envolvendo emoções pode ser observado em diferentes partes do corpo humano. Sendo assim, conforme Eagleman (2015) existe uma forte interação entre o corpo e o cérebro na tentativa

de entender as diversas situações ao qual somos expostos, sendo em especial os movimentos dos olhos, ou seja, o sentido da visão um fator de extrema importância.

Decisões econômicas em diversos cenários também são estudadas pela abordagem de *Neuroeconomics*. Sendo assim, Loewenstein et al. (2008) apresentaram em seu trabalho o uso da neurociência em três cenários de interesse: tomada de decisão sob risco e incerteza, escolha intertemporal e tomada de decisão social. Para o caso de tomada de decisão sob risco e incerteza, Platt and Huettel (2008) buscou entender como informações probabilísticas eram traduzidas e codificadas no cérebro.

Por fim, Kim et al. (2012) e Bault et al. (2016) apresentaram experimentos usando os movimentos oculares para entender escolhas realizadas em loterias probabilísticas. Como resultado foi possível observar que movimentos de fixação refletiam diferenças de preferência e estavam envolvidos com feedbacks para perdas, mostrando consecutivamente que o estudo de variáveis corporais é bastante relevante para o entendimento dos processos e atualização dos modelos econômicos existentes.

Para a análise da Teoria do Consumidor, trabalhos também foram retirados da literatura para avaliação do uso da neurociência neste tema. Sendo assim, Karmarkar and Yoon (2016) desenvolveram uma revisão bibliográfica sobre a teoria do consumidor em conjunto com ferramentas neurofisiológicas. Lee et al. (2009) buscaram entender o papel da emoção no processo de consumo, observando as preferências dos consumidores a partir da indução de diferentes emoções prévias. E Khushaba et al. (2013) investigaram os processos de tomada de decisão enquanto participantes realizaram a tarefa de escolha entre dois produtos.

Relacionada à Teoria do Consumidor, a abordagem de Neuromarketing pode ser agregada fazendo uso de seus resultados para a produção de publicidade mais assertiva. Sendo assim, Plassmann et al. (2007) realizaram uma revisão da literatura observando a atuação da publicidade de duas formas: provocação de resposta imediata e mudança de memórias sobre a marca. Neste trabalho foi possível observar a ocorrência de mudanças no comportamento dos consumidores frente a publicidade realizada.

Neste mesmo contexto, Milosavljevic et al. (2012) realizaram um experimento, com a captura dos movimentos dos olhos, para investigar como as propriedades visuais das embalagens podem influenciar nas escolhas dos consumidores. Os resultados mostraram que para decisões rápidas, as propriedades visuais influenciam as escolhas mais do que as preferências, particularmente quando não há preferências fortes entre as opções. Neste mesmo tema, Schmitt (2012) apresentou um modelo para integração dos conhecimentos sobre a

marca (categorização, efeito, personalidade e simbolismo) e os comportamentos dos indivíduos. Como resultado um quadro de referência foi desenvolvido dando suporte ao entendimento de como características da marca podem influenciar o comportamento de consumidores. Por fim, Labrecque et al. (2013) investigaram como as cores podem influenciar os pensamentos, sentimentos e comportamentos dos consumidores, apresentando a relevância da pesquisa de cores no marketing.

Conforme citado no trabalho acima, os processos afetivos, de maneira mais específica as emoções, podem interferir no processo decisório dos consumidores. Sendo assim, Genevsky and Knutson (2015) avaliaram a relação entre imagens com características afetivas positivas e aumento de pedidos de microcréditos em bancos. E Reimann et al. (2012) investigaram sobre os mecanismos psicológicos presentes na relação afetiva de consumidores suas marcas queridas para que a partir da compreensão de tais sentimentos e como são gerados tentar reproduzi-los e conseqüentemente aumentar o volume de vendas. Sendo assim é possível perceber a válida contribuição da neurociência nas duas abordagens complementares – *Consumer Neuroscience* e *Neuromarketing*.

Com relação à abordagem de Sistemas de Informação, Buettner (2015) apresentou uma pesquisa para avaliar o desempenho dos usuários quando estes avaliavam um website. A medição do diâmetro da pupila foi realizada na tentativa de inferir sobre o esforço mental e sugerir melhorias para o website. Riedl et al. (2014) buscaram com apoio de *NeuroIS* auxiliar entender os estados emocionais dos decisores durante processos de decisão e, com base nos resultados, auxiliar os decisores nestes processos.

Ainda com relação a NeuroIS, Dimoka et al. (2011) propuseram sete oportunidades para a área de SI usando a abordagem de Neurociência e Zhao and Siau (2016) analisaram o uso das várias ferramentas neurofisiológicas para o desenvolvimento de pesquisas sobre SI trazendo as vantagens e desvantagens de cada uma delas. Sendo assim, da mesma forma que observado nos outros temas, a neurociência também apresenta vantagens para a abordagem de SI a partir do entendimento da integração entre os usuários e os sistemas desenvolvidos na busca por adaptações destes sistemas aqueles que os usam.

Por fim, para o entendimento da abordagem de gestão organizacional alguns trabalhos foram reunidos. Smith and Jonides (1999) avaliou a relação da memória com as atividades dentro de sistemas de produção, em especial o gerenciamento de tarefas. Butler et al. (2016) apresentaram a importância do entendimento dos processos mentais para entendimento do comportamento dos funcionários. E Robertson et al. (2017) e Orlitzky (2017) apresentaram

estudos sobre questões de ética organizacional. Todos estes trabalhos trouxeram a investigação de aspectos importantes para a implementação de melhorias nos sistemas de produção, demonstrando assim as vantagens também encontradas sobre o uso da neurociência para esta área de estudo.

Devido à apresentação de um experimento usando *eye-tracking* no próximo item, uma pesquisa na base ISI também foi realizada sobre trabalhos desenvolveram experimentos com este equipamento. Um total de 105 trabalhos foram encontrados, porém em sua maioria, o equipamento foi utilizado para: estudos de memória, atenção, interação entre pessoas e identificação de algumas doenças. Aqueles que de fato relacionam-se com as áreas de estudo discutidas são apresentados abaixo buscando mostrar os diversos insights que podem ser gerados a partir da mensuração dos movimentos oculares.

Sendo assim, Khushaba et al. (2013) desenvolveram um experimento, com uso de EEG e *eye-tracking*, onde os participantes precisavam escolher biscoitos de acordo com as características: forma (quadrado, triângulo, redondo), sabor (trigo, centeio escuro, planície) e cobertura (sal, papoula, sem cobertura). Um total de 57 diferentes conjuntos de opções foram elaborados a partir da combinação das características. Como resultado foi observado que os sabores e as coberturas foram os fatores de maior importância para os consumidores do que a forma no processo de compra.

Ares (2014) buscou avaliar, com o auxílio do *eye-tracking*, as diferenças nas escolhas para rótulos de iogurte a partir da análise dos perfis de consumidor (análise racional vs. análise intuitiva) atrelados aos tipos de processamento de informações (pensamentos intuitivos rápidos vs. pensamentos racionais lentos). Para realização da análise foram consideradas três variáveis e dois níveis: teor de gordura e açúcar (baixo vs alto), fundo do rótulo (Background A vs. Background B) e sistema de cores (presente vs. ausente). Os consumidores precisaram avaliar oito conjuntos, construídos para formar diferentes rótulos, e indicar qual seria o escolhido. Os resultados foram relevantes para o desenvolvimento de projetos estratégicos de marketing.

Guixeres (2017) realizou um experimento com o *eye-tracking* para investigar a eficácia de anúncios. Para realização do experimento, 35 participantes foram expostos a oito comerciais relevantes da *Super Bowl TV*. Como resultado foi possível observar a correlação entre as variáveis corporais e o relato, fornecido por cada um deles, sobre suas preferências, demonstrando a validade do uso da abordagem de neurociência para prever respostas publicitárias.

Slanzi et al. (2016) realizou um experimento usando o *eye-tracking* e o EEG para avaliar cliques em um website. O *eye-tracking* foi utilizado para coletar informações sobre o diâmetro da pupila dos 21 participantes que realizaram o experimento. Como resultado foi possível observar maiores valores de diâmetro quando os participantes realizavam o movimento de click do que quando não realizavam, associando tais movimentos à maiores esforços mentais.

Os estudos iniciais sobre a medida de diâmetro da pupila (pupilometria) foram realizados por: Hess et al. (1960), (1964) e Kahneman et al. (1966). Esta variável desde então apresentou bastante relevância para áreas de estudo correlatas, visto que permite ser coletada de maneira contínua e não invasiva. Com relação à neurociência, já foi comprovado por diversos estudos que esta variável apresenta forte relação com a intensidade da atividade mental, sendo maior quando um maior esforço é realizado. (Porter et al. 2007; Laeng et al. 2012).

Por fim, com relação ao *eye-tracking* e visualização gráfica de maneira específica, um total de 22 trabalhos foram encontrados na base ISI. Apenas dois deles retrataram o uso do equipamento para a visualização gráfica e um teve enfoque no processo de tomada de decisão organizacional, porém não apresentou nenhuma definição de como ou qual decisão estava-se estudando.

Goldberg and Helfman (2011) apresentaram um experimento para análise de visualização gráfica, usando o *eye-tracking*, a partir da comparação de gráficos lineares e radiais (gráficos de: barras, linhas, área e dispersão) compostos por dados de uma e duas dimensões. Um total de 32 participantes realizaram o experimento. Como resultado, foi possível observar: uma visualização mais lenta para gráficos radiais e no caso de dados com apenas uma dimensão uma maior dificuldade para gráficos lineares.

E Vila and Gomez (2016) abordaram sobre a importância e a falta de uso da visualização gráfica para a transmissão de informações auxiliando no processo decisório. Um experimento foi construído com a apresentação das informações organizacionais na forma gráfica e numérica, objetivando descobrir as diferenças na forma de processamento da informação quando esta é apresentada de uma forma ou de outra. Com auxílio do *eye-tracking* foi possível perceber diferentes padrões no processo de análise sendo relevante para aperfeiçoar o processo de tomada de decisões em negócios.

## 2.2.2 Experimentos de Neurociência em Decisão Multicritério

Com relação ao tema decisão multicritério, poucos trabalhos foram encontrados na base *ISI* e *Scopus*. Com relação à procura na base *ISI*, quando o termo neurociência foi combinado com termos específicos como: *Multicriteria*, *Multi-Criteria*, *Multiattribute*, *Multi-Attribute*, *MCDM*, *MCDA*, menos de dez trabalhos foram encontrados até o momento. Com relação aos trabalhos encontrados não foi observada a inclusão direta da abordagem de neurociência com qualquer um dos métodos MCDM convencionais da área para o desenvolvimento de melhores práticas. Para conclusão deste item alguns dos trabalhos encontrados são apresentados a seguir.

Com relação à tomada de decisão política, Linkov et al. (2012) apresentaram avanços de neurociência para entendimento de cinco temas relacionados ao processo de tomada de decisão política, sendo eles: quantificação das informações, comparação de valores obtidos por diferentes fontes, busca pela solução, papel da subjetividade e adaptação a novas informações. Neste trabalho foi ressaltada a importância do entendimento de como tal decisão é computada no cérebro para a busca por melhores práticas visto que esta inclui diferentes fontes de informações com diferentes valores associados e depende do julgamento humano para a integração e ponderação destas informações. Apesar do trabalho não usar nenhum métodos MCDM convencional é possível observar as características multicritério que apresenta e a semelhança dos cinco temas estudados com as etapas do Framework de Almeida et al. (2015).

Com relação à tomada de decisão econômica, Beullens et al. (2012) apresentaram um modelo para priorização de objetivos com base em diversas variações do jogo Ultimatum Game (Sanfey et al. 2003) buscando equilibrar os desejos individuais com as ações dos demais jogadores para fornecer melhores resultados finais de jogo.

Com relação à tomada de decisão sobre compra de produtos com o uso de fMRI, Goucher-Lambert et al. (2017) investigaram a compra de produtos sustentáveis, trazendo avaliações de ganho social versus ganho individual para cada um deles. Sylcott et al. (2013) investigaram os julgamentos de preferência dos consumidores avaliando forma e função dos produtos. Como resultado do trabalho foi observado que para a avaliação integrada de forma-função, redes neurais únicas e mais complexas eram formadas e regiões cerebrais relacionadas à emoção eram ativadas.

Além destes, outros trabalhos também envolveram a investigação de vários atributos e a busca por sua computação no cérebro. Hunt et al. (2014) apresentaram o estudo sobre

processo de escolha tentando entender como este processo era dado pelo cérebro. Como resultado foi observado que um mecanismo de competição entre os atributos é realizado em todas as fases do processo de tomada de decisão. Kothe and Mareig (2011) apresentaram o uso do EEG para analisar onze abordagens computacionais de monitoramento de carga de trabalho mental quando avaliações multiatributo eram realizadas.

Por fim alguns trabalhos apresentaram a relação da tomada de decisão e a ativação de áreas do cérebro. Krawczk (2002) realizou uma revisão bibliográfica sobre a participação da região pré-frontal do córtex no processo de tomada de decisão, tanto para decisões simples (um atributo) como complexas (vários atributos). E Xia et al. (2015) apresentaram o estudo do córtex orbitofrontal (OFC) e a capacidade de pessoas fazerem julgamentos com relação a aparência física de candidatos para a tomada de decisão política.

Sendo assim, com base nestes trabalhos é possível perceber a complexidade e a presença de outros fatores, tais como as emoções, na tomada de decisão com vários atributos. Sendo de fato confirmada a relevância da neurociência nesta área de estudo, apesar de até o momento não terem sido encontrados trabalhos com a inclusão de métodos MCDM convencionais para solução. Como curiosidade, devido a gama de trabalhos existente sobre *Neuroeconomics* na literatura, a troca da palavra neurociência por neuroeconomia foi realizada na tentativa de encontrar trabalhos com uso de métodos multicritério. Sendo assim, um trabalho foi encontrado em que o MAUT (Keeney and Raiffa 1976) foi utilizado como ferramenta de solução para um problema de priorização de doenças, mas a abordagem de neuroeconomia foi apenas citada ao final como perspectiva de trabalho futuro (Brookes et al. 2015).

### 2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTES TRABALHOS

Conforme já mencionado, há uma grande diversidade dentro da área de neurociência. Existem muitos trabalhos em neurociência dentro da área de saúde e menos em relação ao seu uso como ferramenta de apoio em outras áreas. Neste contexto, foram encontrados mais de 200 periódicos científicos cadastrados no JCR com a classificação de neurociência, porém poucas dezenas destes se aplicam ao escopo de neurociência em decisão.

De maneira mais específica, para o caso de decisão multicritério, ou seja, aplicação da abordagem como ferramenta para entendimento dos decisores e promoção de melhoria nos métodos MCDM existentes, pouquíssimos trabalhos foram encontrados até o momento e nenhum deles aplicou a neurociência em conjunto com tais métodos. Dessa forma, é possível observar a lacuna existente na literatura e a contribuição que esta pesquisa tem para a área de

decisão multicritério, sendo neste primeiro momento baseada principalmente no estudo da visualização gráfica.

### **3 EXPERIMENTOS DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO COM FITRADEOFF**

Neste capítulo são apresentados dois temas de estudo para a integração da abordagem de Neurociência, com o Método FITradeoff. Os temas são apresentados de maneira breve no próximo subitem e com base no estudo mais detalhado de um deles, visualização gráfica, um experimento foi construído e seus resultados coletados e analisados, apresentados nos subitens subsequentes.

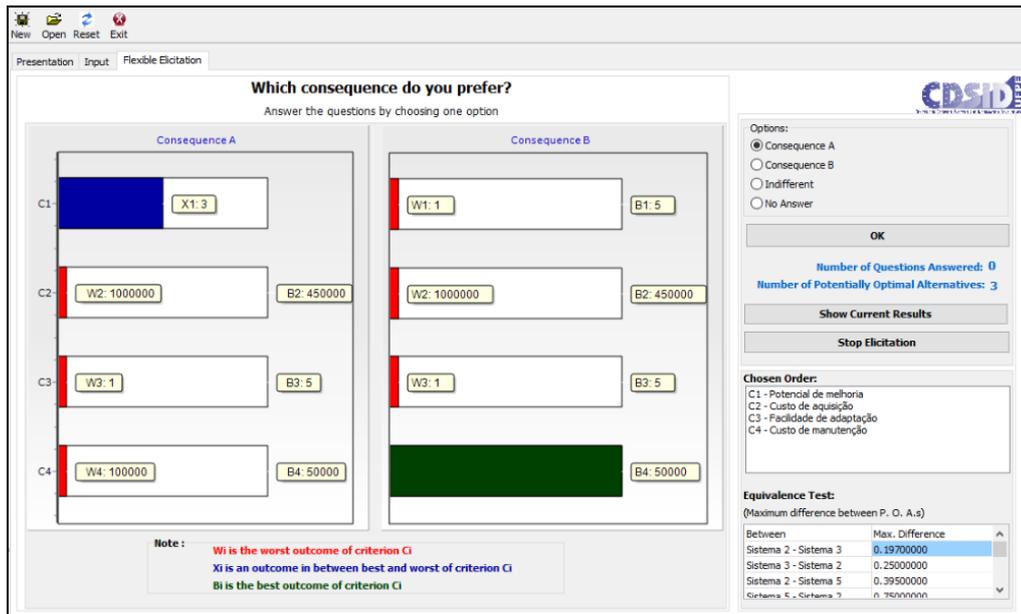
#### **3.1 O MÉTODO FITRADEOFF E ESTUDOS COMPORTAMENTAIS DEMANDADOS**

##### **3.1.1 Elicitação de Preferências com o FITradeoff**

Conforme discutido no item anterior, o processo de elicitación é dado pela comparação das consequências do problema no FITradeoff. Neste processo o decisor tem a possibilidade de expressar suas preferências como base em quatro respostas: preferência pela consequência A, preferência pela consequência B, indiferença entre elas e não desejo de responder a pergunta. Com base nas respostas fornecidas, uma inequação é formada e o problema de programação linear rodado onde alternativas finais (POA) vão sendo encontradas a cada etapa.

Para que soluções que de fato expressem as preferências do decisor sejam encontradas, as perguntas devem ser respondidas de forma coerente e para isso precisam ser bem entendidas pelo decisor. Neste contexto, o estudo comportamental dos decisores dentro do processo de elicitación de preferências tem como objetivo verificar como estes estão respondendo às perguntas de elicitación referentes a seus problemas.

Este estudo não foi desenvolvido na atual pesquisa, porém faz parte do projeto macro de estudos comportamentais para o método FITradeoff e pretende ser mais explorado no futuro. A figura 3.1 expressa o processo de elicitación das consequências dentro do SAD do FITradeoff.



*Figura 3.1 – Processo de comparação das consequências do problema (SAD FITradeoff, 2015)*

### 3.1.2 Análise Holística com Visualização Gráfica no FITradeoff

Com base na obtenção de alternativas potencialmente ótimas (POA) a cada etapa do processo, também se faz presente no SAD do FITradeoff a utilização de visualização gráfica para auxiliar o decisor no processo de tomada de decisão.

Neste contexto, com base em três formas de representação: Gráficos de Barras, Gráfico Radar e Gráficos de Bolhas, o decisor pode avaliar as alternativas finais de seu problema e escolher uma delas como solução final. Sendo assim, caso deseje este pode utilizar da visualização para escolher a alternativa final e finalizar o processo de elicitação antes que todas as consequências sejam comparadas.

No entanto, para que o decisor escolha a melhor alternativa para seu problema usando dos gráficos fornecidos, este precisa entender como tais gráficos estão apresentando as alternativas, com relação ao número de itens (alternativas vs. critérios), e avaliar as diferenças de desempenho entre elas para escolher aquela que traga maiores benefícios para a situação enfrentada.

Dessa forma, o estudo comportamental sobre o entendimento dos decisores e escolha da alternativa ótima foi explorado de forma mais intensa neste trabalho a partir da aplicação de um experimento de neurociência. No experimento foi desejado explorar como os decisores avaliavam diferentes formas de visualização com a presença de diferentes números de itens.

Com base nos resultados melhorias no design do SAD e sugestões ao analista foram sugeridas quanto ao uso de visualização gráfica. A figura 3.2 apresenta os gráficos utilizados no SAD do FITradeoff.

