



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

EVANIELLE BARBOSA FERREIRA

**ESTUDO DOS MOVIMENTOS OCULARES REVELADOS COM EYE-
TRACKING DURANTE A AVALIAÇÃO HOLÍSTICA NO MÉTODO FITRADEOFF**

Recife
2022

EVANIELLE BARBOSA FERREIRA

**ESTUDO DOS MOVIMENTOS OCULARES REVELADOS COM EYE-
TRACKING DURANTE A AVALIAÇÃO HOLÍSTICA NO MÉTODO FITRADEOFF**

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

Área de concentração: Gerência da Produção

Orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida

Coorientadora: Profa. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

F383e Ferreira, Evanielle Barbosa.
Estudo dos movimentos oculares revelados com *Eye-Tracking* durante a avaliação holística no método *FITradeoff* / Evanielle Barbosa Ferreira. - 2022.
163 folhas, il.; tab.

Orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida .
Coorientadora: Profa. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2022.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. Neurociências em decisão. 3. Aspectos comportamentais em decisão. 4. Desenho de SAD. 5. Análise de FITradeoff. 6. Avaliação holística na decisão. I. Almeida, Adiel Teixeira de (Orientador). II. Roselli, Lucia Reis Peixoto (Coorientadora). III. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-180

EVANIELLE BARBOSA FERREIRA

**ESTUDO DOS MOVIMENTOS OCULARES REVELADOS COM EYE-
TRACKING DURANTE A AVALIAÇÃO HOLÍSTICA NO MÉTODO FITRADEOFF**

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

Área de concentração: Gerência da Produção

Aprovada em: 16/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Profa. Dra. Eduarda Asforda Frej (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Mariana Rodrigues de Almeida (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as promessas cumpridas em minha vida, por liderar e preparar meu caminho, e por me guardar em todo tempo. No Seu amor estou completa.

Aos meus pais, Vânia e Manoel, por serem as pessoas que são e por terem me criado exatamente como fizeram. Pela dedicação ao longo da minha vida e pelo esforço feito para que eu pudesse ter vivido tantas experiências e por suportarem minha ausência em diversos momentos enquanto precisei morar alguns quilômetros longe, mas tendo a certeza de que sempre terei apoio e amor. Ao meu irmão, Evaniell, por vibrar comigo e ter grande valor na minha vida. Aos meus familiares que me apoiaram e torceram para que este sonho se concretizasse, em especial, a meu tio José Maria e minha madrinha Maria José.

Ao meu esposo, Samuel Jônatas, por saber admirar o protagonismo de uma companheira de vida, por ser a melhor e mais íntima forma que Deus encontrou para me ensinar sobre mim mesma. Obrigada por todo apoio, incentivo, trocas e por tornar esse período de escrita mais agradável e leve.

Aos meus sogros, Dona Marli e Seu Salu, por me tratarem como filha, pelo amor, força e apoio em meio a caminhada. À Shara, pela amizade, cuidado e carinho. À Rosana, Cesar e Pedro, pela recepção, atenção, carinho e suporte fornecido, vocês fazem parte deste sonho tão valioso para mim.

Ao meu orientador, Adiel Teixeira de Almeida, por todo o suporte para o desenvolvimento desta dissertação, pelas considerações, respeito e atenção. Nesse sentido, agradeço também à professora Lucia Reis Peixoto Roselli, por ser tão gentil, cuidadosa e prestativa, pelas inúmeras contribuições e suporte.

Agradeço às minhas companheiras desde o início dessa caminhada, Liana, Maria Júlia, Mariana e Maricélia, vocês deixaram o caminho mais doce e essa vitória mais especial! Agradeço à Mariana Menezes, minha duplinha, por compartilhar tantas coisas em comum comigo, por todo suporte, companhia, dicas e conselhos do início ao fim do mestrado. Agradeço também à Maria Elvira e Rayara pela companhia, carinho e trocas nas rotinas de laboratório, à equipe do laboratório NSID e aos professores do PPGEF pelo empenho e qualidade em suas atribuições. Aos meus amigos de vida, que me motivaram a ser melhor a cada dia, acreditaram no meu sonho e entenderam minha ausência em alguns momentos.

Por fim, agradeço à CAPES pelo apoio financeiro prestado durante todo esse período, possibilitando a concretização desta pesquisa.

À todos vocês, meu muito obrigada!

RESUMO

Muitos estudos têm sido desenvolvidos com o apoio de ferramentas de neurociências para análise de aspectos comportamentais. No entanto, há uma lacuna no que tange ao uso de neurociências alinhado com métodos de decisão multicritério (MCDM/A). Motivado por isso, o presente estudo objetiva investigar o comportamento dos decisores na avaliação holística do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) do FITradeoff por meio de visualizações gráficas e tabulares. Para isso, foi conduzido um estudo exploratório, por meio de dados de três experimentos e, com auxílio da ferramenta *Eye-Tracking*, foi possível capturar dados dos movimentos oculares dos participantes. Adicionalmente, desenhos de Áreas de Interesse (AOI's) foram realizados visando obter métricas para investigar o comportamento do decisor nesse processo de decisão, tais como *Time to First Fixation* – TFF, *Fixation Duration* – FD, Previsão de Escolha e Análise Pupilométrica. Os resultados indicaram que os critérios vistos primeiramente tendem a ser os critérios laterais-esquerdos (critérios 1 e 2), além de possuírem a maior duração de fixação, e os critérios identificados por último tendem a ser os critérios laterais-direitos, ou seja, a visualização tende a seguir na posição da lateral esquerda para lateral direita, confirmando que a distribuição dos pesos da esquerda para a direita está adequada. Os dados das AOI's indicaram ainda, por meio da métrica Previsão de Escolha, que a duração da fixação não tem efeito a jusante na escolha final do decisor, ou seja, fixar o olhar por mais tempo em uma alternativa não fez o decisor escolhê-la, sendo necessário analisar outras variáveis em investigações futuras. Os resultados dos picos de dilatação da pupila, sugeriram um aumento na fadiga mental associado a tarefa de Seleção e maior nível de atenção e engajamento na tarefa de Eliminação. Além disso, os gráficos de barras obtiveram maiores valores médios de dilatação da pupila e uma sugestão de tendência do emprego de maior nível de atenção para as análises de visualizações com pesos diferentes, quando comparado a pesos iguais. Os resultados deste estudo contribuem para a melhoria do processo decisório, tendo em vista que o método FITradeoff é aplicado na resolução de problemas no âmbito econômico, social e ambiental do país.

Palavras-chave: neurociências em Decisão; aspectos comportamentais em decisão; desenho de SAD; análise com FITradeoff; avaliação holística na decisão.

ABSTRACT

Many studies have been developed with the support of neuroscience tools to analyze behavioral aspects. However, there is a gap regarding the use of neuroscience in multi-criteria decision-making/aiding (MCDM/A). Motivated by this, the study aims to investigate the behavior of decision makers (DMs) during the holistic evaluation of the FITradeoff Decision Support System (DSS) through graphical and tabular visualization. For this, an exploratory study was conducted using data from three experiments and, with the aid of the Eye-Tracking tool, it was possible to capture data from the participants' eye movements. Additionally, Area of Interest (AOI's) designs were performed aiming to obtain metrics to investigate the decision maker's behavior in this decision process, such as Time to First Fixation - TFF, Fixation Duration - FD, Choice Prediction, and Pupilometric Analysis. The results indicated that the criteria viewed first tend to be the left-side criteria (criteria 1 and 2), and have the longest fixation duration, and the criteria viewed last tend to be the right-side criteria, i.e., viewing tends to follow in the left-side to right-side position, confirming that the distribution of weights from left-side to right-side position is adequate. The AOI data further indicated, via the Choice Prediction metric, that fixation duration has no downstream effect on the DMs preference for it, thus, other variables need to be analyzed as to their role in predicting the decision maker's choice in future investigations. The results of the pupil dilation peak, suggest an increase in mental fatigue associated with the Selection task from the decrease in the pupil dilation peak in this stage and higher level of attention and engagement in the Elimination task. Moreover, for all combinations of criteria, the bar charts obtained higher mean pupil dilation values and a suggestion of a tendency of the employment of a higher level of attention for the analysis of visualizations with different weights, when compared to equal weights. In view of the above, it was possible to observe usual behavior patterns for improving the analyst-decisor relationship, as well as to suggest further future investigations. The results of this study contribute to the improvement of the decision making process, considering that the FITradeoff method is applied in solving problems in the economic, social and environmental spheres of the country.