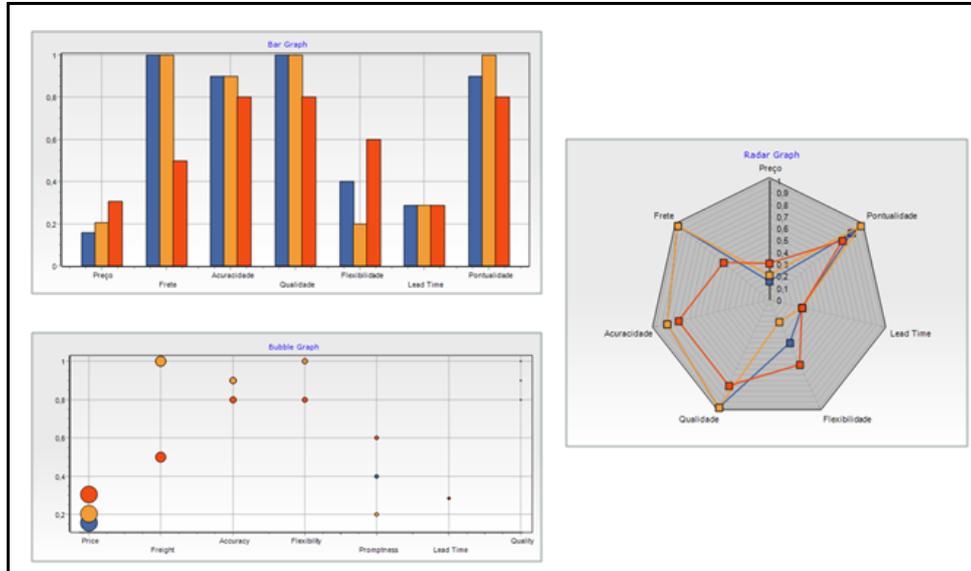


Figura 3.2 – Gráficos presentes no SAD FITradeoff (SAD FITradeoff, 2015)

### 3.2 DESENHO DO EXPERIMENTO DE NEUROCIÊNCIA EM DECISÃO

Não só aplicada ao método FITradeoff mas a qualquer outro método de decisão multicritério, como por exemplo Promethee GAIA (Brans and Marechal 1995), a visualização gráfica pode estar presente no processo decisório como ferramenta de apoio na busca pela solução. Neste contexto, o experimento apresentado neste item foi construído com finalidade de investigar os efeitos do processo de visualização gráfica durante a tomada de decisão multicritério.

Sendo assim, o experimento de neurociência foi desenvolvido com apoio do equipamento *Eye-Tracking* e teve como objetivo analisar como os participantes entendiam as formas de visualização gráfica e as usavam para selecionar a melhor alternativa em problemas de decisão multicritério.

Para a construção deste experimento, primeiramente se fez uso do Excel para a geração de matrizes de consequências com valores aleatórios. Estas matrizes foram construídas para posteriormente originar as formas de visualização desejadas e tiveram valores aleatórios para não ser necessária a contextualização de um problema de decisão multicritério específico,

visto que era objetivado analisar como os participantes tomavam decisões usando apenas informação gráfica.

As matrizes de consequências foram construídas com três, quatro e cinco alternativas versus três, quatro e cinco critérios, partindo da combinação mais simples (3x3) para a mais complexa (5x5). Depois de construídas, tais matrizes foram normalizadas usando o procedimento de normalização tipo 1 de Almeida et al. (2015), onde as menores consequências recebem valor zero e as maiores valor um. Constantes de escala também foram calculadas, usando de duas regras: valores iguais e valores diferentes para os critérios, sendo estes decrescentes em mesma proporção, somando valor 1 e apresentados da esquerda para direita nas matrizes e nos gráficos.

Com as matrizes de decisão construídas o Modelo Aditivo (Keeney and Raiffa 1976) foi aplicado para indicar a melhor alternativa para cada um dos problemas. Este modelo realizou o cálculo dos scores globais, para cada um das alternativa, e indicou como a mais preferível aquela com maior score. O procedimento de normalização e o modelo multicritério utilizado foram escolhidos para manutenção racionalidade compensatória, também presente no FITradeoff.

Por fim, com os scores calculados, uma diferença de 5% foi dada a cada um destes valores e os gráficos foram gerados. Esta diferença foi usada para fins de estudo, buscando uma melhor representação das alternativas nos gráficos. Sendo assim, cinco formas distintas de visualização gráfica foram originadas, sendo elas: gráfico de barras (G), gráfico radar (GRadar), gráfico de bolhas (GBolhas), tabelas (T) e forma mista - gráfico de barras e tabela (GT), conforme apresentado na tabela 3.1.

Um total de dezoito gráficos de barras foram construídos, sendo nove com pesos iguais (GS) e nove com pesos diferentes (GD). Para o gráfico radar e o gráfico de bolhas, apenas um gráfico, usando pesos iguais, foi construído para cada um deles, sendo: GRadar4A5C e GBolhas4A5C. Para as tabelas e formas mistas, dois gráficos, também com pesos iguais, foram construídos, sendo: T3A5C, T4A5C, GT3A5C e GT4A5C. Acrônimos foram usados para indicar o tipo do gráfico, o número de alternativas e o número de critério. Como exemplo, GS4A5C foi usado para indicar o gráfico de barras com pesos iguais quatro alternativas e cinco critérios e GD4A5C o gráfico de barras com pesos diferentes quatro alternativas e cinco critérios. Para os demais gráficos os acrônimos já foram apresentados. As figuras 3.3 a 3.5 ilustram algumas das formas de visualização construídas no experimento.

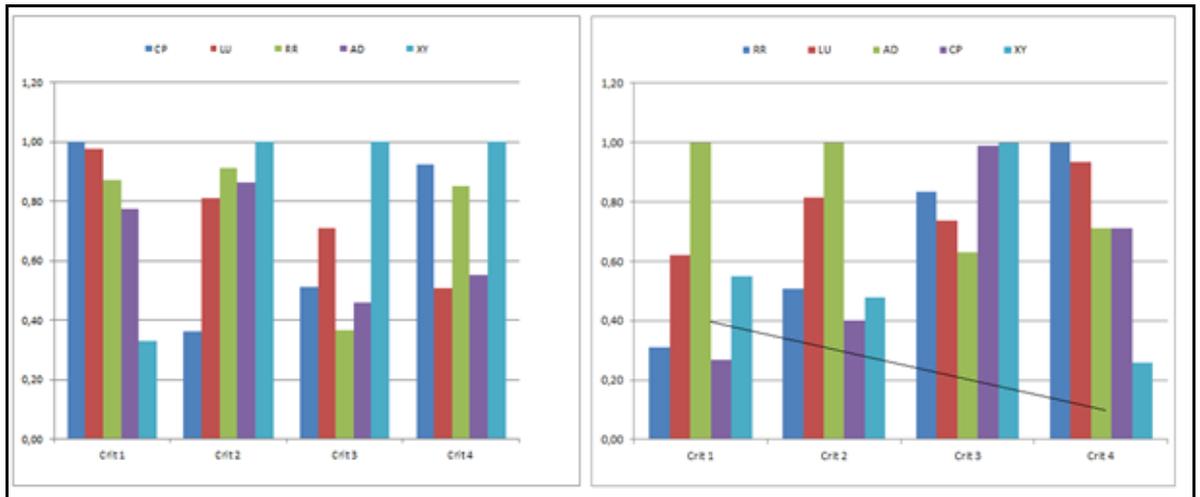


Figura 3.3 – Gráficos GS4A5C e GD4A5C presentes no experimento (Esta pesquisa 2017)

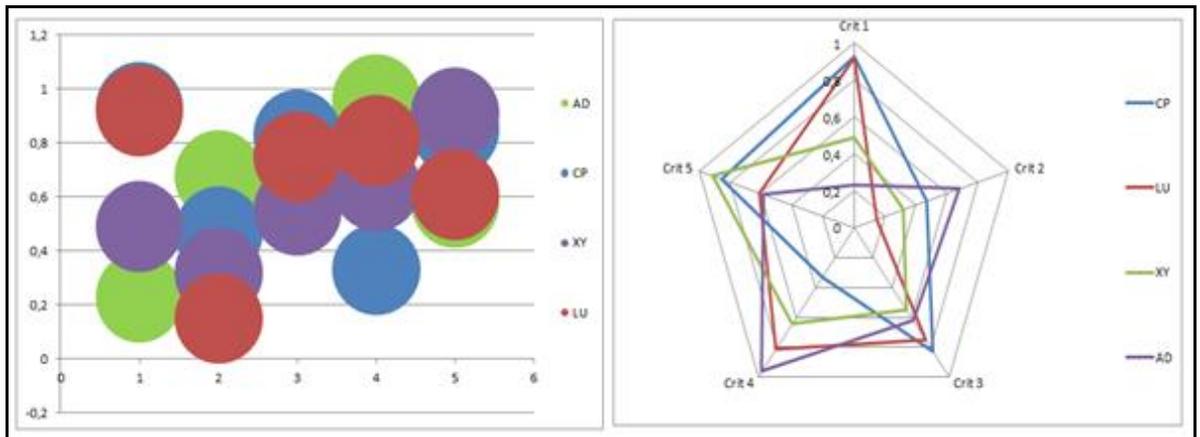


Figura 3.4 – Gráficos GBolhas4A5C e GRadar4A5C (Esta pesquisa 2017)

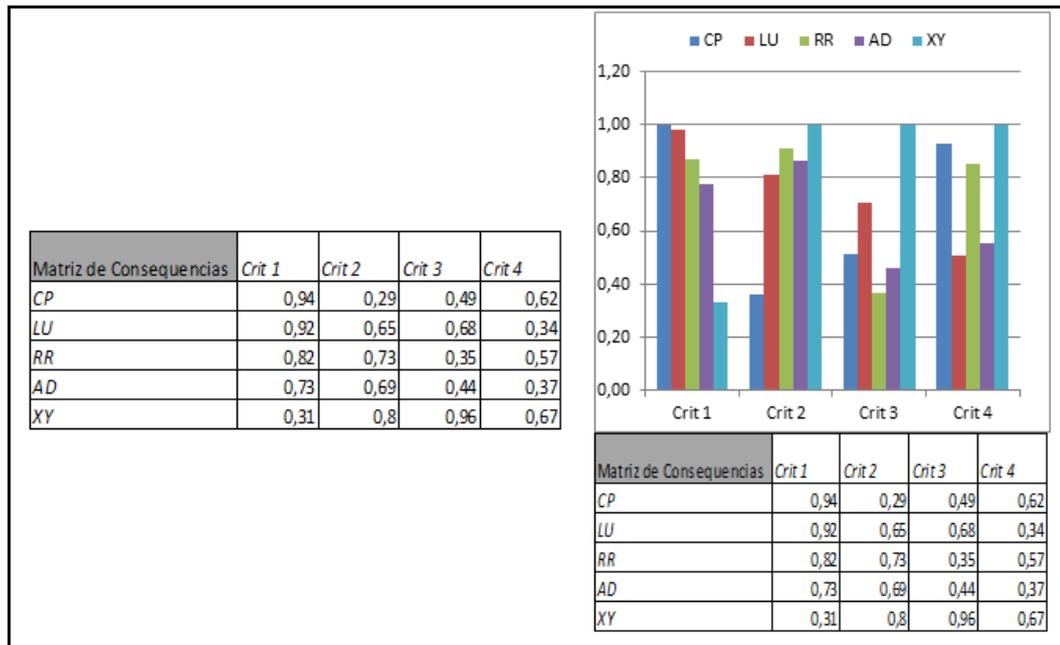
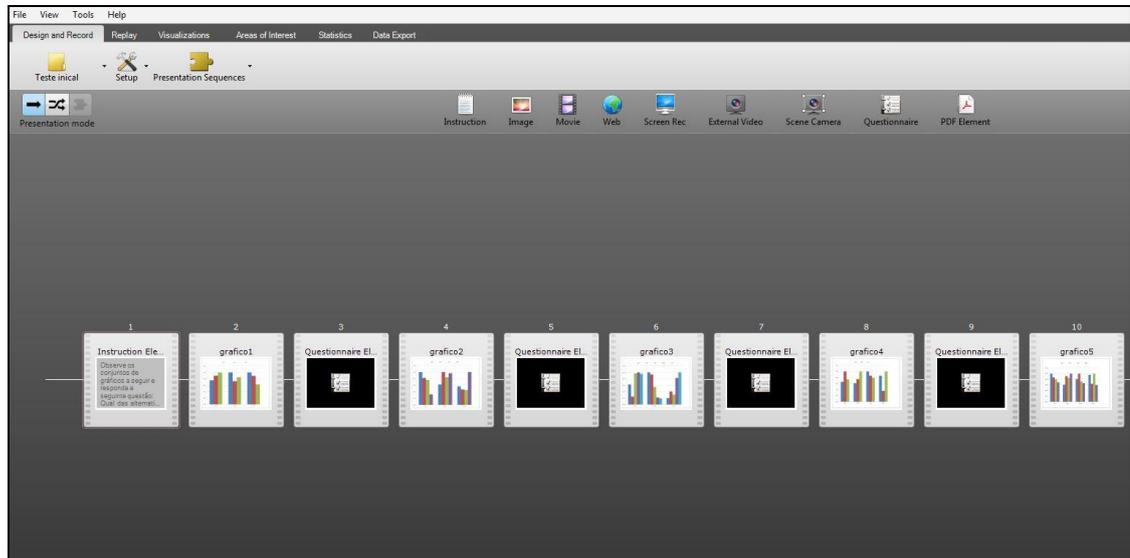


Figura 3.5 – Gráficos T4A5C e GT4A5C (Esta pesquisa 2017)

Depois de desenvolvidas, as formas de visualização foram misturadas e aglomeradas em três sequências distintas. A primeira delas, chamada de S1, teve como característica principal o crescimento do grau de dificuldade com relação ao número de itens apresentado por gráfico. Esta sequência foi construída com os nove gráficos de barras todos com pesos iguais seguidos pelos nove gráficos de barras com pesos diferentes, partindo da combinação mais simples (3x3) para a mais complexa (5x5) para os dois grupos. A segunda delas, chamada de S2, teve como característica o decréscimo do grau de dificuldade, sendo construída de maneira oposta a S1. Sendo assim, esta partiu da combinação mais complexa (5x5) para a mais simples (3x3) apresentando primeiramente os gráficos de barras com pesos diferentes e depois os gráficos de barras de pesos iguais. A terceira e última sequência, chamada de S3, apresentou total aleatoriedade para os gráficos de barras. Por fim, as seis formas de visualização restantes foram mantidas na metade de cada uma das sequências para todas elas.

Para realização do experimento, o equipamento de neurociência *eye-tracking* X 120, fornecido pela *Tobii Studio*, foi utilizado. O equipamento realiza a mensuração do movimento dos olhos dos participantes através da emissão de raios infravermelhos e reflexão destes pela córnea. Além da mensuração, o equipamento vem conjugado com um software que permite não só a construção dos experimentos, mas também a coleta de diversas variáveis e parâmetros estatísticos. Dessa forma, elementos como: imagens, textos, questionários, páginas

da web, vídeos, entre outros, podem ser adicionados à linha do tempo do experimento que se deseja construir e analisar, conforme é apresentado na figura 3.6.



*Figura 3.6 – Ambiente do eye tracing (Esta pesquisa 2017).*

O equipamento utilizado apresenta grande precisão para mensuração dos movimentos dos olhos e pouca flexibilidade para outros deslocamentos corporais. Dessa forma para a geração de resultados de melhor qualidade este precisa ser mantido fixo em um local e após a calibração dos olhos movimentos bruscos devem ser evitados pelos participantes. Para o experimento realizado, o equipamento foi acoplado a um computador HP de resolução 1920 x 1080 pixels e os participantes ficaram em torno de 60 cm de distância do monitor. As figuras 3.7 e 3.8 apresentam o processo de calibração e a configuração de posicionamento do *eye-tracking*/monitor usado na pesquisa.

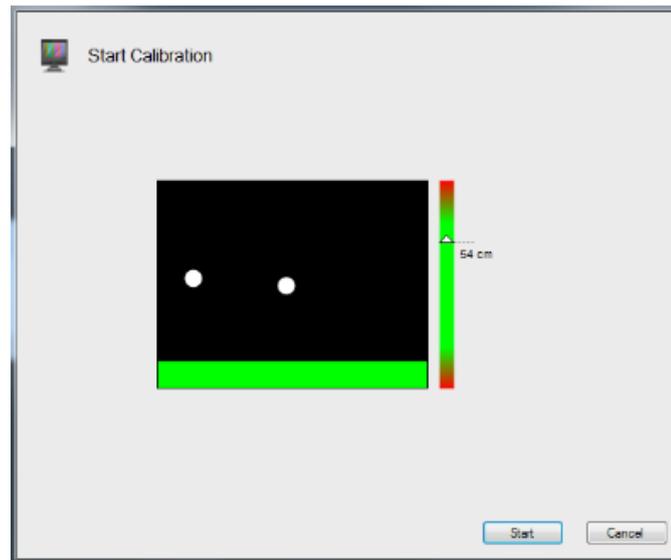


Figura 3.7 – Processo de calibração dos olhos pelo eye-tracking (Manual Eye-Tracking Tobii Studio 2016).

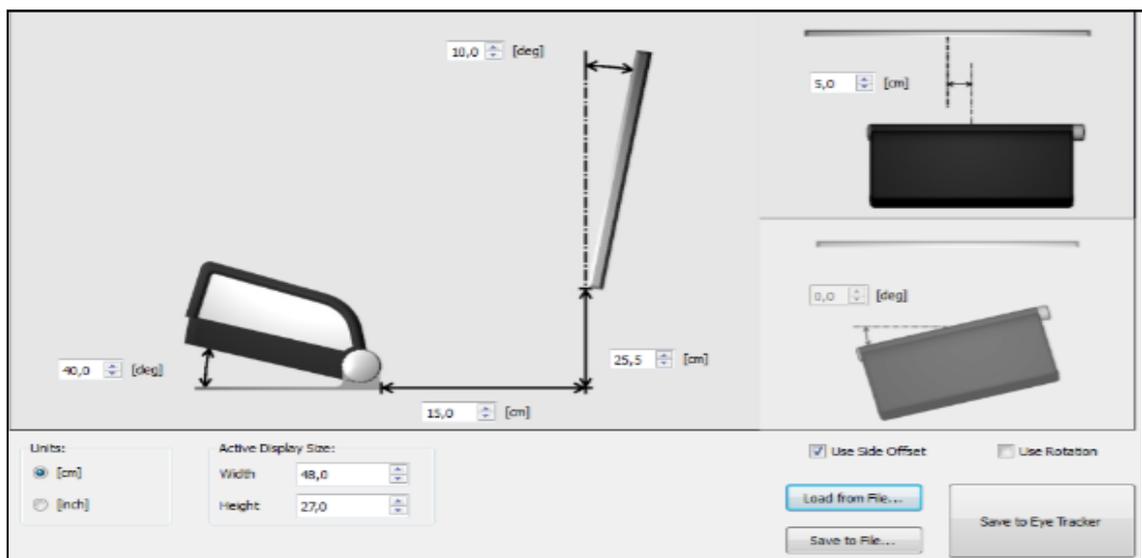


Figura 3.8 – Configuração posicionamento eye-tracking – monitor (Esta pesquisa 2017).

Sendo assim, após definição dos gráficos nas sequências, adição das imagens referentes a cada um deles na linha do tempo e posicionamento do equipamento e monitor na sala de experimento, foi necessária a definição das áreas de interesse (AOI).

As AOI's são regiões que precisam ser desenhadas em cada uma das imagens utilizadas nos experimentos para que as variáveis referentes aos movimentos dos olhos, como fixações e sacadas, sejam coletadas.

Neste contexto, as AOI's podem ser desenhadas de várias formas e tamanhos, dependendo do grau de precisão que a pesquisa requer. Sendo assim, se o experimento requer coletar variáveis em um local específico, estas precisam ser desenhadas precisamente neste local e conseqüentemente terão menores tamanhos. Já se o experimento requer coletar todas as variáveis capturadas em uma dada região, estas devem ser desenhadas do tamanho da região e conseqüentemente terão maiores tamanhos.

Para o experimento construído, as AOI's foram desenhadas nas regiões correspondentes a cada um dos critérios apresentando grande extensão. Estas foram demarcadas de tal forma para coletar de todas as variáveis, referentes aos movimentos dos olhos, que indicassem que o participante estava avaliando o desempenho das alternativas em um dado critério, conforme apresentado na figura 3.9.

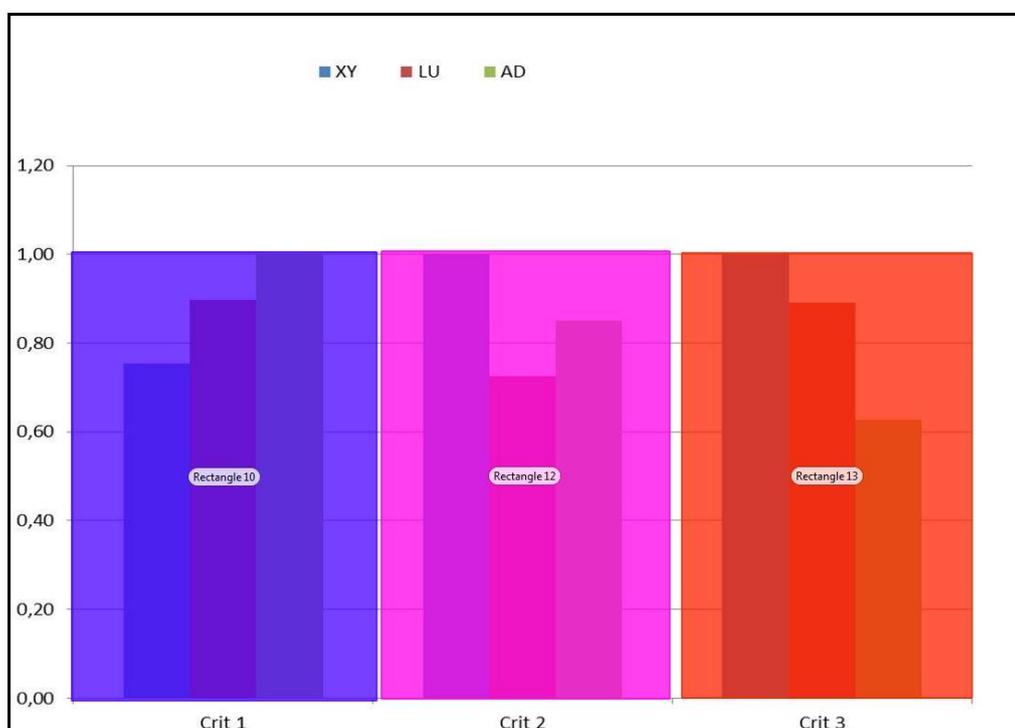


Figura 3.9 – AOI para o gráfico de barras GS3A3C (Esta pesquisa 2017).

Com base na coleta das variáveis referentes aos movimentos dos olhos, o software também fornece três formas de representação destas variáveis, sendo elas: *heat map*, mapa que identifica os pontos mais visualizados em cada uma das imagens com base em uma escala de cor, *gaze plot*, mapa que apresenta o caminho percorrido pelos olhos em cada uma das imagens e *cluster*, mapa que apresenta a região mais visualizada em cada uma das imagens. Estas formas de representação são apresentadas abaixo nas figuras 3.10, 3.11 e 3.12.



Figura 3.10 –Heat Map (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016).



Figura 3.11 –Gaze Plot (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016).



Figura 3.12 – Cluster (Manual Eye-Tracking Tobbi Studio 2016).

Dois tipos de questionários também foram desenvolvidos e criados no ambiente do equipamento. O primeiro deles foi composto por perguntas simples e pessoais, sendo aplicado após a calibração dos olhos e antes da inicialização das análises gráficas para cada um dos participantes. E o segundo foi construído para cada uma das vinte e quatro formas de visualização e apresentado após cada uma delas, tendo o objetivo de recolher a decisão sobre qual era a melhor alternativa no gráfico avaliado para cada participante. Os questionários são apresentados nas figuras 3.13 e 3.14.

Create New Participant
Use Existing Participant

Provide information below to create a new participant. The participant will be calibrated before the recording starts.

Name

Participant Data

Sexo	F
Grau de Escolaridade	BSc
Faixa Etária	18-20
Conhecimento sobre Métodos de Apoio à Decisão	Palestras, leituras e sim

Figura 3.13 – Primeiro questionário – perguntas pessoais (Esta pesquisa 2017).

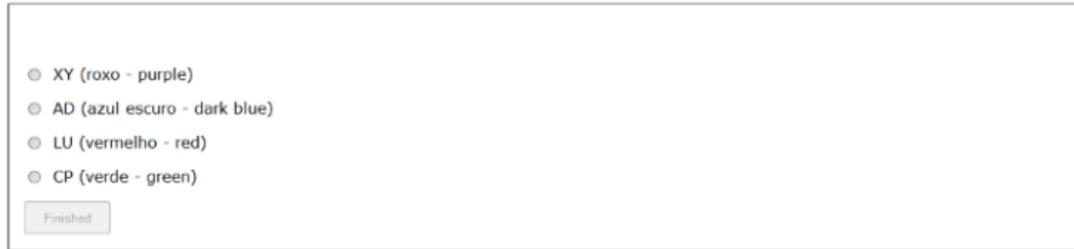


Figura 3.14 – Segundo questionário – melhor alternativa (Esta pesquisa 2017).

Por fim, diversas variáveis também podem ser encontradas no ambiente do equipamento. Estas variáveis são coletadas em dois locais diferentes na tela principal do equipamento, aba de análise estatística e aba de exportação de variáveis. Na aba de análise estatística, tem-se a consideração de métricas sobre os movimentos dos olhos em relação a cada uma das AOI, sendo alguns exemplos: tempo de primeira fixação, duração das fixações, contagem de visitas, entre outras. Já na aba exportação das variáveis, têm-se diversas métricas geradas a partir das ações realizadas durante o experimento, tais como: número de clicks no mouse ou teclado, respostas dos questionários, diâmetros das pupilas para cada elemento apresentado, duração da gravação, entre outros.

Para o experimento aplicado, com relação à primeira aba, foram consideradas as métricas de duração das fixações e duração das visitas com a busca pela contagem (N) e soma (Sum) para o caso de AOI *per media* e AOI *media summary*, conforme apresentado na figura 3.15.

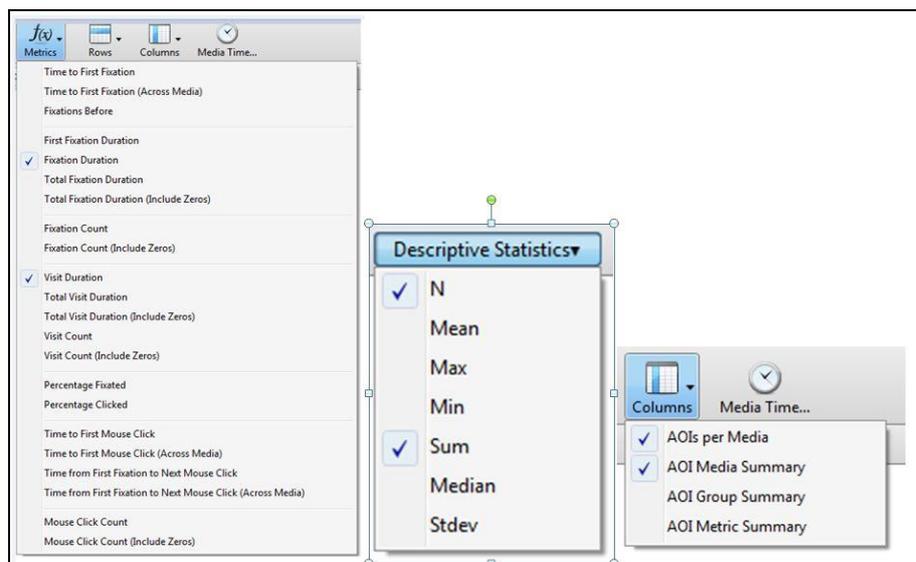


Figura 3.15 – Análise Estatística (Esta pesquisa 2017).

Por fixações entende-se como a parada dos olhos sobre um ponto, conta-se então uma fixação. Por visita entende-se como o movimento de retorno do olhar para um ponto já olhado anteriormente, conta-se então uma visita. Sendo assim, para as métricas duração das fixações e duração das visitas com a coleta de N e *Sum* calculada para o caso AOI *per media*, tem-se a contagem do número e soma dos tempos de todas as fixações e todas as visitas que ocorreram em cada AOI de forma individual. E para as métricas duração das fixações e duração das visitas com a coleta de N e *Sum* calculada para o caso AOI *media summary*, tem-se a contagem do número e soma dos tempos de todas as fixações e todas as visitas que ocorreram na união das AOI's, ou seja, para a forma de visualização como um topo.

Com relação à segunda aba, algumas variáveis, dentre a gama possível, foram coletadas sendo elas: nome do participante, tempo de duração da gravação, respostas de cada um dos participantes aos questionários e diâmetro da pupila do olho esquerdo. O software permitiu a exportação de todas as variáveis coletadas para o Excel. Com exceção da variável HR, explicada mais detalhadamente no próximo item, todas as variáveis usadas nas análises do experimento foram coletadas usando o *eye-tracking*. A tabela 3.1 apresenta todas as variáveis coletadas e utilizadas nas análises apresentadas no próximo subitem.

*Tabela 3.1 – Variáveis Coletadas.*

Variável	Descrição	Unidade	Origem
TMTFi	Tempo médio total de fixação em cada AOI.	Milissegundos	Equipamento.
QMTFi	Quantidade média total de fixações em cada AOI.	Sem unidade	Equipamento.
TMTVi	Tempo médio total de visitas em cada AOI.	Milissegundos	Equipamento.
QMTVi	Quantidade média total de visitas em cada AOI.	Sem unidade	Equipamento.
TMTF	Tempo médio total de fixação para o gráfico.	Milímetros	Equipamento.
QMTF	Quantidade média total de fixações para o gráfico	Sem unidade	Equipamento.
TMTV	Tempo médio total de visitas para o gráfico.	Milissegundos	Equipamento.
QMTV	Quantidade média total de visitas para o gráfico.	Sem unidade	Equipamento.
DPE	Diâmetro Pupila Esquerda.	Milímetros	Equipamento.
TD	Tempo de duração do experimento.	Minutos	Equipamento.
HR	Proporção de Acertos por Gráfico.	Sem unidade	Construída

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Com relação a amostra utilizada no experimento, esta foi composta por cinquenta e quatro estudantes e docentes de engenharia de produção. Após todas as gravações serem realizadas apenas trinta e seis vídeos conseguiram ser aproveitados devido à baixa qualidade de captura dos movimentos que algumas gravações tiveram.

A escolha da sequência que cada um dos participantes deveria analisar foi feita de acordo com a conveniência do pesquisador e disponibilidade de horários dos participantes. Ajustes foram necessários para manter as três sequências com os mesmos números de gravações. Todos os participantes foram identificados por números e letras em cada uma das sequências e as discontinuidades na nomenclatura ocorreram pelas desconsiderações de algumas gravações, conforme apresentado na tabela 3.2.

Para conclusão do item, todos os encontros foram agendados previamente e ocorreram no 5º andar do bloco administrativo do CTG, dentro do laboratório NSID (*NeuroScience for Information and Decision*). Antes do experimento ser iniciado, instruções prévias foram fornecidas de maneira idêntica a todos os envolvidos e estes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) previsto pelo Comitê de Ética. Antes que a coleta de dados fosse iniciada, foi necessária aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco. Não houve tempo limite para realização do experimento. A figura 3.16 apresenta a foto de um participante realizando o experimento, a foto foi autorizada pelo mesmo.

*Tabela 3.2 – Amostra para cada sequência*

S1	S2	S3
1A	1B	1C
2A	2B	2C
3A	3A	4C
4A	4B	6C
7A	6B	7C
8A	7B	8C
9A	8B	10C
10A	10B	13C
11A	11B	16C
12A	13B	17C
13A	15B	18C
15A	16B	19C

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*



*Figura 3.16 – Experimento elaborado (Esta pesquisa 2017).*

### 3.3 SUMÁRIO DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO

Neste item uma tabela de síntese dos resultados exploratórios do experimento é apresentada. Esta tabela tem como objetivo guiar o item seguinte a partir da apresentação das principais características de todas as análises realizadas e resultados encontrados, sendo então composta por: assunto, variáveis envolvidas, questão de pesquisa, teste estatístico utilizado ou análise descritiva, resultado encontrado, possíveis aplicações e observações.

Tabela 3.3 – Sumário de Resultados

Assunto – Todas as Formas de Visualização	Variáveis	Questão	Teste Estatístico /Descritivo	Resultado	Aplicação	Observações
Correlação	TMTF QMTF TMTV QMTV HR	Existe correlação entre as variáveis em cada uma das sequências?  TMTF e TMTV  QMTF e QMTV  TMTF e QMTF  TMTV e QMTV  HR e TMTF/TMTV/QMTF/QMTV	Correlação de Spearman	Forte correlação para as variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos. Sem correlação para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos e taxa de acertos.	Ajudar a escolher os testes estatísticos para serem usados	
Taxa de Acertos por Gráficos e sua variação por sequência.	HR	A variável taxa de acertos (HR) varia dependendo da posição que o mesmo gráfico de barras aparece nas sequências S1, S2 e S3?	Teste da Igualdade de Proporções para $\alpha=5\%$ .	Para a grande maioria dos gráficos não houve mudança na taxa de acertos.	Permite analisar nos outros testes os gráficos de forma integrada, independentemente da sequencia.	Os únicos gráficos que tiveram mudanças foram: GD3A3C em S3 e GS4A5C em S2.
Taxa de Acertos por	HR	Qual o nível de confiança para os gráficos de barras semelhantes?	Análise descritiva.	O valor a ser adotado como referência para HR.	Nível de confiança dos Gráficos.	S3 e gráficos com pesos diferentes usados como

Gráficos.					Recomendações para o analista.	referência.
Correlação Média Pupila e Acertos por gráficos.	Acertos DPE	Existe correlação entre a quantidade de acertos totais e o diâmetro da pupila esquerda, por gráfico em cada sequência?	Correlação de Spearman	Não existe correlação	Informações sobre o experimento.	
Análise Diâmetro da Pupila por Participante.	DPE	Como varia o DPE quando são avaliados gráficos com	Análise Descritiva	Maiores valores quando avaliados gráficos com pesos iguais.		Exceto para o participante 10A em S1.
Análise Descritiva para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.	TMTF QMTF TMTV QMTV	Como variam as variáveis referentes aos movimentos dos olhos quando gráficos com pesos iguais x gráficos com pesos diferentes são analisados, por sequência?	Análise Descritiva	Para S1 e S3 maiores valores para gráficos com pesos iguais e para S2 para gráficos com pesos diferentes.	Informações sobre o experimento – três sequencias.	Possível efeito de aprendizagem e cansaço.
Análise Estatística para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.	TMTF QMTF TMTV QMTV	As medianas das variáveis variam dependendo da posição que o conjunto de gráficos de mesma tipologia encontra-se em S1, S2 e S3?	Aplicado o teste de Kruskal-Wallis para $\alpha=5\%$ .	Não varia para gráficos com pesos iguais e varia para gráficos com pesos diferentes.	Informações sobre o experimento – três sequencias.	ANOVA foi feita para investigar gráficos de pesos diferentes, usando agora o valor real de cada participante ao invés da mediana.

ANOVA para Gráficos de Pesos Diferentes.	TMTF QMTF TMTV QMTV	As médias das variáveis referentes aos movimentos dos olhos variam dependendo da posição que gráficos de pesos diferentes encontram-se em S1, S2 e S3?	ANOVA de um fator.	Não foi observado um padrão, em todos os gráficos algumas variáveis rejeitam e outras não rejeitam Ho.	Informações sobre o experimento – três sequencias.	
Análise das AOI para Gráficos de Barras	TMTFi	Quais das regiões são mais visualizadas em cada tipo de gráfico?	Análise Descritiva	De maneira geral, a região central é a mais observada.	Design do experimento	
Análise Nível de Confiança Formas de Visualização tipo Outros	HR	Qual o nível de confiança mínimo para as formas de visualização semelhantes: GS4A5C GRadar4A5C e GBolhas4A5C, T4A5C e GT4A5C / GS3A5C T3A5C e GT3A5C	Análise Descritiva	O valor a ser adotado como referência para HR.	Nível de confiança dos Gráficos. Recomendações ao analista.	Valores de S3 considerados como referência.
Análise Descritiva para as variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.	TMTF QMTF TMTV QMTV	Como se comportam as variáveis para as comparações: GS4A5C GRadar4A5C, GBolhas4A5C, T4A5C e GT4A5C / GS3A5C T3A5C e GT3A5C?	Análise descritiva	A maioria das variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos são maiores para a forma mista (GT4A5C e GT3A5C).	Informações sobre o experimento e para o Analista	

Análise Estatística para as variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.	TMTF QMTF TMTV QMTV	As medianas das variáveis variam para os gráficos semelhantes: GS4A5C e GRadar4A5C/ GS4A5C e GBolhas4A5C/ GS4A5C e T4A5C/GS4A5C e GT4A5C/ GS3A5C e T3A5C/ GS3A5C e GT3A5C?	Aplicado o teste de Wilcoxon para $\alpha=5\%$ .	Para todas as comparações as medianas não variaram.	Informações para o analista	
Análise por Participantes	TD	<p>O grau de conhecimento sobre multicritério influencia taxa média de acertos do participante?</p> <p>Grau de escolaridade influencia taxa média de acertos do participante?</p> <p>Há alguma relação entre a taxa média de acertos com o sexo e a idade?</p> <p>O tempo de duração do experimento tem relação o a taxa média de acertos do mesmo?</p>	Análise Descritiva	<p>Grau de conhecimento sobre multicritério: Não</p> <p>Grau de escolaridade: Não</p> <p>Sexo: Não</p> <p>Idade: maiores acertos para idades menores.</p> <p>Tempo de Duração: maiores acertos para maiores tempos.</p>	Informações sobre a amostra.	

Fonte: Esta pesquisa (2017).

### 3.4 RESULTADOS DETALHADOS DO EXPERIMENTO

Neste item são apresentados os resultados exploratórios apresentados na tabela anterior com todas as informações detalhadas sobre eles, tais como: questões de pesquisa, hipóteses formuladas, nível de confiança e valores críticos, amostras, testes estatísticos usados ou análises descritivas, resultados encontrados e possíveis conclusões. O estudo detalhado sobre as conclusões destes resultados será apresentado no próximo item, discussão dos resultados.

#### 3.4.1 Análise Correlação todos os Gráficos.

A primeira análise de resultados realizada buscou avaliar a relação entre as variáveis referentes aos movimentos dos olhos, TMTF, QMTF, TMTV e QMTV e a taxa de acerto HR. Dessa forma a seguinte questão de pesquisa foi elaborada: Existe correlação entre estas variáveis em cada uma das sequências?

Nesta perspectiva, para o desenvolvimento da análise, uma simplificação precisou ser realizada nos valores originais das variáveis referentes aos movimentos dos olhos. Os valores originais foram extraídos em cada uma das gravações, ou seja, para cada participante, existindo assim doze valores correspondentes as variáveis TMTF, QMTF, TMTV e QMTV para cada gráfico. Neste contexto para encontrar um valor final para cada gráfico, a mediana destes valores originais foi calculada, gerando assim um valor final para as quatro variáveis em cada gráfico. Como forma de esclarecimento sobre o cálculo das medianas, a simplificação feita para GS3A3C em S3 é apresentada abaixo na tabela 3.4.

*Tabela 3.4 –Medianas das variáveis TMTF, QMTF, TMTV e QMTV para GS3A3C em S3*

Participantes	TMTF	QMTF	TMTV	QMTV
1C	17,84	95	19,77	33
2C	7,5	37	7,98	22
4C	3,33	16	3,58	8
6C	26,63	77	27,32	35
7C	18,94	83	19,61	36
8C	22,53	74	22,85	32
10C	10,18	44	10,18	29
13C	39,48	100	39,88	54
16C	11,61	83	12,35	30
17C	17,71	89	17,84	59
18C	31,92	116	33,18	49
19C	17	68	17	38
<b>Mediana</b>	<b>18</b>	<b>80</b>	<b>19</b>	<b>34</b>

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Com relação aos valores de HR estes foram encontrados a partir da razão entre o número de respostas corretas e o número total de respostas (igual a doze) para cada gráfico. O número de respostas corretas foi encontrado a partir da comparação, desenvolvida pelo pesquisador, entre as respostas fornecidas nos questionários sobre qual era a melhor alternativa e a resposta original (verdadeira) para cada gráfico.