Keywords: decision neuroscience; behavioral aspects in MCDM/A; DSS design; analysis using FITradeoff; holistic evaluation in decision.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estrutura desta dissertação.....	24
Figura 2 -	Elicitação por decomposição.....	29
Figura 3 -	Gráfico de barras do SAD FITradeoff.....	30
Figura 4 -	Gráfico bolha do SAD FITradeoff.....	31
Figura 5 -	Gráfico radar do SAD FITradeoff.....	31
Figura 6 -	Ferramentas de Neurociência.....	33
Figura 7 -	Desenho de AOI's nos critérios do gráfico de barras.....	35
Figura 8 -	Slide para escolha da seleção da melhor alternativa.....	52
Figura 9 -	Tarefa exigida ao aos participantes.....	53
Figura 10 -	Área de trabalho do Tobii Studio.....	54
Figura 11 -	Representações disponíveis no Tobii Studio.....	54
Figura 12 -	Informações de AOI do Tobii Studio.....	56
Figura 13 -	Desenho de AOI.....	57
Figura 14 -	Informações de Estatísticas descritivas do Tobii Studio.....	58
Figura 15 -	Processo de tratamento dos dados.....	60
Figura 16 -	Gráfico de bolhas.....	61
Figura 17 -	Síntese dos resultados do Experimento 2017.....	62
Figura 18 -	Gráfico de barras com pesos diferentes.....	63
Figura 19 -	Síntese dos resultados do Experimento 2018.....	64
Figura 20 -	Síntese dos resultados do Experimento 2019.....	65
Figura 21 -	Representações das ilustrações do Experimento 2020.....	68
Figura 22 -	Slide informativo da seleção da melhor alternativa.....	68
Figura 23 -	Slide informativo da eliminação da pior alternativa.....	69
Figura 24 -	Heatmaps das visualizações por gráfico de barras.....	86
Figura 25 -	Heatmaps das visualizações tabulares.....	87
Figura 26 -	Duração da Fixação para as tarefas.....	88
Figura 27 -	Boxplot da duração da fixação das tarefas.....	88
Figura 28 -	Valores médios do pico de dilatação da pupila em função do número de critérios dos gráficos de barras.....	97
Figura 29 -	Valores médios do pico de dilatação da pupila em função do número de critérios das tabelas.....	98

Figura 30 - Valores médios de dilatação da pupila em função número de critérios.....	99
Figura 31 - Valores médios de dilatação da pupila em função do número de critérios.....	101
Figura 32 - Valores médios de dilatação pupila em função do número critérios.....	102
Figura 33 - Valores médios de dilatação da pupila nas tarefas do experimento.....	103
Figura 34 - Boxplot do diâmetro da pupila para as tarefas.....	104
Figura 35 - Gráfico de dispersão da Ordem.....	112
Figura 36 - Síntese dos resultados descritivos do Experimento 2020.....	129
Figura 37 - Síntese dos testes estatísticos dos Experimentos.....	130
Figura 38 - Comparação par a par das consequências.....	132
Figura 39 - Ranking das alternativas.....	133
Figura 40 - Gráfico de barras com alternativas da posição 2 do ranking.....	134
Figura 41 - Gráfico de barras com alternativas da posição 3 do ranking.....	135
Figura 42 - Diagrama de Hasse.....	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de Estatísticas descritivas do Tobii Studio.....	59
Quadro 2 - Síntese das comparações entre os experimentos no período de 2017-2020.....	69
Quadro 3 - Métricas usadas para realização das análises desse estudo.....	70
Quadro 4 - Comparação dos experimentos.....	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	27
Equação 2.....	27
Equação 3.....	29
Equação 4.....	132
Equação 5.....	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Matriz de decisão de um problema de decisão multicritério.....	27
Tabela 2 -	Resultados das buscas WOS.....	48
Tabela 3 -	Sequência das visualizações do Experimento 2020.....	67
Tabela 4 -	TFF para visualizações tabulares.....	74
Tabela 5 -	TFF para visualizações com gráficos de barras.....	74
Tabela 6 -	TFF para visualizações mistas.....	75
Tabela 7 -	Teste de Wilcoxon para visualizações gráficas e tabulares.....	76
Tabela 8 -	Teste de Wilcoxon para visualizações mistas.....	76
Tabela 9 -	Comparação entre os tempos de TFF.....	77
Tabela 10 -	Comparação TFF para combinações mistas.....	77
Tabela 11 -	TFF para gráficos de barras.....	78
Tabela 12 -	TFF para barras, radar e tabela.....	78
Tabela 13 -	TFF para combinação mista.....	79
Tabela 14 -	Teste de Wilcoxon para visualizações gráficas e do tipo radar	80
Tabela 15 -	Teste de Wilcoxon para visualizações tabulares.....	80
Tabela 16 -	Teste de Wilcoxon para visualizações mistas.....	80
Tabela 17 -	Comparação dos valores de TFF.....	81
Tabela 18 -	Comparação de TFF para combinações mistas.....	81
Tabela 19 -	TFF para gráfico de barras com pesos iguais e diferentes.....	82
Tabela 20 -	TFF para visualizações tabulares com pesos iguais e diferentes.....	83
Tabela 21 -	Teste de Wilcoxon para visualização do gráfico de barras.....	84
Tabela 22 -	Teste de Wilcoxon para visualizações tabulares.....	84
Tabela 23 -	Comparação dos valores de TFF para Seleção.....	84
Tabela 24 -	Comparação dos valores de TFF para Eliminação.....	85
Tabela 25 -	Menor FD para visualizações com gráficos de barras e tabelas.....	86
Tabela 26 -	Teste de Wilcoxon para visualizações com gráficos de barras	90
Tabela 27 -	Teste de Wilcoxon para visualizações tabulares.....	90
Tabela 28 -	Comparação da métrica FD para gráfico e tabela.....	90
Tabela 29 -	Comparação da métrica FD para eliminação e seleção.....	91
Tabela 30 -	Comparação da métrica FD para pesos iguais e diferentes....	91
Tabela 31 -	Teste de Wilcoxon para visualizações com gráficos de barras e tabelas.....	92

Tabela 32 - Teste de Wilcoxon para visualizações com pesos iguais versus pesos diferentes.....	92
Tabela 33 - Teste de Wilcoxon para visualizações gráficas versus tabulares.....	93
Tabela 34 - Previsão de escolha para visualizações tabulares e gráfico de barras.....	94
Tabela 35 - Previsão de escolha para visualizações mistas.....	94
Tabela 36 - Previsão de escolha para visualizações com pesos diferentes.....	95
Tabela 37 - Previsão de escolha para visualizações com pesos iguais.....	95
Tabela 38 - Previsão de escolha para visualizações mistas.....	96
Tabela 39 - Previsão de escolha para visualizações na tarefa de eliminação.....	96
Tabela 40 - Previsão de escolha para visualizações na tarefa de seleção.	96
Tabela 41 - Teste de Wilcoxon para média de pupila na tarefa de eliminação e seleção.....	105
Tabela 42 - Comparação entre tarefa de Seleção e Eliminação.....	105
Tabela 43 - Teste de Wilcoxon para média da pupila com pesos iguais versus pesos diferentes.....	106
Tabela 44 - Comparação entre pesos diferentes e iguais.....	106
Tabela 45 - Teste de Wilcoxon para média de pupila para gráficos versus tabelas.....	107
Tabela 46 - Comparação entre gráfico de barras e tabela.....	107
Tabela 47 - Correlação entre pupila e fixação.....	108
Tabela 48 - Correlação entre as variáveis nas tarefas de Seleção e Eliminação.....	109
Tabela 49 - Estatísticas descritivas das variáveis na tarefa de Seleção e Eliminação.....	109
Tabela 50 - Correlação entre as variáveis nos gráficos de barras e tabelas.	110
Tabela 51 - Estatísticas descritivas das variáveis nos gráficos de barras e tabelas.....	110
Tabela 52 - Correlação entre as variáveis para visualizações com pesos iguais e diferentes.....	110
Tabela 53 - Estatísticas descritivas das variáveis para visualizações com pesos iguais e diferentes.....	110
Tabela 54 - Correlação com a Ordem de visualização.....	111

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Justificativa.....	19
1.2	Objetivos do Trabalho.....	20
1.2.1	Objetivo Geral.....	20
1.2.2	Objetivos Específicos.....	20
1.3	Metodologia.....	21
1.4	Estrutura do Trabalho.....	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1	Fundamentação Teórica.....	25
2.1.1	Decisão Multicritério.....	25
2.1.2	Método FITradeoff e seu Sistema de Apoio a Decisão (SAD).	28
2.1.3	Uso das ferramentas de Neurociência.....	31
2.1.4	Estudo dos movimentos oculares em Experimentos de Neurociência em Decisão.....	36
2.2	Revisão Bibliográfica sobre o método FITradeoff e Neurociência em Decisão.....	38
2.2.1	Estudos com o método FITradeoff.....	38
2.2.2	Experimentos de Neurociências para melhoria do FITradeoff.	41
2.2.3	Estudo dos movimentos oculares em experimentos de Decisão.....	43
2.3	Síntese do Estado da Arte e Posicionamento deste Trabalho.....	47
3	Experimentos para avaliação dos processos decisórios..	49
3.1	Experimentos Prévios para investigação do processo de Avaliação Holística no FITradeoff.....	49
3.1.1	Desenho dos Experimentos.....	49
3.1.2	Participantes.....	50
3.1.3	Instruções aos participantes.....	51
3.1.4	Materiais e tarefa exigida aos participantes.....	51
3.1.5	Processamento e representação dos dados.....	53
3.1.6	O desenho das Áreas de Interesse (AOI's).....	56