A resposta verdadeira já era de conhecimento do pesquisador antes do início das gravações, esta foi encontrada pelo Modelo Aditivo durante o processo de construção do experimento, conforme já discutido no item desenho do experimento.

Como forma de esclarecimento sobre o cálculo do HR a demonstração para GS3A3C em S1 é apresentada na tabela 3.5. Na tabela 3.6 têm-se todos HR, estes são apresentados seguindo a ordem que as formas de visualização estão posicionadas na linha do tempo, ou seja, aparecem para os participantes durante a realização do experimento.

*Tabela 3.5 – HR para GS3A3C em S1*

<b>Resposta Correta</b>	<b>XY (azul escuro - dark blue)</b>
1A	XY (azul escuro - dark blue)
2A	XY (azul escuro - dark blue)
3A	XY (azul escuro - dark blue)
4A	AD (verde - green)
7A	XY (azul escuro - dark blue)
8A	XY (azul escuro - dark blue)
9A	XY (azul escuro - dark blue)
10A	XY (azul escuro - dark blue)
11A	XY (azul escuro - dark blue)
12A	XY (azul escuro - dark blue)
13A	LU (vermelho - red)
15A	XY (azul escuro - dark blue)
<b>Soma</b>	<b>10</b>
<b>HR</b>	<b>83%</b>

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Tabela 3.6 – HR para todos os gráficos em todas as sequências

S1	HR	S2	HR	S3	HR
GS3A3C	83%	GD5A5C	42%	GS3A4C	92%
GS4A3C	25%	GD4A5C	58%	GD4A5C	67%
GS5A3C	58%	GD3A5C	25%	GS3A5C	33%
GS3A4C	92%	GD5A4C	75%	GD5A4C	75%
GS4A4C	50%	GD4A4C	8%	GS4A4C	75%
GS5A4C	75%	GD3A4C	25%	GD4A3C	50%
GS3A5C	17%	GD5A3C	25%	GD3A4C	8%
GS4A5C	50%	GD4A3C	67%	GD5A3C	33%
GS5A5C	75%	GD3A3C	33%	GD3A5C	33%
GRadar4A5C	75%	GRadar4A5C	100%	GRadar4A5C	92%
GBolhas4A5C	42%	GBolhas4A5C	58%	GBolhas4A5C	50%
T3A5C	25%	T3A5C	17%	T3A5C	33%
T4A5C	83%	T4A5C	92%	T4A5C	75%
GT3A5C	25%	GT3A5C	8%	GT3A5C	8%
GT4A5C	50%	GT4A5C	75%	GT4A5C	75%
GD3A3C	42%	GS5A5C	58%	GS5A4C	67%
GD4A3C	58%	GS4A5C	75%	GD5A5C	58%
GD5A3C	17%	GS3A5C	8%	GS3A3C	100%
GD3A4C	25%	GS5A4C	75%	GS4A3C	50%
GD4A4C	8%	GS4A4C	67%	GS5A5C	92%
GD5A4C	83%	GS3A4C	100%	GD3A3C	75%
GD3A5C	17%	GS5A3C	58%	GD4A4C	17%
GD4A5C	42%	GS4A3C	33%	GS4A5C	92%
GD5A5C	42%	GS3A3C	100%	GS5A3C	75%

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Sendo assim, com base na combinação das vinte e quatro medianas, para cada variável TMTF, QMTF, TMTV e QMTV, e dos vinte e quatro HR, oito análises foram realizadas. O teste não paramétrico, Correlação de Spearman, foi aplicado para cada uma das análises em cada sequência. Os resultados das correlações são apresentados na tabela 3.7.

*Tabela 3.7 – Correlação de Spearman para as variáveis relacionadas ao movimentos dos olhos e taxa de acerto*

<b>Variáveis</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
Mediana TMTF x Mediana TMTV	0,99	0,98	0,99
Mediana QMTF x Mediana QMTV	0,75	0,72	0,67
Mediana TMTF x Mediana QMTF	0,93	0,89	0,88
Mediana TMTV x Mediana QMTV	0,68	0,8	0,78
Mediana TMTF x HR	-0,13	-0,29	0,05
Mediana QMTF x HR	-0,13	-0,42	-0,12
Mediana TMTV x HR	-0,14	-0,29	0,04
Mediana QMTV x HR	-0,06	-0,23	0,009

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Dessa forma, pode-se observar a existência de correlação entre as medianas das variáveis relacionadas ao movimento dos olhos e a não existência de correlação entre as medianas destas variáveis e a taxa de acerto.

### **3.4.2 Análise Gráficos de Barras**

Devido ao uso predominantemente de gráficos de barras dentro do experimento, dezoito gráficos em um total de vinte e quatro, algumas análises específicas para tais gráficos foram desenvolvidas e são apresentadas a seguir.

#### **3.4.2.1 Taxa de Acerto dos Gráficos, variação entre as sequências.**

Conforme apresentado acima, os HR foram calculados para cada um dos gráficos em cada uma das sequências. Neste contexto, objetivando investigar se os HR variavam de maneira significativa quando um mesmo gráfico era avaliado em uma sequência ou em outra, esta análise foi construída.

Em outras palavras, foi desejado avaliar se a taxa de acerto para cada gráfico variou de forma significativa quando se mudou de uma sequência para outra, sendo a questão de pesquisa elaborada: A variável taxa de acerto (HR) varia dependendo da posição que o mesmo gráfico de barras aparece nas sequências S1, S2 e S3?

Para responder a esta questão, a normalidade para a variável HR foi assumida e o teste estatístico da proporção foi utilizado efetuando a comparação dois a dois entre os valores de HR para os gráficos em cada sequência. Com 95% de confiança e valor crítico z igual a +1,96/-1,96 a análise foi desenvolvida e é apresentada nas tabelas 3.8 e 3.9.

As hipóteses formuladas foram:

Ho: As proporções são iguais – não há diferenças na taxa de acerto para as sequencias.

H1: As proporções diferem.

*Tabela 3.8 – Teste Proporção para Gráficos com Pesos Iguais*

Gráficos com Pesos Iguais									
	GS3A3C	GS4A3C	GS5A3C	GS3A4C	GS4A4C	GS5A4C	GS3A5C	GS4A5C	GS5A5C
S1	0,83	0,25	0,58	0,92	0,50	0,75	0,17	0,50	0,75
S2	1,00	0,33	0,58	1,00	0,67	0,75	0,08	0,75	0,58
S3	1,00	0,50	0,75	0,92	0,75	0,67	0,33	0,92	0,92
Valor Z calculado									
S1 com S2	-1,48	-0,45	0,00	-1,02	-0,83	0,00	0,62	-1,26	0,87
S1 com S3	-1,48	-1,26	-0,87	0,00	-1,26	0,45	-0,94	-2,24	-1,09
S2 com S3	0,00	-0,83	-0,87	1,02	-0,45	0,45	-1,51	-1,09	-1,88

Fonte: Esta pesquisa (2017)

*Tabela 3.9 – Teste da Proporção para Gráficos de Pesos Diferentes*

Gráficos com Pesos Diferentes									
	GD3A3C	GD4A3C	GD5A3C	GD3A4C	GD4A4C	GD5A4C	GD3A5C	GD4A5C	GD5A5C
S1	0,42	0,58	0,17	0,25	0,08	0,83	0,17	0,42	0,42
S2	0,33	0,67	0,25	0,25	0,08	0,75	0,25	0,58	0,42
S3	0,75	0,50	0,33	0,08	0,17	0,75	0,33	0,67	0,58
Teste Z calculado									
S1 com S2	0,42	-0,42	-0,50	0,00	0,00	0,50	-0,50	-0,82	0,00
S1 com S3	-1,65	0,41	-0,94	1,09	-0,62	0,50	-0,94	-1,23	-0,82
S2 com S3	-2,05	0,83	-0,45	1,09	-0,62	0,00	-0,45	-0,42	-0,82

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Com base nos resultados apresentados acima é possível observar que os únicos gráficos que tiveram valores abaixo de z crítico foram GS4A5C na avaliação S1 com S3 e GD3A3C em S2 com S3.

#### 3.4.2.2 Nível de Confiança dos Gráficos.

Em conjunto com a análise estatística anterior, uma análise descritiva foi realizada buscando indicar um nível de confiança mínimo para os gráficos com mesmo número de itens, alternativas vs. critérios, objetivando apoiar o analista em suas recomendações com relação ao uso ou não de gráficos de barras nos problemas de decisão multicritério enfrentados.

Para a realização desta análise, além da avaliação dos HR, um intervalo de qualidade foi construído usando níveis de aceitação com base em percentuais, estabelecidos pelo pesquisador, sobre a quantidade de respostas erradas em cada gráfico, conforme apresentado nas tabelas 3.10 e 3.11.

*Tabela 3.10 – Níveis estabelecidos para montar a classificação com base no número de respostas erradas*

Proporção	Número Máximo de Erros	Classificação
p1 <= 0,2	2,4	MB - Muito Bom
p2 <= 0,3	3,6	B - Bom
p3 <= 0,5	6	R - Regular
p4 <= 0,6	7,2	D - Deficiente

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

*Tabela 3.11 – Classificação para os gráficos nas três sequências*

S1	Erros	Classificação	S2	Erros	Classificação	S3	Erros	Classificação
GS3A3C	2	MB	GD5A5C	7	D	GS3A4C	1	MB
GS4A3C	9	D	GD4A5C	5	R	GD4A5C	4	R
GS5A3C	5	R	GD3A5C	9	D	GS3A5C	8	D
GS3A4C	1	MB	GD5A4C	3	B	GD5A4C	3	B
GS4A4C	6	R	GD4A4C	11	D	GS4A4C	3	B
GS5A4C	3	B	GD3A4C	9	D	GD4A3C	6	R
GS3A5C	10	D	GD5A3C	9	D	GD3A4C	11	D
GS4A5C	6	R	GD4A3C	4	R	GD5A3C	8	D
GS5A5C	3	B	GD3A3C	8	D	GD3A5C	8	D
GD3A3C	7	D	GS5A5C	5	R	GS5A4C	4	R
GD4A3C	5	R	GS4A5C	3	B	GD5A5C	5	R
GD5A3C	10	D	GS3A5C	11	D	GS3A3C	0	MB
GD3A4C	9	D	GS5A4C	3	B	GS4A3C	6	R
GD4A4C	11	D	GS4A4C	4	R	GS5A5C	1	MB
GD5A4C	2	MB	GS3A4C	0	MB	GD3A3C	3	B
GD3A5C	10	D	GS5A3C	5	R	GD4A4C	10	D
GD4A5C	7	D	GS4A3C	8	D	GS4A5C	1	MB
GD5A5C	7	D	GS3A3C	0	MB	GS5A3C	3	B

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Sendo assim, a partir da reunião dos HR apresentados no subitem anterior e da classificação para cada um dos gráficos, o nível de confiança mínimo foi estimado para cada gráfico e é apresentado na tabela 3.12. Tal nível foi estimado pelo pesquisador baseando-se principalmente nos resultados de HR para gráficos com pesos diferentes em S3. Estas duas categorias, gráficos com pesos diferentes e S3, foram escolhidas devido a menor quantidade de acertos para pesos diferentes, pela maior complexidade, e a maior quantidade de acertos

para S3, pela aleatoriedade da sequência, tentando assim encontrar um nível de confiança mais assertivo para todos os gráficos.

*Tabela 3.12 – Nível de Confiança para os Gráficos*

<b>Gráficos</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>Nível de Confiança</b>
GS3A3C	0,83	0,42	0,92	75%
Classificação	MB	MB	MB	
GD3A3C	0,42	0,33	0,75	
Classificação	D	D	R	
GS4A3C	0,25	0,33	0,50	50%
Classificação	D	D	R	
GD4A3C	0,58	0,67	0,50	
Classificação	R	R	R	
GS5A3C	0,58	0,58	0,75	30%
Classificação	R	R	B	
GD5A3C	0,17	0,25	0,33	
Classificação	D	D	D	
GS3A4C	0,92	1,00	0,92	30%
Classificação	MB	MB	MB	
GD3A4C	0,25	0,25	0,08	
Classificação	D	D	D	
GS4A4C	0,50	0,67	0,75	20%
Classificação	R	R	B	
GD4A4C	0,08	0,08	0,17	
Classificação	D	D	D	
GS5A4C	0,75	0,75	0,67	75%
Classificação	B	B	R	
GD5A4C	0,83	0,75	0,75	
Classificação	MB	B	B	
GS3A5C	0,17	0,08	0,33	30%
Classificação	D	D	D	
GD3A5C	0,17	0,25	0,33	
Classificação	D	D	D	
GS4A5C	0,50	0,75	0,92	70%
Classificação	R	B	MB	
GD4A5C	0,42	0,58	0,67	
Classificação	D	R	R	
GS5A5C	0,75	0,58	0,92	60%
Classificação	B	R	MB	
GD5A5C	0,42	0,42	0,58	
Classificação	D	D	R	

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

### 3.4.2.3 Correlação entre o Diâmetro da Pupila e Acertos

Com base na análise anterior, objetivando uma maior investigação sobre as diferenças nas taxas de acerto para os diferentes gráficos de barras, a variável diâmetro da pupila para os olhos esquerdos (DPE) também foi analisada.

Apenas o olho esquerdo foi o escolhido para realização das análises, por conveniência do pesquisador e para simplificação do trabalho, apoiado no fato de já estar presente na literatura evidências que demonstram a indiferença nos resultados pela escolha de um ou outro olho (Sharma and Gedeon 2012).

Neste contexto, uma nova análise estatística foi desenvolvida buscando encontrar a relação entre as variações no diâmetro da pupila e maiores ou menores taxas de acerto para os gráficos. Sendo assim a seguinte questão de pesquisa foi elaborada: Existe correlação entre a quantidade de acertos totais e o diâmetro da pupila esquerda em cada sequência?

Para a realização desta análise, todos os valores de DPE, capturados ao longo de cada gravação, foram extraídos diretamente do software do *eye-tracking*. Com apoio do Excel o pesquisador fez a separação, por participante, dos valores de DPE em cada forma de visualização e obteve um valor médio de DPE para cada uma destas formas.

Neste contexto, objetivando gerar um valor único de DPE para cada gráfico, os doze valores de DPE foram agregados e o valor médio novamente foi calculado. Dessa forma, foi possível então fazer a combinação de DPE com o número total de acertos para cada uma das formas de visualização e o cálculo da correlação de Spearman foi realizado. Os resultados são apresentados nas tabelas 3.13, 3.14 e 3.15.

Tabela 3.13 – Dados usados para realização da correlação de Spearman em S1

S1	Média DPE	Acertos	Correlação
GS3A3C	4,604	10	<b>0,46</b>
GS4A3C	4,229	3	
GS5A3C	4,176	7	
GS3A4C	4,433	11	
GS4A4C	4,437	6	
GS5A4C	4,413	9	
GS3A5C	4,422	2	
GS4A5C	4,426	6	
GS5A5C	4,302	9	
GD3A3C	4,204	5	
GD4A3C	4,176	7	
GD5A3C	4,169	2	
GD3A4C	4,152	3	
GD4A4C	4,174	1	
GD5A4C	4,163	10	
GD3A5C	4,137	2	
GD4A5C	4,205	5	
GD5A5C	4,187	5	

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Tabela 3.14 – Dados usados para realização da correlação de Spearman em S2

S2	Média DPE	Acertos	Correlação
GD5A5C	4,367	6	<b>0,45</b>
GD4A5C	4,330	7	
GD3A5C	4,275	3	
GD5A4C	4,289	9	
GD4A4C	4,228	1	
GD3A4C	4,281	3	
GD5A3C	4,253	3	
GD4A3C	4,222	8	
GD3A3C	4,264	4	
GS5A5C	4,359	7	
GS4A5C	4,464	9	
GS3A5C	4,451	1	
GS5A4C	4,470	9	
GS4A4C	4,349	8	
GS3A4C	4,398	12	
GS5A3C	4,535	7	
GS4A3C	4,471	4	
GS3A3C	4,576	12	

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Tabela 3.15 – Dados usados para realização da correlação de Spearman em S3

S3	Média DPE	Acertos	Correlação
GS3A4C	4,385	11	<b>0,08</b>
GD4A5C	4,186	8	
GS3A5C	4,379	4	
GD5A4C	4,163	9	
GS4A4C	4,315	9	
GD4A3C	4,170	6	
GD3A4C	4,180	1	
GD5A3C	4,193	4	
GD3A5C	4,186	4	
GS5A4C	4,227	8	
GD5A5C	4,045	7	
GS3A3C	4,160	12	
GS4A3C	4,288	6	
GS5A5C	4,112	11	
GD3A3C	4,060	9	
GD4A4C	4,079	2	
GS4A5C	4,324	11	
GS5A3C	4,360	9	

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Sendo assim, para as três sequências, não é verificada correlação entre a quantidade total de acertos para cada um dos gráficos e a média da pupila esquerda dos participantes, ou seja, não se pode afirmar que o diâmetro maior ou menor da pupila dos participantes explica a tomada da decisão de maneira correta.

#### 3.4.2.4 Análise Diâmetro da Pupila por Participante.

Ainda para maior investigação das variações dos valores de DPE com relação aos diferentes gráficos usados, uma análise descritiva foi realizada objetivando a comparação dos valores de DPE quando os participantes avaliavam gráficos com pesos iguais e gráficos com pesos diferentes, em cada uma das sequências.

Para a realização desta análise, com base nos valores de DPE médio que cada participante teve em cada forma de visualização, os nove valores de pupila para gráficos de pesos iguais e os nove valores para gráficos de pesos diferentes foram agregados e a média mais uma vez calculada. Os resultados são apresentados na tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Análise DPE por participante

S1	Participante	1A	2A	3A	4A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	15A
	Média DPE para GS	3,66	5,01	5,15	4,24	4,39	4,98	4,90	3,29	4,99	4,69	3,41	3,90
	Média DPE para GD	3,29	4,80	5,02	4,14	3,97	4,63	4,53	3,81	4,30	4,45	3,25	3,89
	Varição GS por GD	10%	4%	2%	2%	9%	7%	7%	-16%	14%	5%	5%	0%
S2	Participante	1B	2B	3A	4B	6B	7B	8B	10B	11B	13B	15B	16B
	Média DPE para GS	4,26	5,19	4,23	4,08	4,28	3,67	4,13	4,11	4,47	5,69	4,21	5,11
	Média DPE para GD	4,19	4,91	4,23	3,59	4,17	3,62	4,05	4,12	4,18	5,14	4,21	4,93
	Varição GS por GD	2%	5%	0%	12%	3%	1%	2%	0%	7%	10%	0%	4%
S3	Participante	1C	2C	4C	6C	7C	8C	10C	13C	16C	17C	18C	19C
	Média DPE para GS	4,50	4,92	5,00	4,33	4,47	4,27	4,67	4,11	4,41	3,31	3,35	4,05
	Média DPE para GD	4,36	4,84	4,76	4,30	4,32	4,11	4,54	3,82	4,29	3,09	3,23	4,03
	Varição GS por GD	3%	2%	5%	1%	3%	4%	3%	7%	3%	7%	4%	1%

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Neste contexto, com base na linha variação GS por GD, onde é calculada a variação do DPE para gráficos de pesos iguais por gráficos de pesos diferentes, é possível observar variações positivas para a maioria dos participantes, exceto para 10A em S1, demonstrando maiores valores de pupila quando o conjunto de gráficos de pesos iguais era analisado.

#### 3.4.2.5 Análise Descritiva para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.

Para maior investigação dos gráficos de barras, além das análises para a variável HR, estudos sobre as variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos, TMTF, QMTF, TMTV e QMTV, também foram desenvolvidos.

Primeiramente, um estudo descritivo foi realizado objetivando avaliar variações nas medianas destas variáveis, simplificação apresentada no item 3.4.1, quando os diferentes conjuntos de gráficos eram analisados. Sendo assim, a comparação entre os diferentes valores de medianas foi feita quando os participantes avaliaram gráficos com pesos iguais x gráficos com pesos diferentes, em cada uma das sequências. Os resultados e linhas de análises (soma e diferença entre as somas) são apresentados nas tabelas 3.17, 3.18 e 3.19.

Tabela 3.17 – Comparação das variáveis para S1

Gráficos S1	TMTF		QMTF		TMTV		QMTV	
	Pesos Iguais	Pesos Diferentes						
G3A3C	14	28	64	74	14	28	27	26
G4A3C	29	17	107	66	29	18	24	28
G5A3C	37	21	130	81	38	22	33	26
G3A4C	14	14	53	47	14	14	20	18
G4A4C	32	25	108	88	34	27	42	21
G5A4C	17	12	70	43	18	12	30	18
G3A5C	22	21	81	70	23	21	29	23
G4A5C	26	16	95	56	26	16	41	21
G5A5C	45	20	159	70	45	21	66	17
<b>Soma</b>	<b>236</b>	<b>174</b>	<b>867</b>	<b>595</b>	<b>241</b>	<b>179</b>	<b>312</b>	<b>198</b>
<b>Diferença</b>	<b>62</b>		<b>272</b>		<b>62</b>		<b>114</b>	

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.18 – Comparação das variáveis para S2

Gráficos S2	TMTF		QMTF		TMTV		QMTV	
	Pesos Iguais	Pesos Diferentes						
G3A3C	12	16	52	66	12	17	32	34
G4A3C	26	25	100	87	28	26	59	40
G5A3C	30	35	115	130	30	37	58	51
G3A4C	12	27	42	82	12	28	35	54
G4A4C	36	43	150	153	38	44	79	82
G5A4C	31	24	123	87	33	25	64	43
G3A5C	19	38	71	141	20	39	53	77
G4A5C	29	30	89	122	32	31	66	76
G5A5C	45	59	138	165	46	60	81	111
<b>Soma</b>	<b>240</b>	<b>297</b>	<b>879</b>	<b>1032</b>	<b>251</b>	<b>307</b>	<b>527</b>	<b>568</b>
<b>Diferença</b>	<b>-57</b>		<b>-154</b>		<b>-56</b>		<b>-41</b>	

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.19 – Comparação das variáveis para S3

Gráficos S3	TMTF		QMTF		TMTV		QMTV	
	Pesos Iguais	Pesos Diferentes						
G3A3C	18	15	80	63	19	19	34	31
G4A3C	30	29	128	125	30	30	63	45
G5A3C	41	35	158	141	42	36	79	51
G3A4C	30	22	112	108	31	26	70	45
G4A4C	55	23	215	99	57	23	116	48
G5A4C	25	29	119	122	25	30	58	54
G3A5C	31	27	128	117	31	27	80	64
G4A5C	22	54	88	209	23	54	50	111
G5A5C	46	32	189	131	47	32	88	59
<b>Soma</b>	<b>298</b>	<b>266</b>	<b>1214</b>	<b>1113</b>	<b>305</b>	<b>277</b>	<b>638</b>	<b>508</b>
<b>Diferença</b>	<b>32</b>		<b>101</b>		<b>28</b>		<b>130</b>	

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Conforme observado nas figuras acima, é possível observar pelas linhas soma e diferença que para a sequência S1 e S3 se tem maior valor das medianas para gráficos com pesos iguais e para a sequência S2 se tem maior valor das medianas para gráficos com pesos diferentes.

#### 3.4.2.6 Análise Estatística para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.

Além da análise descritiva, uma análise estatística foi realizada para avaliar se as diferenças percebidas eram significativas. Sendo assim, o objetivo foi investigar se a mudança na posição do conjunto completo de gráficos, por exemplo, gráficos com pesos iguais sendo apresentados primeiramente em S1 e posteriormente em S2, alterava a forma que os participantes faziam a interpretação. A seguinte questão de pesquisa foi elaborada: As medianas das variáveis variam dependendo da posição que o conjunto de gráficos de mesma tipologia encontra-se em S1, S2 e S3?

Para responder ao questionamento, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, usado para o caso com três amostras, foi aplicado usando de cada um dos valores das medianas representantes das variáveis de movimento dos olhos, para cada um dos conjuntos separadamente. Uma amostra igual a nove foi usada, com nível de confiança de 95% e valor crítico 5,99. Os dados e o resultado de cada teste ( $H_{calc}$ ) são apresentados nas tabelas 3.20 a 3.27.

As hipóteses formuladas foram:

$H_0$ : As medianas são iguais – não há diferença nas sequências para o conjunto de gráficos analisado.

$H_1$ : As medianas diferem.

*Tabela 3.20 – Teste para variável TMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais*

<b>Mediana do Tempo Médio Total de Fixações. <math>H_{calc}=1,66</math></b>									
	GS3A3C	GS4A3C	GS5A3C	GS3A4C	GS4A4C	GS5A4C	GS3A5C	GS4A5C	GS5A5C
S1	14	29	37	14	32	17	22	26	45
S2	12	26	30	12	36	31	19	29	45
S3	18	30	41	30	55	25	31	22	46

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Tabela 3.21 – Teste para variável QMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais

<b>Mediana da Quantidade Média Total de Fixações. Hcalc=3,43</b>									
	GS3A3C	GS4A3C	GS5A3C	GS3A4C	GS4A4C	GS5A4C	GS3A5C	GS4A5C	GS5A5C
S1	64	107	130	53	108	70	81	95	159
S2	52	100	115	42	150	123	71	89	138
S3	80	128	158	112	215	119	128	88	189

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.22 – Teste para variável TMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais

<b>Mediana do Tempo Médio Total de Visitas. Hcalc=2,58</b>									
	GS3A3C	GS4A3C	GS5A3C	GS3A4C	GS4A4C	GS5A4C	GS3A5C	GS4A5C	GS5A5C
S1	14	29	38	14	34	18	23	26	45
S2	12	28	30	12	38	33	20	32	46
S3	19	30	42	31	57	25	31	23	47

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.23 – Teste para variável QMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Iguais

<b>Mediana da Quantidade Média Total de Visitas. Hcalc=1,15</b>									
	GS3A3C	GS4A3C	GS5A3C	GS3A4C	GS4A4C	GS5A4C	GS3A5C	GS4A5C	GS5A5C
S1	27	24	33	20	42	30	29	41	66
S2	32	59	58	35	79	64	53	66	81
S3	34	63	79	70	116	58	80	50	88

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.24 – Teste para a variável TMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes

<b>Mediana do Tempo Médio Total de Fixações. Hcalc=6,02</b>									
	GD3A3C	GD4A3C	GD5A3C	GD3A4C	GD4A4C	GD5A4C	GD3A5C	GD4A5C	GD5A5C
S1	28	17	21	14	25	12	21	16	20
S2	16	25	35	27	43	24	38	30	59
S3	15	29	35	22	23	29	27	54	32

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.25 – Teste para a variável QMTF para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes

Mediana da Quantidade Média Total de Fixações. Hcal=9,39									
	GD3A3C	GD4A3C	GD5A3C	GD3A4C	GD4A4C	GD5A4C	GD3A5C	GD4A5C	GD5A5C
S1	74	66	81	47	88	43	70	56	70
S2	66	87	130	82	153	87	141	122	165
S3	63	125	141	108	99	122	117	209	131

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.26 – Teste para a variável TMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes

Mediana do Tempo Médio Total de Visitas. Hcalc=6,89									
	GD3A3C	GD4A3C	GD5A3C	GD3A4C	GD4A4C	GD5A4C	GD3A5C	GD4A5C	GD5A5C
S1	28	18	22	14	27	12	21	16	21
S2	17	26	37	28	44	25	39	31	60
S3	19	30	36	26	23	30	27	54	32

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.27 – Teste para a variável QMTV para conjunto de Gráficos de Pesos Diferentes

Mediana da Quantidade Média Total de Visitas. Hcal=6,88									
	GD3A3C	GD4A3C	GD5A3C	GD3A4C	GD4A4C	GD5A4C	GD3A5C	GD4A5C	GD5A5C
S1	26	28	26	18	21	18	23	21	17
S2	34	40	51	54	82	43	77	76	111
S3	31	45	51	45	48	54	64	111	59

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Sendo assim, é possível observar que para o conjunto de gráficos de pesos iguais, para as quatro variáveis, a hipótese  $H_0$  sobre a igualdade de medianas não foi rejeitada, visto que os valores Hcalc foram todos menores que o valor crítico. Já para o conjunto de gráficos de pesos diferentes, a hipótese  $H_0$  foi rejeitada, sendo Hcalc maior que o valor crítico para as quatro.

#### 3.4.2.7 Análise usando a ANOVA.

Para maior investigação dos gráficos de barras com pesos diferentes, a ANOVA de único fator foi desenvolvida para cada uma das variáveis de cada gráfico objetivando

identificar quais gráficos especificamente apresentavam desigualdades entre as medianas das variáveis quando estes mudavam de uma sequência para outra.

Para a realização desta nova análise, os valores reais de cada uma das variáveis foram utilizados para cada um dos gráficos em cada uma das sequências. Neste caso, a investigação não foi mais referente ao conjunto, mas sim os valores de variáveis de movimentos dos olhos originais de cada participante em cada gráfico. Para este caso a amostra foi igual a 12 e a ANOVA foi utilizada assumindo a normalidade dos dados.

Para este caso, a seguinte questão de pesquisa elaborada: As médias das variáveis referentes aos movimentos dos olhos variam dependendo da posição que gráficos de pesos diferentes encontram-se em S1, S2 e S3?

Neste contexto, usando agora de um teste paramétrico, com base na ferramenta Excel as tabelas ANOVA foram geradas de maneira direta, permitindo então a comparação dos valores F com F crítico. Como forma de ilustração as tabelas 3.28 a 3.31 apresentam os resultados para alguns gráficos e a tabela 3.32 traz as conclusões para todos eles.

As hipóteses foram formuladas:

Ho: As médias são iguais – não há diferença nas sequências para o gráfico analisado.

H1: As médias diferem.

*Tabela 3.28 – ANOVA para a variável TMTF para o Gráfico GD3A3C*

<b>ANOVA para GD3A3C</b>						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	399,13	2	199,56	0,76	0,48	3,28
Dentro dos grupos	8675,25	33	262,89			

*Fonte: Esta pesquisa( 2017).*

*Tabela 3.29 – ANOVA para variável QMTF para o Gráfico GD5A5C*

<b>ANOVA para GD5A5C</b>						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	23256,06	2	11628,03	1,50	0,24	3,28
Dentro dos grupos	255435,60	33	7740,47			

*Fonte: Esta pesquisa( 2017).*

Tabela 3.30 – ANOVA para a variável TFTV para o Gráfico GD5A4C

ANOVA para GD5A4C						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5308,96	2	2654,48	3,84	0,03	3,28
Dentro dos grupos	22809,21	33	691,19			

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.31 – ANOVA para a variável QMTV para o Gráfico GD3A5C

ANOVA para GD3A5C						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1983,03	2	991,52	2,11	0,14	3,28
Dentro dos grupos	15517,45	33	470,23			

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.32 – Resultados para todas as variáveis em todos os Gráficos de Pesos Diferentes

	TMTF	QMTF	TMTV	QMTV
<b>GD3A3C</b>	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Rejeita Ho
<b>GD4A3C</b>	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho
<b>GD5A3C</b>	Rejeita Ho	Rejeita Ho	Rejeita Ho	Não Rejeita Ho
<b>GD3A4C</b>	Não Rejeita Ho	Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho
<b>GD4A4C</b>	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho
<b>GD5A4C</b>	Rejeita Ho	Rejeita Ho	Rejeita Ho	Não Rejeita Ho
<b>GD3A5C</b>	Não Rejeita Ho	Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho
<b>GD4A5C</b>	Rejeita Ho	Rejeita Ho	Rejeita Ho	Rejeita Ho
<b>GD5A5C</b>	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho	Não Rejeita Ho

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Dessa forma, a partir da análise ANOVA de um fator para os gráficos com pesos diferentes foi possível observar a falta de um padrão em todos eles. Em todos os gráficos algumas das variáveis de movimento dos olhos rejeitam a hipótese nula e outras não.

#### 3.4.2.8 Análise das Áreas de Interesse (AOI).

Conforme descrito no item 3.3, áreas de interesse (AOI) foram demarcadas em cada um dos gráficos correspondendo às regiões onde os critérios encontravam-se. Sendo assim, com

base nas AOI's desenhadas, uma análise descritiva foi realizada para entender quais eram as regiões mais observadas dentro dos gráficos, ou seja, quais critérios eram mais visualizados.

Para a realização do estudo, os valores da variável TMTFi foram coletados para cada uma das AOI e as AOI com maiores valores foram coletadas, formando assim tabelas de comparação. A variável TMTFi foi a única escolhida, pois o interesse da análise foi no tempo total de fixações em cada AOI e por esta apresentar alta correlação com as demais.

Para gráficos de pesos iguais, apenas as gravações de S3 foram analisadas devido ao baixo valor de variação das medianas de TMTF para as diferentes sequências, resultado apresentado em 3.4.2.3. Para gráficos de pesos diferentes as gravações nas três sequências foram consideradas. As tabelas de comparação, 3.33 e 3.34, com os critérios mais visualizados em cada um dos gráficos são apresentadas.

*Tabela 3.33 – AOI mais visualizadas para Gráficos de Pesos Iguais na sequência S3*

Gráficos	Pesos Iguais S3	
	AOI mais visualizada	Segunda mais visualizada
GS3A3C	Critério 2	Critério 1
GS4A3C	Critério 2	Critério 1
GS5A3C	Critério 2	Critério 1
GS3A4C	Criteria 3	Critério 2
GS4A4C	Critério 2	Critério 3
GS5A4C	Critério 2	Critério 1
GS3A5C	Critério 3	Critério 2
GS4A5C	Critério 3	Critério 2
GS5A5C	Critério 2	Critério 2

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

*Tabela 3.34 – AOI mais visualizada para Gráficos de Pesos Diferentes nas três sequências*

Gráficos	Pesos Diferentes S1		Pesos Diferentes S2		Pesos Diferentes S3	
	AOI mais visualizada	Segunda mais visualizada	AOI mais visualizada	Segunda mais visualizada	AOI mais visualizada	Segunda mais visualizada
GD3A3C	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1
GD4A3C	Critério 2	Critério 1	Critério 1	Critério 2	Critério 2	Critério 1
GD5A3C	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1
GD3A4C	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1
GD4A4C	Critério 1	Critério 2	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 3
GD5A4C	Critério 2	Critério 1	Critério 1	Critério 2	Critério 2	Critério 3
GD3A5C	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 1	Critério 2
GD4A5C	Critério 1	Critério 2	Critério 2	Critério 1	Critério 1	Critério 2
GD5A5C	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2

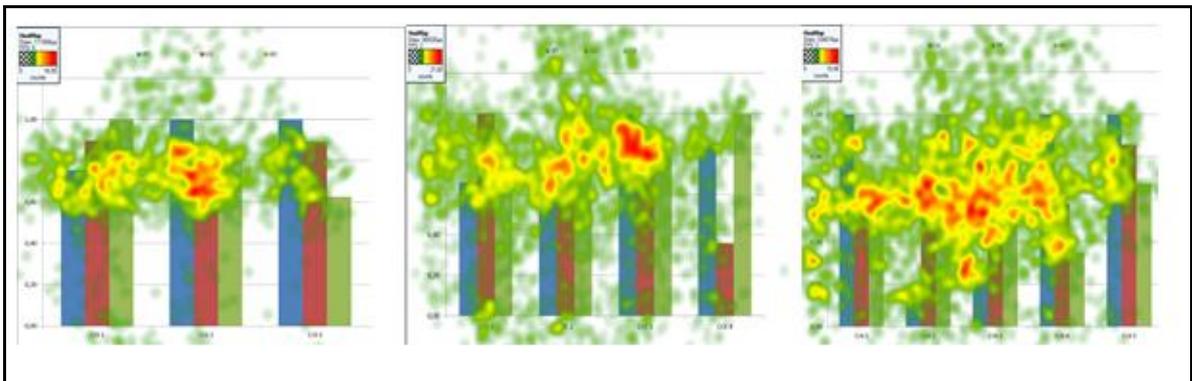
*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

### 3.4.2.9 Análise das Áreas de Interesse com Heat Maps.

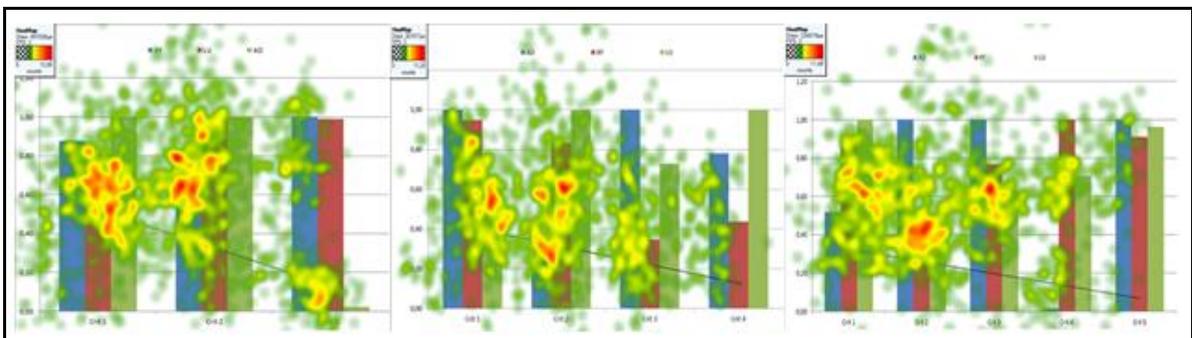
Para incrementar a análise das AOI's, alguns Heat Maps foram coletados para as três sequências com objetivo de comprovar a maior visualização dos participantes nos critérios apresentados nas tabelas 3.33 e 3.34.

Conforme apresentado no item 3.2, Heat Maps são fornecidos pelo eye-tracking para auxiliar o pesquisador a identificar quais foram as regiões mais visualizadas pelos participantes usando de uma escala de cores. Dessa forma com variações de vermelho a verde é possível identificar os pontos mais visualizados dentro de cada AOI, onde os pontos marcados em cor vermelha são os que tiveram maior intensidade de fixações.

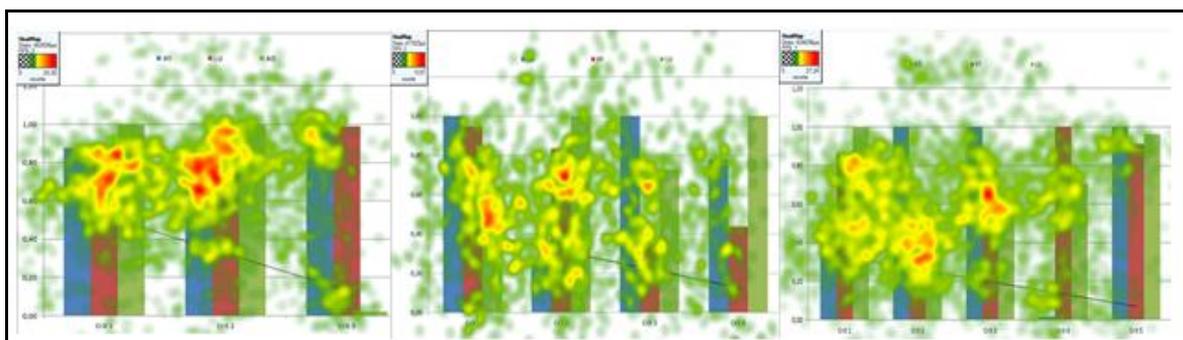
Sendo assim, para realização desta análise, Heat Maps foram gerados a partir da agregação dos movimentos dos olhos de todos os participantes. Para gráficos de barras com pesos iguais apenas os dados da sequência S3 foram utilizados, conforme apresentado na figura 3.17. E para os gráficos de pesos diferentes os dados das três sequências foram utilizados conforme apresentado na figura 3.18, 3.19 e 3.20.