3.1.7	Métricas e estatísticas de rastreamento ocular.....	57
3.2	Experimento desenvolvido no ano de 2017.....	61
3.3	Experimento desenvolvido no ano de 2018.....	62
3.4	Experimento desenvolvido no ano de 2019.....	64
3.5	Experimento desenvolvido no ano de 2020: Seleção versus Eliminação.....	66
3.6	Comparação dos resultados dos Experimentos 2017-2020.....	71
4	RESULTADOS ENCONTRADOS COM O EYE-TRACKING PARA O CONJUNTO DOS EXPERIMENTOS DE 2018-2020	73
4.1	Tempo de Primeira Fixação (TFF).....	73
4.1.1	Experimento 2018.....	74
4.1.2	Experimento 2019.....	77
4.1.3	Experimento 2020.....	82
4.2	Duração da Fixação (FD).....	85
4.2.1	Análise Estatística para Duração de Fixação 2020.....	89
4.3	Previsão de Escolha.....	93
4.3.1	Experimento 2018.....	94
4.3.2	Experimento 2019.....	95
4.3.3	Experimento 2020.....	96
4.4	Análise Pupilométrica.....	97
4.4.1	Pico de dilatação da Pupila.....	97
4.4.2	Tamanho médio da dilatação da pupila.....	99
4.5	Discussão de Resultados.....	112
4.5.1	Tempo de Primeira Fixação (TFF).....	112
4.5.2	Duração da Fixação (FD).....	116
4.5.3	Previsão de Escolha.....	118
4.5.4	Análise Pupilométrica.....	121
4.6	Síntese dos Resultados dos Experimentos 2018-2020.....	125
5	Uso dos Resultados em uma aplicação com o FITradeoff.	131
5.1	Descrição do Problema.....	131
5.2	Resolução do Problema usando o FITradeoff.....	131
6	Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.....	137

6.1	Conclusões.....	137
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	139
	REFERÊNCIAS.....	141
	APÊNDICE A - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2018.....	151
	APÊNDICE B - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2019.....	154
	APÊNDICE C - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2020 (TAREFA SELEÇÃO).....	158
	APÊNDICE D - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2020 (TAREFA ELIMINAÇÃO).....	161

1 INTRODUÇÃO

O processo de tomada de decisão faz parte do dia-a-dia das pessoas e é um fator presente em todas as ações realizadas, tanto no âmbito pessoal quanto no âmbito empresarial. Em muitas situações, tais decisões envolvem duas ou mais alternativas avaliadas por critérios, que representam os objetivos do problema de decisão, muitas vezes conflitantes entre si, sendo assim, essas decisões são caracterizadas como sendo problemas de decisão multicritério, do inglês “*Multi-Criteria Decision Making/Aiding - MCDM/A*” (KEENEY e RAIFFA, 1976; DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

Nesse contexto, pode-se observar diversas aplicações na literatura com relação aos princípios de MCDM/A, tais como: Triagem de pacientes da Pandemia da COVID-19 (ROSELLI *et al.*, 2020), priorização do risco de inundação em áreas urbanas (DA SILVA *et al.*, 2020), seleção de políticas de manutenção (DE ALMEIDA *et al.*, 2015) e seleção de fornecedores (FREJ *et al.*, 2017). Assim sendo, quando se trata de problemas com objetivos múltiplos e muitas vezes conflitantes entre si, a resolução se torna difícil uma vez que esses problemas podem ser bastante complexos. Portanto, fazem-se necessárias abordagens que lidem com tais problemas. Somado a isso, alguns métodos de apoio à decisão foram desenvolvidos para auxiliar e estruturar o processo decisório.

No entanto, tem-se a crescente necessidade de estudos com relação ao comportamento e as atitudes do decisor no processo de tomada de decisão multicritério (KORHONEN; WALLENIUS, 1996; HUNT *et al.*, 2014). A neurociência pode ser usada como ferramenta para melhor entendimento do comportamento do decisor e, conseqüentemente, um melhoramento no processo de tomada de decisão, visto que estas podem se tornar mais condizentes quanto às preferências dos decisores. Ainda assim, tem-se uma lacuna em MCDM/A relevante, uma vez que foram obtidos poucos trabalhos, até o dado momento, na base *Web of Science* quando os temas “*Multi-criteria decision making Aiding*” e “*Neuroscience*” são agregados.

A neurociência pode capturar as variáveis fisiológicas em tempo real (DIMOKA *et al.*, 2012) e seu estudo sobre o sistema neural e a influência que este possui no comportamento do ser humano pode ser muito relevante na captura das preferências do decisor. Para isso, a neurociência utiliza diversas ferramentas, tais como: o fMRI

(*Functional Magnetic Resonance Imaging*), EEG (*Electroencephalography*) e o *Eye-Tracking*, que são capazes de mensurar algumas variáveis corporais, por exemplo, o que pode ser usado para avaliar padrões de comportamentos no processo decisório.

Nessa perspectiva, tem-se um potencial de inovação quando se agregam aspectos comportamentais à modelagem dos métodos de solução de problemas com objetivos múltiplos, ou seja, neurociência e MCDM/A. Nesse contexto, o Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*), proposto por de Almeida *et al.* (2016) e de Almeida *et al.* (2021), foi foco desta pesquisa devido à interatividade, tendo em vista que o decisor participa de todo o processo de decisão expressando suas preferências. No FITradeoff, a modelagem de preferências pode ser feita de duas maneiras: pela elicitación por decomposição, onde os pares de consequências são comparados em critérios adjacentes, ou por meio da avaliação holística (conjunta) composta por visualizações gráficas que apresentam a performance das alternativas nos problemas de MCDM/A. Assim, o SAD também foi foco devido a sua flexibilidade, que permite que o decisor prossiga no processo decisório da forma que se sentir cognitivamente mais à vontade, podendo fazer o uso da avaliação holística para fornecer informações preferenciais adicionais à elicitación ou ainda para finalizar o processo (DE ALMEIDA *et al.*, 2021). O SAD do FITradeoff encontra-se disponível para acesso na web, em <http://fitradeoff.org/>, pode ser acessado diretamente em <http://www.cdsid.org.br/fitradeoff/>.

Assim, o objetivo desta pesquisa recai na investigação de como os decisores utilizam a visualização gráfica e tabular para tomar decisão com base na avaliação holística no método FITradeoff. Para o atingimento do objetivo desse estudo, propõe-se o uso da neurociência, que auxilia na promoção de um entendimento acerca do sistema neural e pode contribuir na investigação do comportamento do decisor na avaliação holística. Por meio do uso do *Eye-Tracking*, as variáveis fisiológicas, que não estão sob controle do decisor, foram coletadas para que pudessem ser feitas análises e recomendações com relação aos problemas MCDM/A representados por diferentes gráficos e tabelas. Outro recurso foco para esse estudo, relaciona-se com o uso de Áreas de Interesse (AOI's), que são desenhos feitos nas imagens em estudo projetadas pelo software de rastreamento ocular, necessárias para que se fossem extraídas diferentes métricas e possibilitasse a realização de análises exploratórias com dados de movimento ocular. Dessa forma, como resultado central do estudo,

buscou-se a partir da investigação dos movimentos oculares, compreender o comportamento dos decisores frente a avaliação holística para promover recomendações para melhoramento da relação analista-decisor e no design do SAD, permitindo a obtenção de *insights* para novas pesquisas.

Estudos sobre como o decisor seleciona uma alternativa usando a visualização gráfica começaram a ser desenvolvidos e estão disponíveis na literatura, tais como: Roselli *et al.* (2019 a), Roselli *et al.* (2019 b) e Roselli (2020). No entanto, o presente estudo se propôs a avaliar dados apenas do *eye-tracking* e utilizar novas métricas (Exibidas no Quadro 3, da seção 3.5), tais como: Tempo de Primeira Fixação, Previsão de Escolha, Pico de dilatação da pupila que ainda não foram abordadas nos estudos anteriores, bem como aplicar a métrica de duração da fixação e diâmetro da pupila corrigida por *baseline* nos dados do Experimento 2020 para dar seguimento a análises já iniciadas nos Experimentos de 2018 e 2019, para entendimento do comportamento do decisor na tomada de decisão.