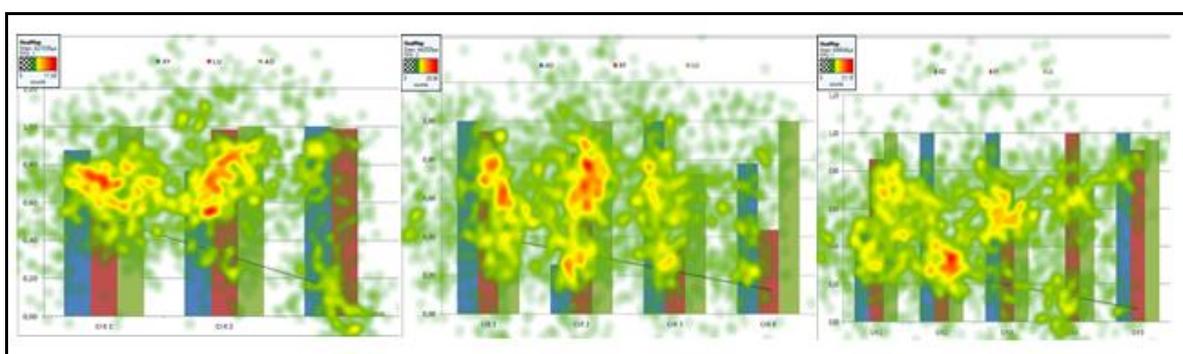
*Figura 3.17 – Heat Maps para os GS3A3C, GS3A4C e GS3A5C para S3 (Esta pesquisa 2017).*



*Figura 3.18 – Heat Maps para os GD3A3C, GD3A4C e GD3A5C para S1 (Esta pesquisa 2017).*



*Figura 3.19 – Heat Maps para os GD3A3C, GD3A4C e GD3A5C para S2 (Esta pesquisa 2017).*



*Figura 3.20 – Heat Maps para os GD3A3C, GD3A4C e GD3A5C para S3 (Esta pesquisa 2017).*

Sendo assim, com base em cada um das figuras é possível perceber que tanto para gráficos de pesos iguais quanto para gráfico de pesos diferentes os critérios 1,2 e 3 foram os mais visualizados. Para esta análise, apenas os gráficos com 3 alternativas e 3, 4 e 5 critérios foram os escolhidos para serem apresentados porém para os demais gráficos também foi observada a predominância da visualização nos critérios centro-laterais esquerdos.

### 3.4.3 Análise das Formas de Visualização “Tipo Outras”

Na busca por mais resultados para o trabalho em questão, análises também foram desenvolvidas para as outras formas de visualização apresentadas no experimento. As análises desenvolvidas neste item seguiram a mesma racionalidade de algumas já apresentadas no item anterior.

#### 3.4.3.1 Nível de Confiança dos Gráficos.

Uma análise com relação a variável taxa de acerto (HR) também foi desenvolvida para as formas de visualização tipo outras. Para este caso, uma análise descritiva foi feita

objetivando a comparação dos HR e do nível de qualidade para cada uma das formas de visualização semelhantes, ou seja, com mesmo número de itens, sendo elas: GS4A5C, GRadar4A5C, GBolhas4A5C, T4A5C, GT4A5C, GS3A5C, T3A5C e GT3A5C.

A classificação para o nível de qualidade foi realizada a partir da quantidade de respostas erradas e de proporções aceitáveis definidas pelo pesquisador, apresentada anteriormente no item 3.4.2.2.

Dessa forma, a partir de duas tabelas comparativas, a indicação de um nível mínimo de confiança para as formas de visualização semelhantes foi estimada pelo pesquisador, usando também os valores de S3 da mesma maneira que apresentado para os gráficos de barras, e teve como objetivo apoiar o analista em suas recomendações. As duas tabelas comparativas, 3.35 e 3.36 são apresentadas abaixo.

*Tabela 3.35 – Tabela comparativa para as formas de visualização tipo outras semelhantes a GS4A5C*

<b>Gráficos</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>Nível de Confiança</b>
GS4A5C	0,50	0,75	0,92	75%
Classificação	R	B	MB	
GRadar4A5C	0,75	1,00	0,92	
Classificação	B	MB	MB	
GBolhas4A5C	0,42	0,58	0,50	
Classificação	D	R	R	
T4A5C	0,83	0,92	0,75	
Classificação	MB	MB	B	
GT4A5C	0,50	0,75	0,75	
Classificação	R	B	B	

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

*Tabela 3.36 – Tabela comparativa para as formas de visualização tipo outras semelhantes a GS3A5C*

<b>Gráficos</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>Nível de Confiança</b>
GS3A5C	0,17	0,08	0,33	10%
Classificação	D	D	D	
T3A5C	0,25	0,17	0,33	
Classificação	D	D	D	
GT3A5C	0,25	0,08	0,08	
Classificação	D	D	D	

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

### 3.4.3.2 Análise Descritiva para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.

Para maior investigação das formas de visualização, além da análise para a variável HR, estudos sobre as variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos, TMTF, QMTF, TMTV e QMTV, também foram desenvolvidos.

Na busca por maiores informações, uma análise descritiva foi realizada para avaliar variações nos valores destas variáveis para os dois conjuntos de formas de visualização. Para realização da análise, médias foram calculadas para os valores originais de cada variável em cada sequência e duas tabelas comparativas 3.37 e 3.39 foram montadas e apresentadas.

*Tabela 3.37 – Tabela comparativa para o primeiro conjunto*

Sequências	Média TMTF					Média TMTV				
	GS4A5C	GRadar4A5C	GBolhas4A5C	T4A5C	TG4A5C	GS4A5C	GRadar4A5C	GBolhas4A5C	T4A5C	TG4A5C
S1	32	32	31	34	38	32	33	32	118	125
S2	34	37	33	38	36	35	38	34	115	114
S3	32	37	39	36	41	33	38	40	141	156
<b>Soma</b>	<b>98</b>	<b>106</b>	<b>103</b>	<b>108</b>	<b>115</b>	<b>100</b>	<b>109</b>	<b>106</b>	<b>374</b>	<b>395</b>
Sequências	Média QMTF					Média QMTV				
	GS4A5C	GRadar4A5C	GBolhas4A5C	T4A5C	TG4A5C	GS4A5C	GRadar4A5C	GBolhas4A5C	T4A5C	TG4A5C
S1	118	92	123	35	40	72	47	79	88	88
S2	116	97	111	39	37	85	63	79	98	96
S3	135	133	162	37	41	76	65	98	95	107
<b>Soma</b>	<b>369</b>	<b>322</b>	<b>396</b>	<b>111</b>	<b>118</b>	<b>233</b>	<b>174</b>	<b>256</b>	<b>281</b>	<b>291</b>

Fonte: Esta pesquisa (2017).

*Tabela 3.38 – Tabela comparativa para o segundo conjunto*

Sequências	Média TMTF			Média TMTV			Média QMTF			Média QMTV		
	GS3A5C	T3A5C	TG3A5C									
S1	28	35	34	99	113	123	28	36	35	66	80	91
S2	25	35	50	83	109	151	26	37	51	62	85	126
S3	43	43	36	163	157	144	45	44	37	102	108	98
<b>Soma</b>	<b>96</b>	<b>113</b>	<b>120</b>	<b>345</b>	<b>379</b>	<b>418</b>	<b>99</b>	<b>117</b>	<b>123</b>	<b>230</b>	<b>273</b>	<b>315</b>

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Sendo assim, pela análise da linha Soma que apresentada os maiores valores pintados de cor vermelha, é possível perceber que para a maioria das variáveis de movimento dos olhos têm-se maiores valores para a forma mista (GT) nos dois conjuntos.

### 3.4.3.3 Análise Estatística para variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos.

Como complementação da análise anterior, foi desejado avaliar se diferenças significativas nos valores reais destas variáveis eram observadas quando os participantes

avaliavam gráficos tipo outros e o gráfico de barras correspondentes. Sendo assim, a seguinte questão de pesquisa foi elaborada: As medianas das variáveis variam quando analisados os gráficos semelhantes: GS4A5C e GRadar4A5C; GS4A5C e GBolhas4A5C; GS4A5C e T4A5C; GS4A5C e GT4A5C; GS3A5C e T3A5C; GS3A5C e GT3A5C, para S3?

Para responder ao questionamento, o teste não paramétrico de Wilcoxon foi realizado usando os valores originais das variáveis de movimento dos olhos, ou seja, os valores obtidos nas gravações de cada um dos participantes. Apenas as variáveis obtidas nas gravações de S3 foram consideradas para a análise devido ao maior valor agregado de HR para esta sequência, a manutenção do posicionamento destas formas de visualização em todas as sequências e para simplificação da pesquisa. Com 95% de confiança e valor crítico de  $+1,96/-1,96$ , os resultados  $z$  calculados para as diferentes comparações foram encontrados e são apresentados nas tabelas 3.39 a 3.44 e resumidos na tabela 3.45.

As hipóteses formuladas foram:

Ho: As medianas são iguais – não há diferença para as variáveis analisadas nas formas de visualização.

H1: As medianas diferem.

*Tabela 3.39 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e GRadar4A5C*

TMTF Zcalc= -1,32		QMTF Zcalc=-0,34		TMTV Zcalc=-1,15		QMTV Zcalc= -0,43	
GS4A5C	GRadar4A5C	GS4A5C	GRadar4A5C	GS4A5C	GRadar4A5C	GS4A5C	GRadar4A5C
19,74	31,17	95	111	20,46	32,22	52	56
13,1	12,53	55	51	13,75	12,91	36	27
29,55	26,01	124	86	30,72	27,46	57	46
23,94	29,04	80	93	25,4	29,04	35	57
13,28	49,74	59	139	13,28	49,9	35	66
16,06	27,21	74	66	16,49	27,73	42	40
17,95	42,62	69	106	18,11	42,96	47	58
77,31	31,68	235	75	78,47	32	170	52
23,8	24,3	124	105	24,77	24,55	69	70
89,73	62,34	417	263	94,47	64,49	251	120
45,96	96,82	226	426	46,36	98,78	95	143
15,08	16,25	60	77	15,18	16,48	27	40

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.40 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e GBolhas4A5C

TMTF Zcalc= -0,80		QMTF Zcalc= -0,75		TMTV Zcalc= -0,78		QMTV Zcalc= -1,29	
GS4A5C	GBolhas4A5C	GS4A5C	GBolhas4A5C	GS4A5C	GBolhas4A5C	GS4A5C	GBolhas4A5C
19,74	18,65	95	94	20,46	19,63	52	51
13,1	13,97	55	67	13,75	13,97	36	40
29,55	32,63	124	131	30,72	34,86	57	90
23,94	92,79	80	381	25,4	93,18	35	205
13,28	68,95	59	270	13,28	69,6	35	154
16,06	37,06	74	104	16,49	38,35	42	58
17,95	13,27	69	50	18,11	13,45	47	40
77,31	40,04	235	127	78,47	40,31	170	90
23,8	65,31	124	331	24,77	66,9	69	209
89,73	10,22	417	51	94,47	10,49	251	36
45,96	46,65	226	211	46,36	47,23	95	116
15,08	33,06	60	126	15,18	33,18	27	88

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.41 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e T4A5C

TMTF Zcalc= -0,57		QMTF Zcalc= -0,59		TMTV Zcalc= -0,51		QMTV Zcalc= -1,44	
GS4A5C	T4A5C	GS4A5C	T4A5C	GS4A5C	T4A5C	GS4A5C	T4A5C
19,74	41,75	95	164	20,46	42,86	52	107
13,1	26,01	55	110	13,75	26,15	36	78
29,55	2,91	124	30	30,72	3,09	57	15
23,94	29,99	80	122	25,4	29,99	35	89
13,28	51,34	59	165	13,28	51,57	35	111
16,06	22,56	74	93	16,49	22,56	42	68
17,95	17,8	69	61	18,11	17,91	47	48
77,31	70,73	235	181	78,47	71,33	170	153
23,8	8,41	124	70	24,77	9,7	69	53
89,73	59,67	417	236	94,47	61,49	251	153
45,96	84,83	226	367	46,36	86,18	95	217
15,08	19,7	60	89	15,18	19,95	27	53

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.42 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS4A5C e GT4A5C

TMTF Zcalc= -1,41		QMTF Zcalc= -0,57		TMTV Zcalc= -1,32		QMTV Zcalc= -1,84	
GS4A5C	TG4A5C	GS4A5C	TG4A5C	GS4A5C	TG4A5C	GS4A5C	TG4A5C
19,74	97,61	95	411	20,46	101,2	52	267
13,1	17,94	55	52	13,75	18,43	36	40
29,55	15,08	124	65	30,72	15,62	57	54
23,94	33,2	80	131	25,4	33,37	35	86
13,28	59,16	59	214	13,28	59,78	35	136
16,06	20,28	74	70	16,49	20,55	42	48
17,95	24,64	69	86	18,11	24,82	47	73
77,31	40,35	235	118	78,47	40,35	170	101
23,8	29,83	124	114	24,77	30,65	69	78
89,73	35,18	417	147	94,47	35,97	251	91
45,96	90,92	226	379	46,36	92,24	95	249
15,08	23,04	60	89	15,18	23,4	27	58

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.43 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS3A5C e T3A5C

TMTF Zcalc= -0,92		QMTF Zcalc= -0,66		TMTV Zcalc= -0,98		QMTV Zcalc= -1,09	
GS3A5C	T3A5C	GS3A5C	T3A5C	GS3A5C	T3A5C	GS3A5C	T3A5C
42,72	49,09	212	187	44,22	52,83	105	121
5,92	16,26	30	88	5,92	16,26	20	60
179,64	52,34	603	181	188,96	56,11	380	143
47,01	30,03	167	84	47,18	31,89	96	55
29,21	71,65	106	212	29,21	71,93	62	128
15,99	29,73	55	90	15,99	30,52	42	53
25,72	23	93	86	26,26	23,33	65	67
50,01	40,68	149	106	50,38	40,96	110	81
62,12	44,21	265	206	65,13	45,53	165	159
14,59	39,46	66	176	14,71	40,5	47	123
32,82	85,9	157	362	33,53	86,83	94	224
12,61	28,34	50	106	12,84	28,72	38	78

Fonte: Esta pesquisa (2017)

*Tabela 3.44 – Dados e valores Z calculados para as quatro variáveis na análise GS3A5C e GT3A5C*

TMTF Zcalc= 0,17		QMTF Zcalc= 0,14		TMTV Zcalc= 0,18		QMTV Zcalc= -0,23	
GS3A5C	TG3A5C	GS3A5C	TG3A5C	GS3A5C	TG3A5C	GS3A5C	TG3A5C
42,72	56,39	212	206	44,22	58,53	105	137
5,92	9,15	30	35	5,92	9,64	20	25
179,64	19,45	603	94	188,96	20,1	380	76
47,01	27,48	167	115	47,18	27,93	96	75
29,21	46,98	106	204	29,21	46,98	62	141
15,99	21,19	55	75	15,99	21,69	42	59
25,72	20,31	93	80	26,26	20,31	65	63
50,01	59,7	149	178	50,38	60,43	110	130
62,12	40,31	265	146	65,13	40,63	165	97
14,59	6,51	66	33	14,71	6,74	47	23
32,82	99,87	157	468	33,53	101,81	94	295
12,61	23,27	50	93	12,84	23,27	38	59

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

*Tabela 3.45 – Valores Z calculados*

Gráficos		TMTF	QMTF	TMTV	QMTV
GS4A5C	GRadar4A5C	-1,32	-0,34	-1,15	-0,43
GS4A5C	GBolhas4A5C	-0,8	-0,75	-0,78	-1,29
GS4A5C	T4A5C	-0,57	-0,59	-0,51	-1,44
GS4A5C	TG4A5C	-1,41	-0,57	-1,32	-1,84
GS3A5C	T3A5C	-0,92	-0,66	-0,98	-1,09
GS3A5C	TG3A5C	0,17	0,14	0,18	-0,23

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Dessa forma é possível perceber que para nenhuma das comparações a hipótese nula foi rejeitada, mostrando a semelhança nos valores das variáveis, para a sequência S3, com relação aos gráficos “tipo outros” e seus gráficos de barras correspondentes.

#### 3.4.4 Análise por Participante.

Por fim, como última análise, com base nas respostas aos questionários iniciais, onde os participantes colocaram informações sobre: conhecimento sobre métodos de apoio a decisão, grau de escolaridade, sexo e faixa etária, e no tempo de duração total do experimento (TD), algumas análises descritivas foram desenvolvidas. As três tabelas abaixo, 3.46 a 3.48, apresentam as informações para todos os trinta e seis participantes do experimento.

Tabela 3.46 – Informações participantes de S1

Participante	Conhecimento sobre Métodos de Apoio a Decisão	Grau de Escolaridade	Sexo	Faixa Etária	Tempo da gravação (min)	Quantidade de Acertos
1A	Curso de 30h	MSc - aluno	F	21-25	24,94	12
2A	Curso de 30h	MSc - aluno	M	21-25	15,23	17
3A	Curso de 60 - 89h	MSc - aluno	M	21-25	27,38	12
4A	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	18-20	13,69	12
7A	Curso de 30h	BSc (3° - 5° ano)	M	21-25	12,65	10
8A	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	18-20	18,65	13
9A	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	F	18-20	18,47	6
10A	Curso de 30h	PhD - aluno	F	21-25	19,52	10
11A	Curso de 60 - 89h	BSc (3° - 5° ano)	F	18-20	12,89	10
12A	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	21-25	13,37	13
13A	Curso de 121 - 180h	PhD	F	31-40	12,14	8
15A	Curso de 60 - 89h	PhD - aluno	F	21-25	14,42	16

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Tabela 3.47 – Informações participantes de S2

Participante	Conhecimento sobre Métodos de Apoio a Decisão	Grau de Escolaridade	Sexo	Faixa Etária	Tempo da gravação (min)	Quantidade de Acertos
1B	Curso de 60 - 89h	MSc - aluno	M	21 - 25	13,66	11
2B	Curso de 30h	MSc - aluno	M	21 - 25	23,89	11
3A	Curso de 30h	MSc - aluno	M	26 - 30	22,97	16
4B	Curso de 30h	MSc - aluno	M	26 - 30	19,51	10
6B	Curso de 60 - 89h	BSc (3° - 5° ano)	F	21 - 25	17,61	16
7B	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	18 - 20	9,97	12
8B	Curso de 30h	MSc - aluno	M	26 - 30	13,41	14
10B	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	F	18 - 20	44,81	12
11B	Curso de 30h	BSc (3° - 5° ano)	M	21 - 25	19,08	14
13B	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	18 - 20	25,03	13
15B	Curso de 60 - 89h	PhD - aluno	F	31 - 40	18,56	11
16B	Curso de 60 - 89h	PhD - aluno	M	26 - 30	17,20	14

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.48 – Informações participantes de S3

Participante	Conhecimento sobre Métodos de Apoio a Decisão	Grau de Escolaridade	Sexo	Faixa Etária	Tempo da gravação (min)	Quantidade de Acertos
1C	Curso de 30h	MSc - aluno	F	31 - 40	20,45	16
2C	Curso de 30h	MSc - aluno	F	21 - 25	9,95	11
4C	Curso de 60 - 89h	BSc (3° - 5° ano)	F	21 - 25	34,51	14
6C	Curso de 30h	BSc (3° - 5° ano)	M	21 - 25	20,57	16
7C	Curso de 30h	BSc (3° - 5° ano)	M	26 - 30	22,27	13
8C	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	21 - 25	13,07	15
10C	Curso de 30h	PhD - aluno	F	26 - 30	13,88	14
13C	Curso de 30h	BSc (1° - 2° ano)	M	18 - 20	25,35	17
16C	Curso 121 - 180h	PhD	F	31 - 40	24,71	12
17C	Palestras, Leituras e similares	PhD	M	26 - 30	20,29	12
18C	Curso 121 - 180h	PhD	M	31 - 40	36,17	16
19C	Curso de 60 - 89h	PhD - aluno	F	>50	16,60	15

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Sendo assim, com base nestas informações, cinco análises foram desenvolvidas buscando avaliar a relação entre as informações fornecidas pelos participantes com a quantidade de acertos que estes tiveram em cada sequência. Para a realização de tais análises, tabelas comparativas foram montadas com a média da quantidade de acertos para os

participantes com características semelhantes quanto as categorias apresentadas. Os resultados são apresentados nas tabelas 3.49 a 3.53.