1.1 Justificativa

Esta pesquisa se justifica à medida que corrobora para evolução da literatura relacionada à realidade comportamental dos decisores na tomada de decisão de problemas MCDM/A e integra os resultados para desenvolvimento da área de Neurociência em Decisão (*Decision Neuroscience*). Assim sendo, a utilização da abordagem da neurociência integrada à decisão multicritério se mostra relevante no sentido de analisar o comportamento dos decisores na avaliação holística por meio da visualização gráfica e tabular.

Em se tratando de problemas de MCDM/A, as formas de visualização podem ser utilizadas como suporte aos decisores no processo de decisão, uma vez que auxilia no entendimento do problema. Em adição a isso, Miettinen (2014) aponta que uma boa visualização fornece suporte para que o decisor obtenha *insights* acerca do problema e das diferentes alternativas a serem comparadas.

Nesse contexto, o método FITradeoff (DE ALMEIDA *et al.*, 2016; DE ALMEIDA *et al.*, 2021) foi utilizado pela flexibilidade que apresenta ao decisor, possibilitando que o decisor forneça preferências da forma que julgar mais adequada, podendo ser por decomposição ou avaliação holística. Somado a isso, a avaliação holística possui

formas de visualizações gráficas disponíveis para suporte ao decisor durante todo o processo de decisão. No entanto, faz-se necessário que as visualizações sejam entendidas pelo decisor, para que ele consiga fazer o melhor uso destas visualizações para o fornecimento de preferências ao longo do processo decisório. Nesse contexto, a utilização das variáveis não-controladas pelos decisores, tais como o diâmetro da pupila, capturadas por ferramentas de neurociência podem auxiliar no melhor entendimento do comportamento do decisor no processo decisório (ROSELLI *et al.*, 2019 c).

Dessa forma, este estudo se propôs a combinar aspectos do comportamento dos decisores aos métodos de apoio a decisão multicritério, investigando como os decisores fornecem preferências usando de visualizações gráficas e tabulares. Especificamente, dois processos decisórios foram investigados: a seleção da melhor alternativa, em sua maioria, e a eliminação da pior alternativa. Com isso, pode-se melhor compreender o processo de decisão e até mesmo auxiliar o analista no aconselhamento feito ao decisor durante o processo decisório, além de gerar sugestões para melhoria do SAD.

1.2 Objetivos do Trabalho

Este item tem foco em apresentar o objetivo geral, bem como os objetivos específicos desse estudo.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral investigar de forma ampla o comportamento do decisor durante a avaliação holística no método FITradeoff para obtenção de *insights* e melhoramento do processo decisório e do SAD do método FITradeoff, por meio da análise dos movimentos oculares, tendo como apoio a ferramenta de neurociência – *Eye-Tracking*.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral fosse alcançado, foram formulados os objetivos específicos:

- a) Apresentar o tema de neurociência aplicado ao contexto de decisão por meio da interação entre os temas decisão multicritério e neurociência;
- b) Investigar os processos cognitivos durante a avaliação holística no FITradeoff e analisar como o decisor expressa preferências (seleciona ou elimina alternativas) por meio da captura de dados de movimentos oculares com a aplicação do experimento no ano de 2020 e da utilização da ferramenta *eye-tracking*;
- c) Revisar os movimentos oculares capturados em experimentos prévios, os quais foram desenvolvidos nos anos de 2018 e 2019, e desenvolver análises descritivas e estatísticas dos movimentos oculares capturados, tais como fixações e diâmetro pupilar;
- d) Promover recomendações e possíveis melhorias no processo de aconselhamento do analista com o decisor e no design do SAD por meio da aplicação de estudo comportamental;
- e) Aplicar os resultados obtidos em uma aplicação prática envolvendo a seleção de inversores para o sistema solar que fez uso do FITradeoff.

1.3 Metodologia

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, qualitativa, pois foram feitos estudos e análises dos dados de movimentos oculares obtidos para que se tenha uma melhor compreensão interpretativa e quantitativa, uma vez que foram realizadas análises estatísticas para se chegar aos resultados esperados. Com relação a sua finalidade, tratou-se de uma pesquisa aplicada, pois havia experimentos práticos envolvidos, desenvolvidos no laboratório NSID – *NeuroScience for Information and Decision Laboratory*, que possibilitaram que os resultados fossem aplicados em diferentes situações.

O objetivo pode ser classificado como exploratório com dados dos experimentos de 2018, 2019 e 2020, visando compreender o comportamento dos decisores durante o uso do SAD, fazendo o levantamento e a testagem de hipóteses ao longo do estudo. No que se refere às técnicas de pesquisa, utilizou-

se de documentação indireta proveniente de pesquisa bibliográfica (MIGUEL *et al.*, 2012).

Sobre as amostras usadas nos experimentos, essa foi composta por alunos do curso de Engenharia de Produção. Em média, cada um dos três experimentos contou com 54 participantes. Como fase preliminar dos experimentos, houve uma explanação para os participantes dos equipamentos e procedimentos técnicos, além disso, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do Comitê de Ética. Os movimentos dos olhos foram registrados usando um Tobii X-120 Eye Tracker do fabricante Tobii, enquanto o Tobii Studio foi usado para registrar as respostas dos olhos.

1.4 Estrutura do Trabalho

A dissertação está estruturada em 6 capítulos a seguir:

O Capítulo I, a Introdução, tem como objetivo apresentar a ideia geral sobre a temática em questão, além de apresentar as motivações, justificativas para o desenvolvimento da pesquisa, os objetivos do estudo e a metodologia aplicada.

No capítulo II, tem-se a fundamentação teórica e a revisão bibliográfica, que revelam a base dos conceitos desse estudo, as lacunas existentes e a posição deste frente aos demais estudos disponíveis na literatura. A fundamentação teórica encontra-se segmentada em 4 seções: A primeira seção aborda ideias gerais acerca de Decisão Multicritério; na segunda, são apresentadas descrições sobre o método FITradeoff e seu Sistema de Apoio a Decisão (SAD); A terceira seção, traz noções do uso das ferramentas de Neurociência; por fim, a última seção diz respeito aos estudos dos movimentos oculares em Experimentos de Neurociência em Decisão. Na revisão bibliográfica, realizada com o objetivo de aprofundar e investigar o uso de neurociência no contexto MCDM/A, foram divididos em 3 seções: Estudos em diversos contextos com uso do método FITradeoff, Experimentos de Neurociências e contribuições para melhoria do FITradeoff, Estudo dos movimentos oculares em experimentos de Decisão em Geral.

O capítulo III, composto pelos experimentos já desenvolvidos para avaliação dos processos decisórios, visa investigar o processo de avaliação holística no SAD do FITradeoff com auxílio de ferramentas de neurociência. O capítulo é ainda dividido em

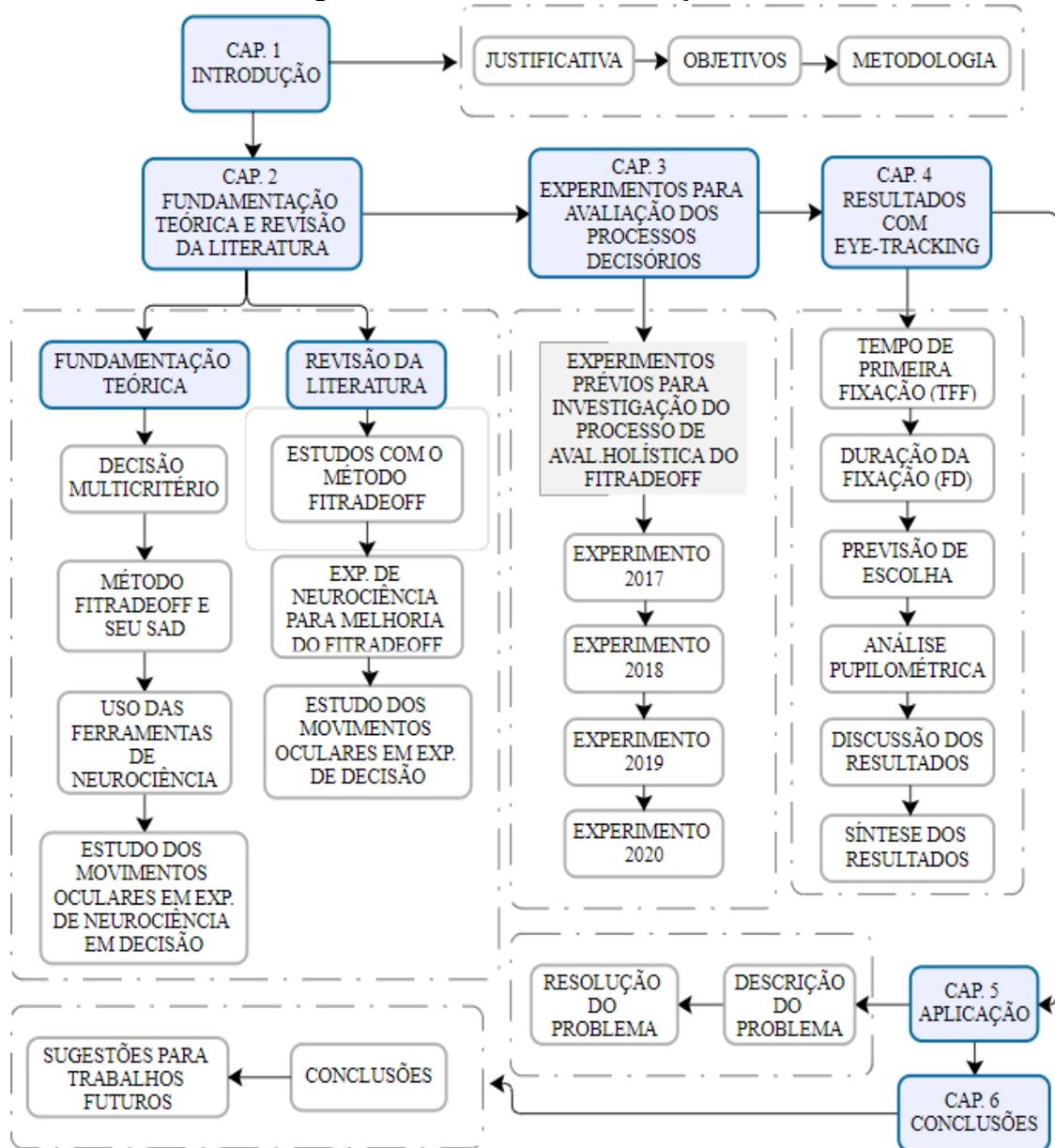
5 seções: Experimentos prévios, que traz aspectos comuns aos experimentos desenvolvidos, tais como desenho do experimento, procedimento, processamento de dados, desenho das AOI's e métricas de rastreamento ocular; seguido pelas seções que descrevem os experimentos realizados, o Experimento 2017, que se tratou do experimento pioneiro, fazendo o uso apenas do *Eye-tracking*, e seus resultados serviram de base para criação dos experimentos seguintes, o Experimento 2018, que fez o uso de Eletroencefalograma (EEG) e o *Eye-tracking* para avaliar visualizações do tipo mista (com gráfico e tabela na mesma tela) e avaliou a distribuição de pesos nas visualizações, o Experimento 2019, que fez o uso de EEG e o *Eye-tracking* para avaliar as combinações com duas alternativas para investigar a relação de dominância contida na problemática de ordenação no Método FITradeoff, e o Experimento 2020, que usou o EEG e o *Eye-tracking* para avaliar gráficos de barras e tabelas em duas tarefas: seleção e eliminação. Todos os experimentos foram realizados no laboratório NSID - *NeuroScience for Information and Decision Laboratory*, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

O capítulo IV apresenta os resultados das análises realizadas por meio dos experimentos realizados, dividido em 6 seções, onde nas duas últimas seções são apresentados a discussão dos resultados apresentados na seção III e uma síntese dos resultados obtidos.

O capítulo V traz uma aplicação dos resultados desta dissertação em um problema de seleção de inversor publicado em anais de evento.

O capítulo VI é composto pela conclusão do estudo, bem como questionamentos levantados e sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros. A Figura 1 ilustra a estrutura do trabalho.

Figura 1 – Estrutura desta dissertação



Fonte: A autora (2022)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será fornecida a base teórica que foi utilizada para o desenvolvimento desse estudo, servindo como sustentação técnica aos fundamentos da pesquisa e como uma revisão sobre os estudos em relação aos temas de Decisão multicritério e Uso de Neurociência por meio de ferramentas e movimentos oculares, baseados nas principais referências sobre os temas. Seguidamente, será apresentado o panorama do estado da arte sobre o método FITradeoff e Neurociência em Decisão.

2.1 Fundamentação Teórica

A seguir, é apresentada a Fundamentação Teórica base utilizada para esta pesquisa, sendo dividida em quatro tópicos: Decisão Multicritério, Método FITradeoff e seu Sistema de Apoio a Decisão (SAD), Uso das ferramentas de Neurociência e Estudo dos movimentos oculares em Experimentos de Neurociência em Decisão.

2.1.1 Decisão Multicritério

A definição de problema de decisão multicritério segundo de Almeida (2013, p.1), é uma “situação, onde há pelo menos duas alternativas de ação para se escolher e esta escolha é conduzida pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si”. Visto isso, é notória a percepção de que tais problemas de decisão são vivenciados todos os dias, tanto em questões pessoais quanto em questões profissionais, sendo assim, torna-se imprescindível conhecer e entender o processo decisório para que se tenha auxílio nas tomadas de decisões em geral.

Dessa maneira, tem-se uma preocupação quanto ao desenvolvimento de modelos de decisão e à escolha adequada de métodos que dão suporte a estas decisões. No modelo de decisão, tem-se a representação formal e com simplificação do problema, enfrentando-o com suporte de um método multicritério de apoio à decisão (MCDM/A). Há diversos métodos presentes na literatura para apoiar o decisor, buscando manter a racionalidade do processo, tais como os métodos de critério único de síntese, os métodos de sobreclassificação e os métodos interativos. Sendo o decisor, questão chave de MCDM/A, a pessoa provida de poder de escolha

na tomada de decisão (de Almeida *et al.*, 2019) e responsável também por proceder a avaliação das alternativas a serem consideradas no problema (DE ALMEIDA, 2013).

Segundo Roy (1996), os métodos são classificados como: Métodos de Critério Único de Síntese; Métodos Interativos e Métodos de Sobreclassificação. Para o primeiro grupo, pode-se destacar os métodos baseados na Teoria do Valor Multiatributo (*Multi-Attribute Value Theory* - MAVT) e na Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multi-Attribute Utility Theory* - MAUT), nessas teorias utiliza-se do modelo de agregação aditiva. Com relação aos métodos interativos, eles podem estar associados a problemas contínuos ou discretos. Já para o terceiro grupo de métodos citado, pode-se destacar a família de métodos PROMETHEE (VINCKE; BRANS, 1985) e ELECTRE (ROY, 1996).

Somado a isso, de Almeida *et al.* (2015) trazem uma classificação muito utilizada para melhor entender o problema e objetiva a escolha do método mais adequado a ser utilizado no problema de decisão, que é a classificação da racionalidade do decisor, podendo ser compensatória ou não compensatória. Os métodos compensatórios admitem que exista compensação para o decisor, assim sendo, um desempenho ruim de uma alternativa em um determinado critério pode ser compensado por um bom desempenho da mesma alternativa em outro critério. Uma alternativa com desempenho ruim no critério “custo”, pode compensar sua performance com um bom desempenho no critério “qualidade”, por exemplo. Com relação aos métodos não-compensatórios, não há tal racionalidade. Dessa forma, são feitas comparações pareadas entre as alternativas.

De acordo com o método escolhido para resolução do problema de decisão, faz-se necessária a realização de ajustes nos dados de entrada do problema. No entanto, para todos eles, realiza-se a construção da matriz de consequências, uma vez que a matriz reúne os dados do problema, com os critérios postos em colunas e as opções de alternativas como linhas. Depois de preenchida, cada alternativa é avaliada em cada um dos critérios, tendo então os valores de consequências na matriz, chamada de matriz de consequências.

A Tabela 1 ilustra uma matriz de decisão, na qual se tem os critérios e as alternativas considerados.

Tabela 1 - Matriz de decisão de um problema de decisão multicritério

Alternativas	Critérios			
	C ₁	C ₂	...	C _m
a ₁	v ₁ (a ₁)	v ₂ (a ₁)	...	v _m (a ₁)
a ₂	v ₁ (a ₂)	v ₂ (a ₂)	...	v _m (a ₂)
a _n	v ₁ (a _n)	v ₂ (a _n)	...	v _m (a _n)

Fonte: de Almeida (2013, p.33)

Para solucionar os problemas de decisão apresentados na matriz de consequências, faz-se necessário realizar a avaliação intra-critério de preferências do decisor e a avaliação intercritério (onde são definidos valores para as constantes de escala dos critérios, ou pesos, para o caso dos métodos de Sobreclassificação).