*Tabela 3.49 – Relação entre Conhecimento sobre MCDM e Média da Quantidade de Acertos*

<b>Conhecimento MCDM</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>Soma</b>
Palestras, leituras e similares.	0	0	12	<b>12</b>
Curso de 30h	12	13	15	<b>39</b>
Curso de 60 - 89h	13	13	14	<b>40</b>
Curso de 121 - 180h	8	0	14	<b>22</b>

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

*Tabela 3.50 – Relação entre Grau de Escolaridade e Média da Quantidade de Acertos*

<b>Grau Escolaridade</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>Soma</b>
BSc (1° - 2° ano)	11	12	16	<b>39</b>
BSc( 3° -5° ano)	10	15	14	<b>40</b>
MSc - aluno	14	12	13	<b>40</b>
PhD - aluno	13	12	14	<b>40</b>
PhD	8	0	13	<b>21</b>

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

*Tabela 3.51 – Relação entre Sexo e Média da Quantidade de Acertos*

<b>Sexo</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>Soma</b>
Quant Mulheres	6	3	6	<b>15</b>
Quant Homens	8	9	6	<b>23</b>
Média Acertos Mulheres	10	13	14	<b>37</b>
Média Acertos Homens	13	13	15	<b>41</b>

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

Tabela 3.52 – Relação entre Faixa Etária e Média da Quantidade de Acertos

Faixa Etária	S1	S2	S3	Soma
18 a 20 anos	10	12	17	<b>40</b>
21 a 25 anos	13	13	14	<b>40</b>
26 a 30 anos	0	13	13	<b>26</b>
31 a 40 anos	8	11	15	<b>34</b>
41 a 50 anos	0	0	0	<b>0</b>
> 50	0	0	15	<b>15</b>

Fonte: Esta pesquisa (2017)

Tabela 3.53 – Relação entre Tempo Médio Duração e Média da Quantidade de Acertos

Sequências	S1	S2	S3
Tempo Médio Duração (min)	17	20,5	21,5
Média de Acertos	12	13	14

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Com base nas cinco tabelas é possível observar que apesar da relação entre os assuntos, conhecimento sobre métodos de apoio a decisão vs. acertos e grau de escolaridade vs. acertos, os participantes com maior conhecimento tiveram acertos próximos ou até menores que participantes com menor conhecimento. Já os participantes com mais baixo nível de escolaridade apresentaram acertos semelhantes aos de maior nível.

Com relação ao sexo e faixa etária é possível observar que as amostras não estão balanceadas. Para sexo, a maioria são homens, total de vinte e um, e não foram observadas grandes diferenças na média de acertos em comparação com as mulheres. Para a idade é possível observar que os maiores acertos foram observados para idades mais baixas. Por fim, com relação ao tempo médio de duração do experimento, calculado a partir de todos os TD, é possível observar uma relação direta entre o tempo e a quantidade de acertos.

### 3.5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com base nos resultados exploratórios apresentados no item anterior, algumas considerações e questionamentos foram explorados neste item, sendo relevantes para o enriquecimento do trabalho e a promoção de ações futuras de pesquisa, seguindo a mesma ordem apresentada acima.

Antes da exploração dos resultados encontrados é importante ressaltar que a variável HR foi considerada como a de maior relevância e as demais como auxiliares, sendo usada para guiar o desenvolvimento deste item. Esta variável foi considerada como a de maior relevância devido a sua ligação com o objetivo do experimento - entender como os participantes analisavam os gráficos e selecionavam a melhor alternativa.

Neste contexto, a primeira análise desenvolvida, para todas as vinte e quatro formas de visualização, foi a aplicação do cálculo de correlação de Spearman para as medianas das variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos e a taxa de acerto.

Uma primeira análise foi desenvolvida, com a perspectiva de busca por simplificações em futuras análises, esta verificou se existia correlação entre as medianas das variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos. Como resultado, altos valores foram encontrados, indicando que todas as quatro variáveis, nas três sequências, estavam correlacionadas. Dessa forma, foi possível a realização de outras análises sem a necessidade da utilização de todas as variáveis.

Uma segunda análise também foi desenvolvida na tentativa de explicar as taxas de acerto a partir das quatro variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos. Esta análise apoiou-se no raciocínio lógico de que quanto mais o participante olhava para um gráfico, maior a dificuldade de análise deste e mais baixo seria o valor de HR. As correlações então foram calculadas, gerando valores baixos, indicando a ausência de relação causal entre as variáveis.

Neste contexto, na tentativa de busca por outras explicações para a taxa de acerto, outras análises foram desenvolvidas partindo de uma avaliação individual de cada tipo de visualização gráfica presente no experimento. Um primeiro conjunto de análises foi apresentado para os gráficos de barras, seguido por outro conjunto de análises para as formas de visualização “tipo outras”. O primeiro conjunto apresentou uma maior quantidade de análises, devido à predominância dos gráficos de barras no experimento, e serviu como base para o desenvolvimento das análises do segundo conjunto.

O primeiro conjunto foi então composto por: análise das taxas de acerto, análise da pupila, análise das variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos e análises das AOI's. Para a primeira delas, as taxas de acerto dos gráficos de barras foram investigadas a partir de duas perspectivas: individual e conjunta. Para a perspectiva individual, foi desejado observar se o HR de cada gráfico sofria alterações significativas quando este mudava de posição de uma sequência para outra, sendo uma análise estatística realizada. E para a perspectiva

conjunta foi desejado estimar um nível de confiança mínimo para gráficos com mesmo número de itens (alternativas vs. critérios), sendo uma análise descritiva realizada.

Como resultado da análise estatística, não foi observado nenhuma mudança significativa para a maioria dos gráficos quando estes mudavam de uma sequência para outra. Este resultado indicou a não existência de uma sequência mais complexa que outra para a análise dos gráficos de barras, sendo importante para o entendimento do experimento.

Já para análise descritiva foi possível à estimação de um nível mínimo de confiança, nível este baseado principalmente nos valores de HR para S3 e para pesos diferentes, conforme apresentado em 3.4.22, visto que a maioria dos acertos ocorreu na sequência S3 e para gráficos com pesos iguais, conforme apresentado nas tabelas 3.54 e 3.55.

*Tabela 3.54 – Resumo Classificação para as três sequências*

<b>Classificação</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
MB	4	4	5
B	3	4	6
R	5	6	6
D	12	10	7
Soma de Defeitos	149	134	117
Média de Acertos	48%	53%	59%

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

*Tabela 3.55 – Resumo Classificação para as três sequências*

<b>Soma de Defeitos</b>		
<b>Gráficos</b>	<b>GS</b>	<b>GD</b>
3A3C	2	18
4A3C	23	15
5A3C	13	27
3A4C	2	29
4A4C	13	32
5A4C	10	8
3A5C	29	27
4A5C	10	16
5A5C	9	19

*Fonte: Esta pesquisa (2017)*

A análise da variável diâmetro da pupila dos olhos esquerdos dos participantes (DPE) também foi utilizada no experimento para investigar a relação desta com a taxa de acerto. Conforme apresentado por Porter et al. (2007) e Laeng et al. (2012), o diâmetro da pupila aumenta com maior esforço cognitivo. Sendo assim, foi desejado verificar se maiores diâmetros da pupila estariam relacionados a valores mais baixos HR, ou seja, a gráficos considerados de maior dificuldade para escolha da melhor alternativa no experimento.

Neste contexto, a investigação foi realizada calculando a correlação de Spearman para a média do DPE de todos os participantes para cada um dos dezoito gráficos de barras, em cada sequência. Como resultado, baixos valores de correlação foram encontrados indicando a falta de relação causal entre estas variáveis e não se pôde chegar conclusão sobre o grau dificuldade dos gráficos usando o DPE.

Sendo assim, devido à falta de correlação entre o número de acertos para os gráficos e o DPE médio de todos os participantes, uma nova análise, sendo esta descritiva, foi realizada. Esta análise foi feita para avaliar as diferenças de DPE dos participantes, desta vez de maneira individual, quando estes avaliavam gráficos de pesos iguais x gráficos de pesos diferentes.

Com base nesta análise foi possível verificar que para a maioria dos participantes, em todas as sequências, os valores de DPE foram maiores quando gráficos com pesos iguais eram analisados. Nesta perspectiva, alguns questionamentos podem ser levantados, tais como: será que para os decisores torna-se mais difícil tomar decisões quando os critérios tem o mesmo peso? Ou será que temos uma contradição com o que existe na literatura, gráficos mais complexos (com pesos diferentes) geraram maiores diâmetros de pupila no experimento realizado?

Na busca por mais explicações sobre as diferenças de análise entre os gráficos de pesos iguais e de pesos diferentes, análises com base nas variáveis referentes aos movimentos dos olhos também foram realizados.

A primeira delas foi uma análise descritiva para avaliar as diferenças nas medianas destas variáveis quando gráficos de pesos iguais e gráficos de pesos diferentes eram avaliados em cada sequência. Como resultado foi possível observar maiores valores quando gráficos de pesos iguais eram visualizados nas sequências S1 e S3 e gráficos de pesos diferentes eram visualizados em S2, conforme apresentado nas tabelas 3.56 e 3.57. Estas tabelas foram construídas a partir da união das linhas Soma, apresentadas anteriormente nas tabelas 3.17 a 3.19.

Tabela 3.56 –Resumo com os valores de Soma para Gráficos de Pesos Iguais

<b>Gráficos Pesos Iguais</b>				
<b>Sequências</b>	<b>TMTF</b>	<b>QMTF</b>	<b>TMTV</b>	<b>QMTV</b>
<b>S1</b>	236	867	241	312
<b>S2</b>	240	879	251	527
<b>S3</b>	298	1214	305	638

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Tabela 3.57 –Resumo com os valores de Soma para Gráficos de Pesos Diferentes

<b>Gráficos Pesos Diferentes</b>				
<b>Sequências</b>	<b>TMTF</b>	<b>QMTF</b>	<b>TMTV</b>	<b>QMTV</b>
<b>S1</b>	174	595	179	198
<b>S2</b>	297	1032	307	568
<b>S3</b>	266	1113	277	508

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Para identificar as variações nos valores da linha Soma para cada variável em cada sequência, a tabela 3.58 foi elaborada demonstrando que entre S1 e S3 as maiores variações foram para S1. Sendo assim, com este resultado foi possível perceber que quando gráficos de pesos iguais apareciam inicialmente na sequência (S1), maiores valores de fixações e visitas eram observados e quando gráficos de pesos diferentes apareciam inicialmente na sequência (S2) maiores valores de fixações e visitas também eram encontrados. Além disso, quando havia uma mistura entre os dois tipos (S3), maiores valores de fixações e visitas eram observados para gráficos com pesos iguais, porém com menor variação para a maioria das variáveis quando comparados com as demais sequências.

Tabela 3.58 –Resumo com as variações para Gráficos de Pesos Diferentes

<b>Varição Valores Pesos Iguais por Diferentes</b>				
<b>Sequências</b>	<b>TMTF</b>	<b>QMTF</b>	<b>TMTV</b>	<b>QMTV</b>
<b>S1</b>	62	272	62	114
<b>S2</b>	-57	-154	-56	-41
<b>S3</b>	32	101	28	130

Fonte: Esta pesquisa (2017).

Com base nas variações encontradas, outra análise, dessa vez aplicando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, foi elaborada. Esta análise teve objetivo de investigar se as

variações encontradas nas variáveis de movimento dos olhos quando os participantes avaliavam gráficos de pesos iguais e diferentes nas diferentes sequências eram significativas. Neste sentido, foi desejado investigar se o valor destas variáveis eram maiores quando um conjunto de gráficos vinha todo ao início, final ou misturado na sequência.

Para o desenvolvimento desta análise foram considerados os valores das medianas das variáveis para as três sequências e a hipótese da igualdade de medianas foi testada. Como resultado, para os gráficos de pesos iguais a hipótese não foi rejeitada, mostrando que houve semelhança na forma como estes foram analisados, independente da posição que foram apresentados para os participantes. Já para gráficos com pesos diferentes a hipótese nula foi rejeita, mostrando que para estes gráficos a posição influenciou na forma de análise, ou seja, na quantidade de fixações e visitas, apesar de não interferir na taxa de acerto, conforme já apresentado.

Sendo assim, com base nas duas análises sobre as variáveis de movimento dos olhos foi possível obter duas conclusões, as quais foram: os gráficos que apareciam primeiramente no experimento apresentaram maiores valores das variáveis e os gráficos com pesos diferentes, talvez devido a maior complexidade que carregaram, apresentaram diferentes formas de análise dependendo de seu posicionamento nas sequências. Estes resultados então podem sugerir a presença de um efeito cansaço durante a realização do experimento.

Para a maior investigação de gráficos com pesos diferentes e a mudança nas variáveis para movimento dos olhos quando estes eram avaliados nas diferentes sequências, a ANOVA de um fator foi calculada para cada um destes gráficos de forma individual. Com base na tabela 3.32 não foi possível observar nenhum padrão para rejeição ou não rejeição da hipótese nula, mostrando que para todos os gráficos existiu a rejeição e não rejeição de algumas variáveis de forma diversificada.

As análises desenvolvidas para as variáveis relacionadas aos movimentos dos olhos apesar de não estarem relacionadas diretamente a variável HR foram importantes para o fornecimento de informações ao pesquisador sobre o experimento aplicado, mostrando que mudanças na posição dos gráficos podem causar diferenças na maneira de análise, ressaltando a existência de aspectos comportamentais tais como o cansaço.

Por fim, a última análise desenvolvida para gráficos de barras foi com relação as AOI's. Esta análise foi realizada para investigar quais áreas dentro dos gráficos eram mais observadas. Com base nos valores da variável TMTFi foi observado que os participantes olhavam de maneira mais intensa as regiões centrais dos gráficos, critérios 1, 2 e 3.

No entanto uma variação nesta região central foi encontrada quando comparados gráficos de pesos iguais e gráficos de pesos diferentes. Para o primeiro conjunto, houve uma maior fixação nos critérios 2 e 3 e para o segundo nos critérios 1 e 2. Esta diferença pode ser talvez explicada pela maior quantidade de informações no segundo conjunto, fazendo com que os participantes detenham maior atenção nos dois critérios iniciais com a presença dos maiores valores de pesos.

Esta análise assim como a anterior não esteve relacionada de maneira direta com HR, porém foi importante para confirmar que a posição dos pesos nos critérios em problemas de decisão multicritério, da esquerda para direita, é coerente com análise realizada pelos decisores.

Partindo agora para o segundo conjunto de análises desenvolvido, para as formas de visualização “tipo outras”, estas foram realizadas a caráter mais exploratório do que as anteriores estando então em menor quantidade. As análises desenvolvidas apresentaram o mesmo objetivo inicial, entender como os participantes avaliavam os gráficos, porém para este caso foram desenvolvidas através de comparações entre as formas de visualização semelhantes: GS4A5C, GRadar4A5C, GBolhas4A5C, T4A5C e GT4A5C ; GS3A5C, T3A5C e GT3A5C.

Neste contexto, a primeira análise realizada foi para o entendimento das taxas de acerto quando os participantes avaliavam as diferentes formas de visualização. Apenas a análise descritiva para estimação do nível mínimo de confiança foi desenvolvida, da mesma forma que apresentado anteriormente. A análise estatística sobre a variação de HR para cada um dos gráficos quando estes mudavam de posição nas diferentes sequências não foi realizada visto que para este caso os gráficos “tipo outros” permaneceram nas mesmas posições para as três sequências.

Dessa forma, com base nas tabelas 3.35 e 3.36 os níveis de confiança mínimos estimados foram de 75% para as formas de visualização semelhantes a GS4A5C e 10% para as formas de visualização semelhantes a GS3A5C. Sendo assim, para maior investigação destas formas de visualização, as tabelas 3.59 e 3.60 foram elaboradas com a ordenação dos maiores valores de HR para os dois conjuntos em cada sequência.

*Tabela 3.59 – Ordens da das formas de visualização quanto ao HR semelhantes a GS4A5C*

<b>Ordenação</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>1°</b>	T4A5C	GRadar4A5C	GRadar4A5C / GS4A5C
<b>2°</b>	GRadar4A5C	T4A5C	T4A5C / GT4A5C
<b>3°</b>	GS4A5C / GT4A5C	GS4A5C / GT4A5C	GBolhas4A5C
<b>4°</b>	GBolhas4A5C	GBolhas4A5C	

*Fonte: Esta pesquisa 2017*

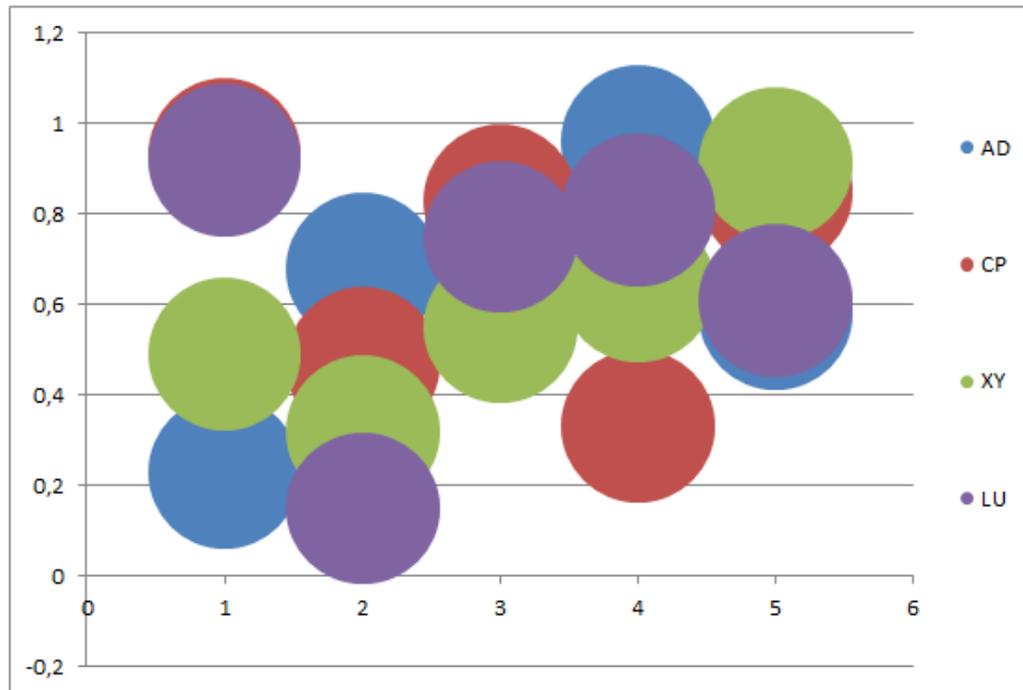
*Tabela 3.60 – Ordens da das formas de visualização quanto ao HR semelhantes a GS3A5C*

<b>Ordenação</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>1°</b>	T3A5C / GT3A5C	T3A5C	T3A5C / GS3A5C
<b>2°</b>	GS3A5C	GS3A5C / GT3A5C	GT3A5C

*Fonte: Esta pesquisa 2017*

Com base nas tabelas elaboradas é possível observar que as formas de visualização do tipo tabela ocuparam as primeiras posições nos rankings. Este resultado pode ser questionado, visto que a amostra coletada foi composta apenas por estudantes e docentes de engenharia, pessoas que apresentam bastante familiaridade com números, sendo assim tabelas podem torna-se mais fáceis de serem visualizadas e logo apresentem maior taxa de acerto. Porém para amostras diversificadas ou compostas por estudantes e docentes de outras áreas do conhecimento, será que o resultado permaneceria o mesmo?

Além das tabelas com predominância nas primeiras colocações, o gráfico de Bolhas também predominou em última posição, para o primeiro conjunto de comparações. Este resultado pode ser explicado avaliando a forma como estes gráficos foram construídos. Devido ao uso de pesos iguais, as bolhas foram todas representadas em mesmo tamanho, o que causou uma sobreposição e pôde ter dificultado a análise, conforme apresentado na figura 3.21.



*Figura 3.21 – Gráfico de Bolhas (Esta pesquisa 2017).*

Além disso, para o segundo conjunto de comparações foi verificada trocas nas colocações, não existindo indicação de forte preferência por nenhuma das formas de visualização (GS3A5C, T3A5C e GT3A5C). Este efeito pode estar atrelado à forma como o gráfico GS3A5C foi construído, ou seja, os valores utilizados para a construção da matriz de consequências. Estes valores então originaram o gráfico de barras (GS3A5C) e as demais formas de visualização semelhantes a ele (T3A5C e GT3A5C). Sendo assim, outro questionamento que fica para o trabalho desenvolvido é: será que a forma como os gráficos foram construídos, ou seja, o padrão de dados utilizados pode dificultar a visualização gráfica a tornando não apropriada?

Apesar da tentativa de diferenciação entre os dados, conforme apresentado no desenho do experimento, talvez para alguns gráficos, como o GS3A5C a forma como os dados ficaram representados em forma gráfica pode não ter sido adequada para a análise. Com base na figura 3.22 é possível observar a proximidade das alternativas, o que pôde ter levado a muitos erros na interpretação.



Figura 3.22 – Gráfico de Barras GS3A5C (Esta pesquisa 2017).

Por fim, o nível mínimo de confiança também pode ser utilizado para fornecer recomendações ao analista com relação a escolha de qual gráfico semelhante é mais apropriado com relação ao número de itens. No experimento em questão, com um número de itens igual ou maior que nove (quatro alternativas somadas a cinco critérios) foi indicado a possibilidade de gráficos tipo radar serem mais adequado do que o gráficos de barras para a visualização. Esta sugestão pode ser apoiada pelo maior espaçamento entre os critérios que os gráficos tipo radar fornecem aos decisores, conforme apresentado em 3.23.