No contexto do MAVT, o qual o método FITradeoff está inserido, após feitas as avaliações intra-critério e intercritério de preferência, busca-se calcular a função valor global de cada uma das alternativas, representada por $v(a)$, onde a solução do problema de decisão consiste na alternativa com maior $v(a)$, conforme apresentado na Equação (1):

$$v(a) = \sum_{j=1}^n k_j v_j (a) \quad (1)$$

Onde k_j se refere a constante de escala do critério j normalizado conforme Equação (2):

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1; \quad k_j \geq 0 \quad (2)$$

Segundo de Almeida *et al.* (2016), a definição das constantes de escala, na avaliação intercritério, é uma questão muito importante, sendo para Keeney e Raiffa (1976), a questão mais desafiadora no contexto do MAVT. Estas constantes de escala não representam o grau de importância dos critérios para o decisor, mas devem representar o ganho em valor para o decisor ao passar da pior para a melhor consequência dentro de cada critério, devendo considerar então a amplitude de valores de consequências em cada critério. Dessa forma, para determinar valores de

constante de escala dos critérios, faz-se necessário utilizar de procedimentos de elicitación. Existem três procedimentos de elicitación, sendo eles: o Tradeoff (Keeney e Raiffa, 1976), o Swing (Von Winterfeldt; Edwards, 1986; Edwards e Barron, 1994) e o Ratio (Salo e Hamalainen, 1992). Dentre esses, o mais robusto é o procedimento Tradeoff (Keeney e Raiffa, 1976), ao qual o método FITradeoff (de Almeida *et al.*, 2016; de Almeida *et al.*, 2021), faz uso.

Nesse contexto, o método FITradeoff foi utilizado nessa pesquisa dada a sua flexibilidade, conforme já mencionado, permitindo assim a investigação do comportamento dos decisores ao desenvolver avaliações holísticas usando de visualizações gráficas e tabulares presentes no SAD do FITradeoff.

2.1.2 Método FITradeoff e seu Sistema de Apoio a Decisão (SAD)

O método FITradeoff visa a elicitación das constantes de escala em problemas no contexto do MAVT - *Multi-Attribute Value Theory* (KEENEY; RAIFFA, 1976) e apresenta a mesma estrutura axiomática do Tradeoff (KEENEY; RAIFFA, 1976), no entanto, faz o uso de informação parcial de preferência do decisor, o que diminui o esforço cognitivo empregado, ou seja, no FITradeoff, obtém-se um espaço de pesos baseados nas preferências estritas do decisor.

Para sua resolução, usando o FITradeoff, o decisor pode expressar suas preferências usando as duas modelagens de preferências. Com relação ao processo de modelagem de preferências, o método FITradeoff permite a combinação de dois paradigmas, a elicitación por decomposição e a avaliação holística (DE ALMEIDA *et al.*, 2021). Assim, além de poder realizar as comparações entre consequências, o decisor também pode optar por realizar a comparação das alternativas de forma holística (conjunta). Com isso, o SAD do FITradeoff permite que o decisor faça o uso do paradigma que se sintam mais à vontade cognitivamente na expressão de preferências ou pode combinar os dois paradigmas, expressando suas preferências ora pela elicitación de preferências, ora na avaliação holística.

Na elicitación por decomposição, primeiramente, o decisor ordena os critérios. A ordenação dos critérios se dá conforme preferência do decisor com relação de compensação de um critério com relação aos demais. Essa etapa de ranqueamento dos critérios fornece uma inequação, conforme ilustrada na Equação (3):

$$k_1 > k_2 > k_3 > \dots > k_n \quad (3)$$

Na etapa de elicitación por decomposição, ilustrada pela Figura 2, tem-se a comparação das consequências, dessa forma, para cada par de critérios adjacentes do ranking, compara-se a melhor consequência para o critério pior, com um valor de consequência intermediário para o critério mais bem colocado. Assim, obtém-se uma inequação, que indica a preferência estrita do decisor para aquelas consequências analisadas, inserida como restrição em um Problema de Programação Linear (PPL). Após a finalização de todas as comparações, obtém-se um espaço de pesos, ou seja, valores de constantes de escala.

Figura 2 - Elicitación por decomposição

Fonte: SAD FITradeoff (2022)

Na avaliação holística, pode-se comparar as alternativas por meio da visualização gráfica dos resultados parciais obtidos na comparação. As alternativas são ilustradas em diferentes formas de visualização gráfica. Assim, o decisor pode avaliá-las, todas de uma vez, ou grupos de alternativas e fornecer suas preferências para a escolha da melhor alternativa do conjunto, no caso da problemática de escolha. Esta informação preferencial é incluída no PPL, ou pode ser utilizada para diretamente encerrar o processo de decisão.

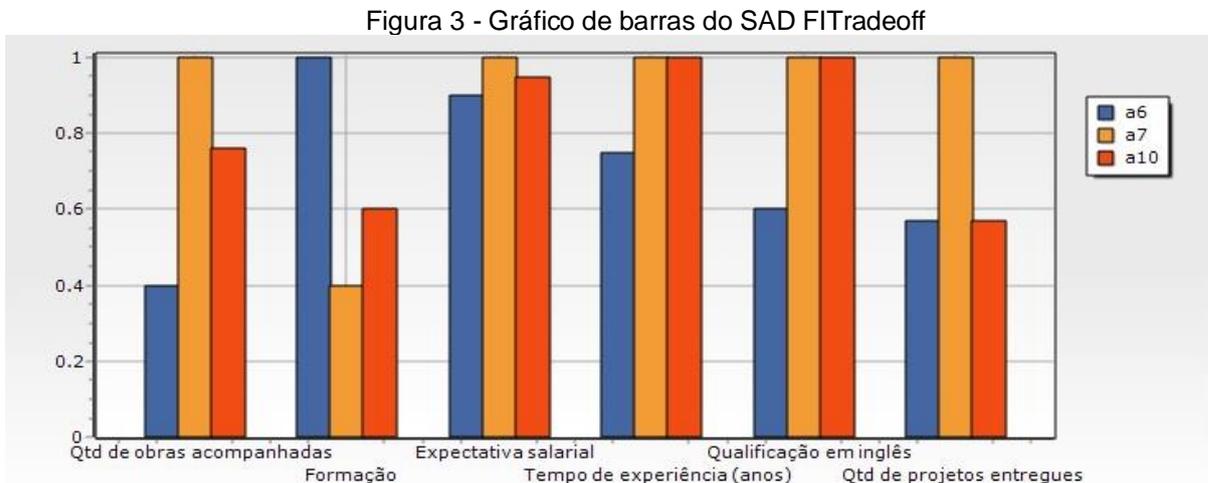
Com relação a problemática de ordenação (Frej *et al.*, 2019), o decisor pode definir uma relação de dominância das alternativas durante a avaliação holística, com

suporte das visualizações gráficas. Por tal razão o SAD do FITradeoff é tido como interativo, tendo em vista que o decisor participa de todo o processo de decisão expressando suas preferências, além de ser flexível, pois o processo pode ser realizado por meio do uso de dos dois paradigmas e pode ser interrompido a qualquer momento pelo decisor.

Para realizar tal escolha com a visualização gráfica e tabular disponível no SAD, é necessário que o decisor compreenda como as alternativas performam com relação a cada um dos critérios avaliados, observando as diferenças entre elas.

Assim, o objetivo da pesquisa recai na combinação de neurociência, buscando promover maior compreensão de aspectos do comportamento do decisor e sua interação com a visualização gráfica e tabular do FITradeoff. Por meio dos experimentos realizados, foi possível explorar os dados da avaliação das diferentes formas de visualização.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam um exemplo do gráfico de barras, gráfico de bolha e gráfico radar, respectivamente, disponíveis no SAD do FITradeoff. Nesse exemplo, tem-se a apresentação de três alternativas em seis critérios.



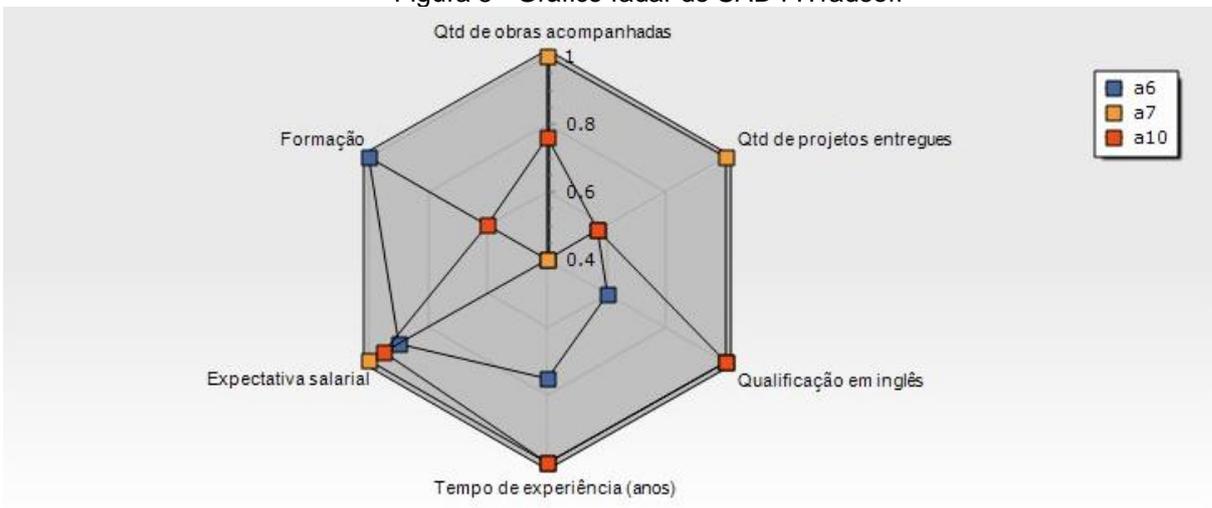
Fonte: SAD FITradeoff (2022)

Figura 4 - Gráfico bolha do SAD FITradeoff



Fonte: SAD FITradeoff (2022)

Figura 5 - Gráfico radar do SAD FITradeoff



Fonte: SAD FITradeoff (2022)

Além das problemáticas de escolha (DE ALMEIDA *et al.*, 2016) e de ordenação (FREJ *et al.*, 2019), o método FITradeoff pode ser utilizado em problemas das seguintes problemáticas: de Classificação (KANG *et al.*, 2020) e de portfólio (FREJ *et al.*, 2021).

2.1.3 Uso das ferramentas de Neurociência

O cérebro humano é considerado o órgão mais complexo do corpo humano, uma vez que contém cerca de bilhões e trilhões de sinapses (FONSECA, 2014). No tocante à argumentação, fazem-se presentes os estudos de neurociência, com maior

desenvolvimento nas últimas três décadas objetivando o entendimento do funcionamento do cérebro, sendo caracterizados como estudos científicos do sistema nervoso (ZHAO *et al.*, 2016).

Dessa maneira, a neurociência é uma abordagem que possibilita entendimento com relação aos mecanismos de funcionamento do nosso corpo. Por meio dessa abordagem, podem-se esclarecer temas sobre as fases da vida e a evolução da espécie, atuação dos variados órgãos de sentido, empatia e relacionamento com outros seres humanos, tomada de decisão nas diferentes situações, dentre outros temas tratados por Eagleman (2015).

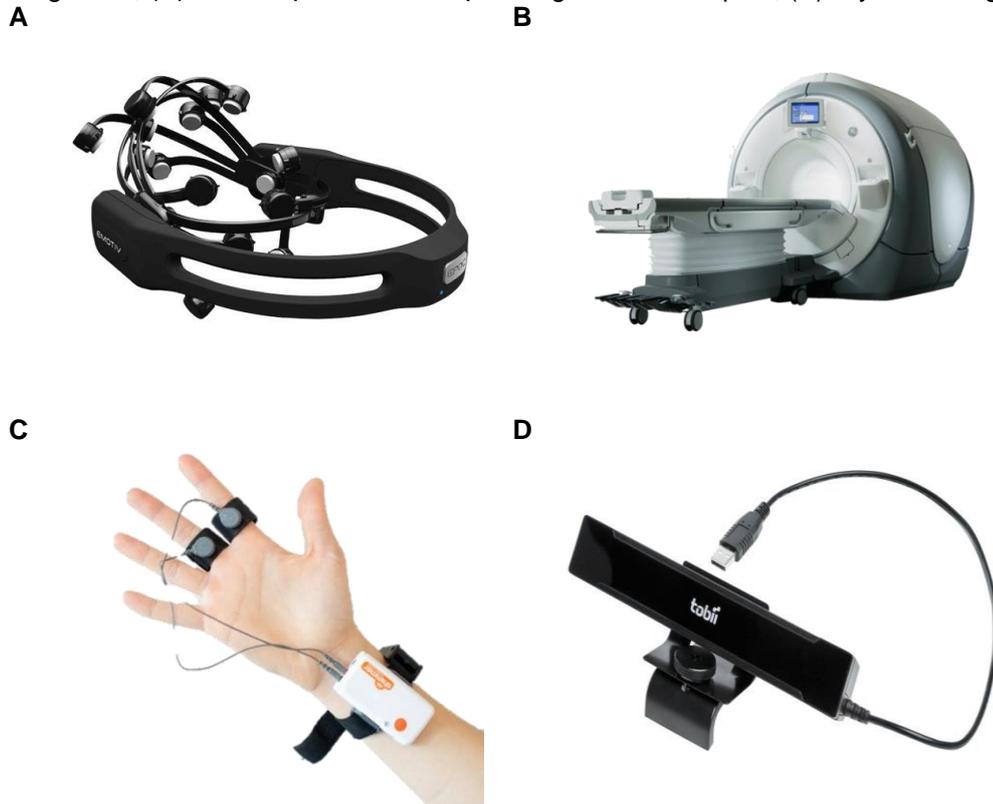
No estudo de Tversky e Kahneman (1974), são esclarecidos aspectos sobre o modo de processamento de informações e o julgamento que os indivíduos realizam. Além disso, afirmam que muitas vezes tomamos decisões não orientados pela razão, mas pela intuição e emoção. Dessa forma, incluem em seu estudo abordagens sobre heurísticas e vieses. Kahneman (2013) traz uma definição técnica de heurística como sendo uma abordagem simples e que visa achar respostas adequadas para perguntas difíceis e que mais fácil vem à cabeça, porém, muitas vezes imperfeitas. Com relação aos vieses, o autor os trata como sendo erros sistemáticos e se repetem de maneira previsível em determinadas circunstâncias.

Diante disso, Kahneman (2013) aborda sobre a distinção entre pensamento rápido e devagar, chamando-os de Sistema 1 e Sistema 2, respectivamente, e ambos correspondem a uma segmentação das funções cognitivas do pensamento humano. Segundo o autor, o Sistema 1 é intuitivo e autor de muitas decisões e julgamentos que fazemos, podendo conduzir a heurísticas e vieses e, o Sistema 2, requer maior esforço mental e suas operações são associadas com experiência subjetiva de escolha e concentração. É importante ressaltar que os vieses são importantes para o funcionamento da nossa mente, no entanto, devemos conhecê-los e traçar estratégias para diminuir seus impactos negativos sobre as tomadas de decisão, ou seja, usá-los de forma que favoreçam tais procedimentos.

Nesse contexto, percebe-se que se têm muitas análises a serem realizadas quando se incorpora aspectos comportamentais na tomada de decisão. A aplicação da neurociência em estudos sobre o processo de decisão teve maior impacto na década de 1990, quando se aplicou a multidisciplinaridade da psicologia conjuntamente à economia e neurociência, por meio do uso de técnicas e ferramentas

da neurociência objetivando o maior entendimento dos impactos da mente no processo de tomada de decisão (GLIMCHER; RUSTICHINI, 2004). Alguns exemplos de ferramentas utilizadas podem ser visualizados na Figura 6, sendo elas: Eletroencefalograma – EEG (Figura 6A) e Imagem por ressonância magnética funcional – *Functional Magnetic Resonance Imaging* – fMRI (Figura 6B), que medem dados coletados diretamente do cérebro, equipamentos de resposta à condutância da pele – *Skin Conductance Response* – SCR (Figura 6C) e *Eye-Tracking* (Figura 6D), que visam capturar dados psicofisiológicos. A agregação do tema tomada de decisão com neurociência caracteriza-se como Neurociência em Decisão (tradução livre de ‘*Decision Neuroscience*’) e possui como objetivo identificar os mecanismos neurais que moldam o comportamento no processo de tomada de decisão, por meio do uso de ferramentas de neurociência, promovendo uma melhor compreensão (SMITH; HUETTEL, 2010).

Figura 6 - Ferramentas de Neurociência. (A): Eletroencefalograma; (B): Tubo de Ressonância magnética; (C): Sensor para medir respostas galvânicas da pele; (D): Eye-Tracking



Fonte: (A): EMOTIV (2022); (B): 5Iming (2022); (C): iMotions (2022); (D): Tobii (2022)

Com base no exposto, a identificação e melhor entendimento de aspectos do comportamento humano no processo de tomada de decisão permite que sejam obtidos *insights* para o melhoramento dos métodos de apoio à decisão. Nesse sentido, Miettinen (2014) ressalta que as formas de visualizações gráficas fornecem auxílio aos problemas MCDM/A na medida em que podem gerar uma melhor compreensão dos dados envolvidos. Assim, como visto na seção 2.1.2, o FITradeoff apresenta em seu SAD diferentes visualizações que servem como suporte para que o decisor avalie de maneira holística o desempenho das alternativas, podendo encerrar o processo de decisão apenas com base nas visualizações. A utilização de ferramentas de neurociência pode auxiliar no melhoramento do design do SAD e na apresentação das visualizações, bem como nas informações presentes, tendo em vista que as ferramentas podem verificar o comportamento do decisor.