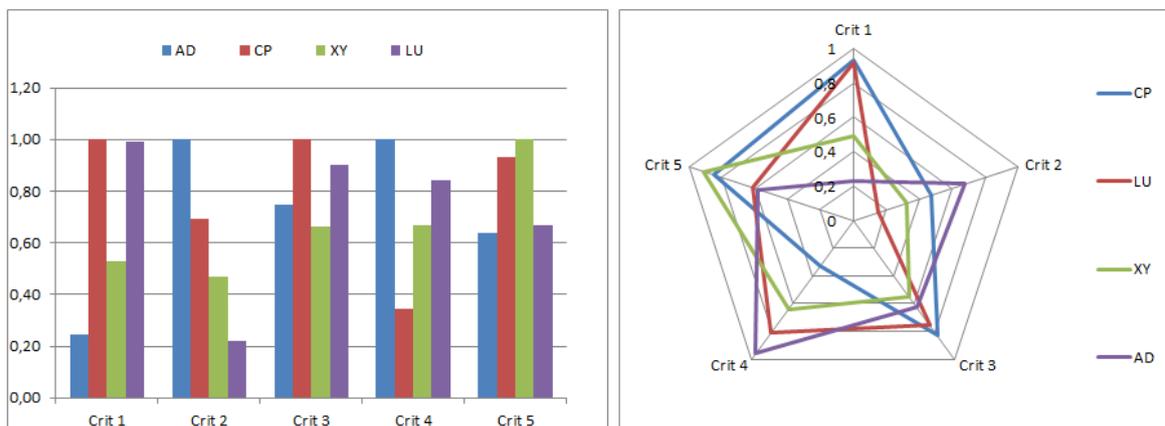


Figura 3.23 – Comparação Gráfico Radar vs. Barras para 4A5C (Esta pesquisa 2017).

Como complementação da análise de formas de visualização “tipo outras”, análises descritivas e estatísticas, com aplicação do teste de Wilcoxon, foram desenvolvidas usando as variáveis relacionadas ao movimento dos olhos.

Para a primeira análise, as médias das variáveis de movimento dos olhos foram comparadas buscando mais informações sobre a forma como os participantes avaliavam cada uma destas formas de visualização. Dessa forma, com base nas tabelas 3.37 e 3.38, foi possível observar que para os dois conjuntos a forma de visualização tipo mista foi a que apresentou maior valor para as variáveis. Este resultado talvez possa ser explicado pela presença de uma maior quantidade de informações nesta forma de visualização quando comparada as demais. No entanto, apesar do maior valor para as variáveis de movimento dos olhos e pela maior quantidade de informações que a forma mista continha, esta não foi a que apresentou maior HR, como já apresentado.

A segunda análise foi realizada, não mais para a comparação de todas as formas semelhantes de visualização de maneira agregada, mas para a comparação aos pares das formas de visualização “tipo outras” com os respectivos gráficos de barras correspondentes (GS4A5C e GS3A5C).

Para esta análise, os valores reais das variáveis de movimentos dos olhos foram extraídos apenas para a sequência S3, pelos mesmos motivos descritos anteriormente, e como resultado foi possível observar a não rejeição da hipótese nula. Sendo assim, foi indicado estatisticamente a não diferenciação na forma de análise dos gráficos de barras com os gráficos “tipo outros” feita pelos participantes.

Apesar da não diferença da forma de análise, os valores de HR variaram para as diferentes formas de visualização. Em suma, com relação ao HR, as tabelas foram as formas de visualização mais aceitas pela amostra, as formas mistas foram as que levaram a maiores tempos de análises e o gráfico de bolhas foi considerado o mais complexo frente a seus semelhantes. Como forma de resumir todos os resultados e comentários descritos neste item, a figura 3.24 foi desenvolvida com as análises macro em preto e os resultados micro em vermelho.

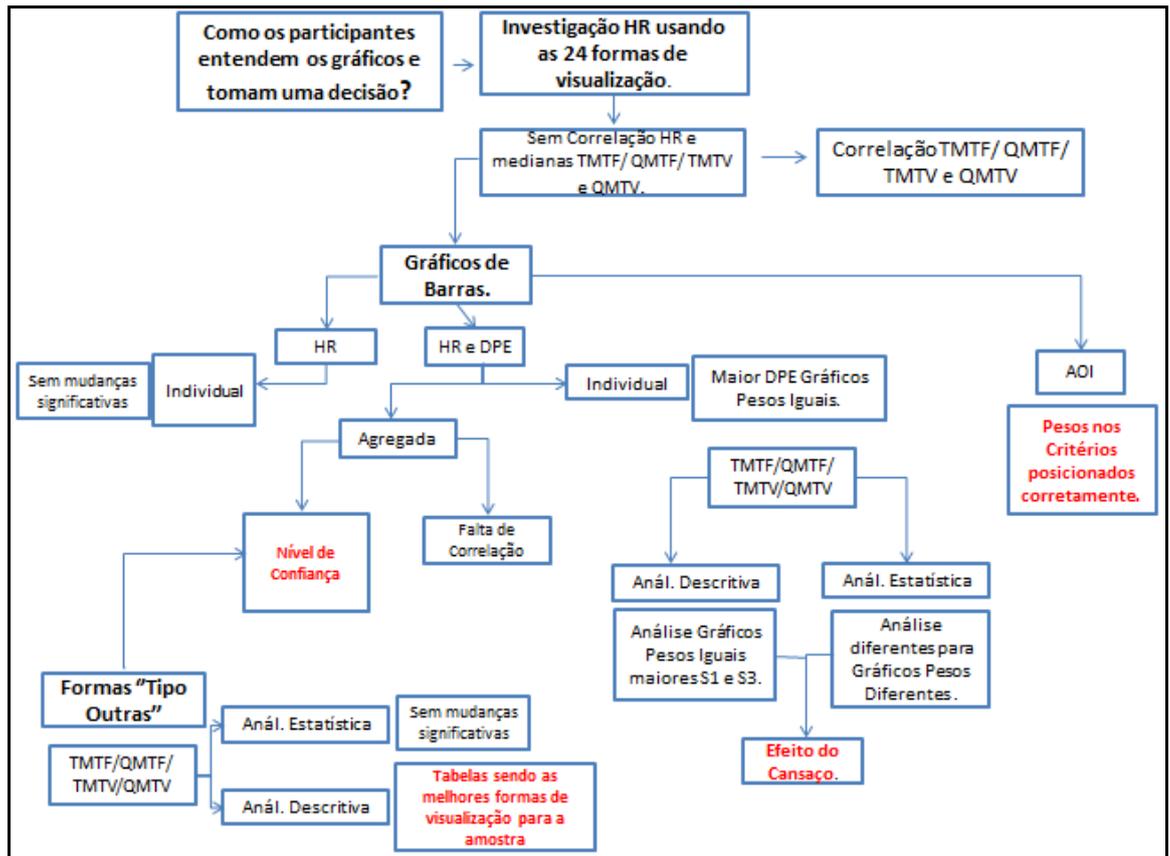


Figura 3.24 –Resumo de todos os resultados (Esta pesquisa 2017).

Por fim, para complementação deste item, uma análise descritiva foi desenvolvida fazendo uso das respostas fornecidas pelos participantes ao questionário inicial e do tempo total de duração do experimento (TD), para investigar os acertos totais de cada um dos participantes no experimento.

Sendo assim, com base nas tabelas 3.49 e 3.53 não foi possível observar nenhuma relação direta entre o número médio de acerto dos participantes com as categorias: conhecimento sobre métodos de apoio a decisão, grau de escolaridade e sexo. Já com relação as categorias idade e tempo de duração do experimento com o número médio de acertos dos participantes, foi possível observar uma relação inversamente proporcional e diretamente proporcional respectivamente para elas.

Com base nestes resultados, uma suposição encontrada para tentar explicar o porquê da falta de relação entre conhecimento sobre métodos de apoio a decisão e grau de escolaridade com o número médio de acertos foi: talvez o crescimento da idade, que em sua maioria esta relacionado de forma direta com maior grau de escolaridade e maior conhecimento sobre multicritério, não tenha favorecido a visualização dos gráficos no experimento montado devido a grande quantidade de informações presentes no experimento.

## 4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 CONCLUSÕES

A neurociência é a abordagem que estuda o sistema neural e suas implicações nos demais processos do corpo humano. Conforme discutido no capítulo II esta abordagem pode ser analisada com dois enfoques: estudo do cérebro com foco na área de saúde e estudo do cérebro para promoção de entendimento de comportamento humano como ferramenta de apoio a outras áreas do conhecimento.

Com relação ao segundo enfoque, o trabalho em questão foi desenvolvido sendo caracterizado como uma pesquisa exploratória que objetiva a integração da neurociência com a abordagem de tomada de decisão multicritério, em especial para o Método FITradeoff.

Muitos trabalhos foram encontrados na literatura com a aplicação de experimentos de neurociência no processo de tomada de decisão para diversas áreas do conhecimento. Estes trabalhos apresentaram o enriquecimento que a abordagem de neurociência pode trazer para a melhoria dos sistemas desenvolvidos, tais como websites, anúncios, produtos, entre outros.

Em contrapartida, para o tema decisão multicritério, poucos trabalhos foram encontrados na literatura, mostrando a lacuna existente no estudo de neurociência aplicada a métodos MCDM. Dessa forma, a pesquisa em questão ressalta o potencial que estudos sobre a integração destas abordagens podem ter para a área, objetivando principalmente a modelagem coerente das preferências dos decisores.

Nesta perspectiva, o trabalho em questão apresentou o estudo de dois aspectos comportamentais, elicitación das preferências e visualização gráfica, presentes no processo de interação dos decisores com o SAD do Método FITradeoff. O segundo aspecto foi foco deste trabalho, com a construção e aplicação de um experimento para a investigação de como os participantes entendiam formas de visualização gráfica e selecionam a melhor alternativa. O objetivo deste experimento foi gerar sugestões para o analista e melhorias no design do SAD.

Com relação ao primeiro objetivo do experimento, foi possível encontrar como resultado um nível de confiança mínimo para cada uma das formas de visualização utilizadas. Este nível pode ser utilizado em qualquer método que use de visualização gráfica, onde o analista pode ou não recomendar as formas de visualização para os diversos problemas de decisão multicritério. O posicionamento dos pesos dentro dos gráficos também foi confirmado

com adequado, com base no padrão de análise encontrado pelo rastreamento dos movimentos dos olhos dos participantes.

Com relação ao segundo objetivo, dentro dos gráficos presentes no método FITradeoff, o Gráfico Radar foi mais aceito que o Gráfico de Barras e o Gráfico de Bolhas menos aceito que os outros dois, para um número de itens igual ou maior que nove. As duas tabelas foram as formas de visualização que levaram a maiores acertos, estas ainda não existem no SAD sendo então uma sugestão de melhoria a inclusão de tabelas para auxiliar o decisor na escolha das POA.

Além dos resultados apresentados acima, outros também foram encontrados com a aplicação do experimento. Estes resultados adicionais, apesar de não estarem relacionados diretamente com as duas finalidades do experimento, foram importantes para o entendimento do experimento realizado. Questionamentos também foram levantados e são apresentados para serem estudados em pesquisas futuras.

#### 4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Conforme abordado anteriormente, a pesquisa desenvolvida teve caráter exploratório e ainda há muito a ser investigado sobre o tema. Como sugestão de pesquisa futura prioritária vem o desenvolvimento de experimentos para a investigação das questões de elicitación das preferências, buscando assim a complementação desta pesquisa assim como de outras que estão sendo desenvolvidas sobre o tema.

Também segue como outra sugestão, a exploração dos questionamentos levantados no experimento. O desenvolvimento de alguns fatores pode auxiliar a responder tais questionamentos, tais como: coleta e aplicação do experimento com amostra maior e mais diversificada e mudanças nos valores iniciais para a construção de outros gráficos de barras e comparação com os existentes. Os questionamentos levantados e a relação destes com os fatores recomendados são apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Sumário de Resultados

Questionamento	Sugestões
Será que para os decisores torna-se mais difícil tomar decisões quando os critérios tem o mesmo peso ou será que temos uma contradição com o que já existe na literatura?	Coleta e aplicação do experimento com amostra maior.
Para amostras diversificadas será que tabelas continuariam a ser a forma de visualização gráfica com maior taxa de acerto?	Construção de outro experimento para avaliação somente da comparação de formas de visualização com amostra mais diversificada.
Será que a forma como alguns gráficos foram construídos, ou seja, o padrão de dados utilizados, não os torna apropriados para visualização gráfica?	Mudanças nos valores iniciais para a construção de outros gráficos e comparação com os existentes

*Fonte: Esta pesquisa (2017).*

Sendo assim, com base no estudo do aspecto comportamental de elicitación das preferências, dos questionamentos levantados, da falta de pesquisas sobre a integração das abordagens e da relevância que a neurociência pode ter como ferramenta de apoio a decisão, é possível perceber a gama de pesquisas futuras que podem e devem ser desenvolvidas sobre o tema.

## REFERÊNCIAS

- ARES, G. et al. 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.
- 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.
- BAZZAZI, A; OSANLOO, M; KARIMI, B. Optimal open pit mining equipment selection using fuzzy multiple attribute decision making approach. *Archives of Mining Sciences*, 54(2): 301-320, 2009.
- BECHARA, A, DAMASIO, A.R. The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and economic behavior*, 52(2): 336-372, 2005.
- BEULLENS, P; ZAIBIDI, N. Z; JONES, D. F. Goal programming to model human decision making in ultimatum games. *International Transactions in Operational Research*, 19(4): 599-612, 2012.
- BROOKES, V. J.; VILAS, VJ Del Rio; WARD, M. P. Disease prioritization: what is the state of the art? *Epidemiology & Infection*, 143(14): 2911-2922, 2015.
- BUETTNER, R. Investigation of the relationship between visual website complexity and users' mental workload: A NeuroIS perspective. In: *Information Systems and Neuroscience*. Springer, 2015.
- BUTLER, M. J., LEE, N., SENIOR, C. Critical Essay: Organizational cognitive neuroscience drives theoretical progress, or: The curious case of the straw man murder. *Human Relations*, 2017.
- BRANS, J. P; MARESCHAL, B. The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid. *Decision support systems*, 12(4-5): 297-310, 1994.
- 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.
- 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*, 2015.
- de ALMEIDA, A. T; ROSELLI, L.R.P. . Improving Preference Modeling for Multi-Criteria Decision-Making with Cognitive Mechanisms Analysis. In: *Society for Neuroeconomics, 2017, Toronto*. Posters of the 17th Society for Neuroeconomics, 2017.

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.

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*. Vol 231. New York: Springer, 2015.

de ALMEIDA, A.T.; FERREIRA, R; CAVALCANTE, C. A review of the use of multicriteria and multi-objective models in maintenance and reliability. *IMA Journal of Management Mathematics*, 26(3): 249-271, 2015.

de ALMEIDA, A.T. Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method. *Computers and Operations Research*, 34(12): 3569-3574, 2007.

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.

DIMOKA, A; PAVLOU, P A.; DAVIS, F D. Neuro-IS: The potential of cognitive neuroscience for information systems research. In: *Proceedings of the 28th International Conference on Information Systems*, 1-20, 2007.

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

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

GENEVSKY, A; KNUTSON, B. Neural affective mechanisms predict market-level microlending. *Psychological science*, 26(9): 1411-1422, 2015.

GLIMCHER, P. W. The neurobiology of visual-saccadic decision making. *Annual review of neuroscience*, 26(1): 133-179, 2003.

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

GOLDBERG, J; HELFMAN, J. Eye tracking for visualization evaluation: Reading values on linear versus radial graphs. *Information visualization*,10(3): 182-195, 2011.

- 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. et al. Consumer Neuroscience-based metrics predict recall, liking and viewing rates in online advertising. *Frontiers in Psychology*, 8, 2017.
- HERNANDEZ-PERDOMO, A. et al. Active management in state-owned energy companies: Integrating a real options approach into multicriteria analysis to make companies sustainable. *Applied energy*, 195: 487-502, 2017.
- HOMENDA, W; JASTRZEBSKA, A; PEDRYCZ, W. Multicriteria decision making inspired by human cognitive processes. *Applied Mathematics and Computation*, 290: 392-411, 2016.
- HUNT, L. T., DOLAN, R. J., BEHRENS, T. E. Hierarchical competitions subserving multi-attribute choice. *Nature neuroscience*, 17(11): 1613-1622, 2014.
- KARMARKAR, U. R., YOON, C. Consumer neuroscience: advances in understanding consumer psychology. *Current Opinion in Psychology*, 10: 160-165, 2016.
- KEENEY, R.L., RAIFFA, H. Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs. New 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.
- 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.
- KOTHE, C. A., MAKEIG, S. Estimation of task workload from EEG data: new and current tools and perspectives. In *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, 2011.
- KRAWCZYK, D. C. Contributions of the prefrontal cortex to the neural basis of human decision making. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(6): 631-664, 2002.
- 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, 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.
- 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.
- LINKOV, I. et al. Using our brains to develop better policy. *Risk analysis*, 32(3): 374-380, 2012.
- LOEWENSTEIN, G; RICK, S; COHEN, JD. Neuroeconomics. *Annual Review of Psychology*, 59: 647-672, 2008
- MIGUEL, C. A. P; FLEURY, A; MELLO, P. H. C; NAKONO, H. D; DE LIMA, P. E; TURRIONI, B. J. et al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012.
- MOHR P N.C, BIELE G, HEEKEREN H. Neural Processing Of Risk. *The Journal of Neuroscience*, 30: 6613-6619, 2010.
- 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.
- ORLITZKY, M. How cognitive neuroscience informs a subjectivist-evolutionary explanation of business ethics. *Journal of Business Ethics*, 144(4): 717-732, 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.
- 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.
- 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.

- RANGEL, A; CAMERER, C; MONTAGUE, PR. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9: 545-556, 2008.
- REIMANN, M. How we relate to brands: Psychological and neurophysiological insights into consumer–brand relationships. *Journal of Consumer Psychology*, 22(1): 128-142, 2012.
- 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.
- ROBERTSON, D. C., VOEGTLIN, C., MAAK, T. Business ethics: The promise of neuroscience. *Journal of Business Ethics*, 144(4): 679-697, 2017.
- ROSELLI, L.R.P.; FREJ. E.A; DE ALMEIDA, A.T. Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System. In: 18th International Conference on Group Decision and Negotiation, Stuttgart. *Proceedings of the 18th International Conference on Group Decision and Negotiation*, 2018
- 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, 2017, Toronto*. Posters of the 17th Society for Neuroeconomics, 2017.
- ROSELLI, L.R.P.; FREJ. E.A; DE ALMEIDA, A.T. Designing Preference Modeling for FITradeoff Method with Decision Neuroscience Experiments. In: 17th International Conference on Group Decision and Negotiation, Stuttgart. *Proceedings of the 17th International Conference on Group Decision and Negotiation*, 2017
- 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. In: *XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Blumenau. Anais do XLIX SBPO*, 2017.
- ROY, B. Multicriteria methodology for decision aiding. *Kluwer Academic Publishers*, 1996.
- 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.
- 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.

SLANZI, G., BALAZS, J; VELÁSQUEZ, J. D. Predicting Web user click intention using pupil dilation and electroencephalogram analysis. *In Web Intelligence (WI), 2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on IEEE*, 2016.

SCHMITT, B. The consumer psychology of brands. *Journal of Consumer Psychology*, 22 (1): 7-17, 2012.

SMITH, E. E., JONIDES, J. Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408): 1657-1661, 1999.

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.

VILA, J; GOMEZ, Y. Extracting business information from graphs: An eye tracking experiment. *Journal of Business Research*, 69(5): 1741-1746, 2016.

VINCKE, J. P; BRANS, PH. A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM. *Management Science*, 31(6): 647-656, 1985.

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.

WEBER, M; BORCHERDING, K. Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. *European Journal of Operational Research*, 67(1): 1-12, 1993.

XIA, C. et al. Lateral orbitofrontal cortex links social impressions to political choices. *Journal of Neuroscience*, 35(22): 8507-8514, 2015.

ZHAO, Y et al. 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.

ZOLFANI, S; AGHDAIE, M; DERAKHTI, A; ZAVADSKAS, E; VARZANDEH, M. Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid

MCDM model in shopping mall locating. *Expert Systems with Applications*, 40(17): 7111-7121, 2013.