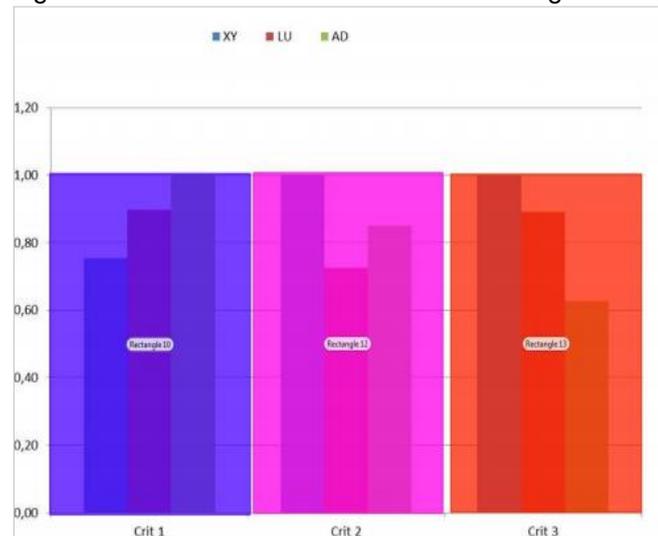
À exemplo do descrito, tem-se as visualizações com pesos decrescentes, onde o critério inicial da visualização – laterais esquerdos – possuem um peso maior. Assim, o uso de métricas como Duração da Fixação, por exemplo, advinda da ferramenta *Eye-Tracking*, pode definir quais critérios foram mais visualizados e confirmar se os pesos maiores são devidamente posicionados nas visualizações gráficas e tabulares do SAD. Somado a isso, pode-se verificar a região da visualização recebeu maior número de fixações, tendo em vista que as fixações são uma pausa no olhar em determinado ponto e indicam esforço cognitivo (SCHLEICHER *et al.*, 2008).

Outro ponto considerável em que a neurociência pode auxiliar na melhoria do SAD do método FITradeoff, diz respeito aos dados de pupila do decisor, que podem ser capturados e analisados estatisticamente. O estudo de Goldwater (1972) fornece evidências sobre a capacidade do tamanho da pupila de refletir a atividade mental e diferenciar entre os diferentes níveis de dificuldade da tarefa. Somado a isso, o experimento de Hess e Polt (1964), apresentou que a extensão média da dilatação estava diretamente relacionada ao grau de dificuldade do problema. Com tais evidências, é possível analisar a dificuldade de interpretação das formas de visualizações presentes no SAD. Além disso, o cálculo de dilatação da pupila pode ser usado e comparado com a métrica Taxa de Acerto, por exemplo, visando avaliar o nível de sucesso das visualizações em problemas de decisão multicritério.

Por fim, podem ser verificados os itens de informações contidas no SAD por meio do uso de Áreas de Interesse (AOI's), que são desenhos nas regiões que se deseja

analisar, necessárias para que seja possível a extração de métricas de rastreamento ocular para análises. A Figura 7 representa AOI's em um gráfico de barras com três alternativas e três critérios.

Figura 7 - Desenho de AOI's nos critérios do gráfico de barras



Fonte: Roselli et al. (2019 b)

O método FITradeoff se dá com base em algumas etapas, conforme visto na seção 2.1.2, e com isso, o decisor ao fazer o uso do SAD, depara-se com diversas informações que o auxiliam no prosseguimento ao processo de decisão. Muitas das informações podem não estarem sendo verificadas pelo decisor, ou informações extras podem ser necessárias para um melhor processo de decisão. Segundo Orquin e Loose (2013), no que diz respeito à tomada de decisão, se um estímulo não recebe fixações, parece plausível que ele não possa ser identificado e, portanto, indisponível para o decisor.

Sendo assim, a investigação dos movimentos oculares pelo uso de ferramentas da neurociência pode servir de base para compreensão do comportamento dos decisores, sendo de grande valia para o desenvolvimento de possíveis melhorias no SAD do FITradeoff, de forma a torná-lo mais adequado ao processamento cognitivo dos decisores, assim como a promoção de *insights* para o analista em seu processo de aconselhamento.

2.1.4 Estudo dos movimentos oculares em Experimentos de Neurociência em Decisão

Segundo Marandi (2018), a tomada de decisão pode ser considerada um processo cognitivo de avaliação e seleção de uma ação entre várias alternativas, por meio do qual se produz uma escolha final para o problema. Ainda segundo o autor, muitos desses processos cognitivos são considerados complexos e o desenvolvimento de novas tecnologias de auxílio, como as técnicas de rastreamento do movimento ocular, por exemplo, foram desenvolvidas nas últimas décadas visando agregar pessoas, processos visuais e cognitivos.

O uso de ferramentas neurofisiológicas possibilita a medição das respostas de comportamento humano quando as pessoas estão envolvidas em processos de tomada de decisão ou reagem a uma interface, por exemplo. Somado a isso, as ferramentas neurofisiológicas também podem revelar novos *insights* sobre uso do sistema, uma vez que podem identificar respostas ocultas ou inconscientes (DIMOKA *et al.*, 2012). Dentre as respostas que podem ser medidas pelo uso das ferramentas, Simion e Shimojo (2006), mostraram que o olhar auxilia o cérebro na tomada de decisões, especialmente em tarefas de preferência.

Particularmente, os eventos oculares envolvem diferentes circuitos neurais em conexão com o processamento de informações visuomotoras (KELLER *et al.*, 2012). Esses movimentos oculares são normalmente avaliados com relação a fixações, que são estados em que os olhos permanecem relativamente estacionários por um determinado período de tempo e a sacadas, que são movimentos rápidos entre uma fixação e outra (ZHAO; SIAU, 2016). O rastreamento dos movimentos oculares permite não só o rastreio de informações sem atrapalhar os processos automáticos, mas tem a vantagem de que a duração da fixação pode ser usada como forma de obtenção de *insights* sobre os processos cognitivos (GLOCKNER; HERBOLD, 2011).

As medidas de fixação mais comumente encontradas foram probabilidade de fixação – FL (MEIBNER *et al.*, 2016), que se refere a probabilidade estimada de uma área ser fixada, contagem de fixação (FC) e duração total de fixação (TFD), que indicam o número de fixações e o tempo total de duração das fixações, respectivamente, e tempo até a primeira fixação (TTF), que indica o período decorrido até a fixação na região. Um aumento nas três primeiras variáveis é frequentemente

associado a um aumento na atenção, enquanto o oposto é verdadeiro para TTF (PESCHEL; ORQUIN, 2013). Muitos modelos de atenção visual no processo de tomada de decisão sugerem que a primeira fixação tem um papel importante na decisão. Van der Laan *et al.* (2015) ressaltam a importância da localização da primeira fixação, tendo em vista sua vantagem inicial no processo de decisão pelo mero efeito de exposição (SIMION; SHIMOJO, 2006).

Além das métricas relacionadas à fixação, algumas também estão associadas à pupila. A dilatação da pupila tem sido investigada desde o início dos anos 1960 (HESS; POLT, 1964; KAHNEMAN; BEATTY, 1966) e, por décadas os estudos de respostas da pupila ocasionadas pela realização de tarefas confirmaram que o diâmetro da pupila reflete o esforço mental empregado na tarefa e entre as tarefas (BEATTY, 1982) e pode medir o grau de carga cognitiva da tarefa (ZHAO; SIAU, 2016). Corroborando com essas ideias, Ungureanu *et al.* (2017) afirmam que a concentração do usuário ou seu esforço em focar em uma área de interesse na tela pode ser correlacionada com a dilatação da pupila, que é comumente chamada de pupilometria, que segundo Loewenfeld (1993), refere-se à variação e modificação do tamanho da pupila ao longo do tempo.

O rastreamento ocular vem se tornando uma importante metodologia para estudar os processos cognitivos subjacentes à escolha e tomada de decisão (GOYAL *et al.*, 2015). Somado a isso, Laeng *et al.* (2013) concluíram que o olhar está envolvido na formação de preferências. À medida que as ferramentas de rastreamento ocular se tornam mais facilmente disponíveis, podendo ser usadas em computadores, tablets e monitores (HU; LODEWIJKS, 2020), o tamanho da pupila está cada vez mais sendo usado como um índice periférico não invasivo de processos cognitivos (EBITZ; MOORE, 2019). Além disso, ferramentas neurofisiológicas possuem vantagem de oferecer a medição das variáveis em tempo real (DIMOKA *et al.*, 2012).

Sendo assim, os movimentos oculares podem contribuir de forma significativa na obtenção de resultados da análise do comportamento do decisor, sendo possível contribuir positivamente para o melhoramento do processo de decisão. Objetivando maiores esclarecimentos acerca da temática do presente estudo, realizou-se um estudo bibliográfico e se encontra na seção a seguir.

2.2 Revisão Bibliográfica sobre o método FITradeoff e Neurociência em Decisão

Nesta seção, será apresentada uma revisão na literatura que teve por objetivo investigar estudos sobre aspectos do comportamento no contexto de MCDM/A. Inicialmente, serão apresentados estudos com o método FITradeoff. Seguidamente, serão abordados experimentos de neurociência no FITradeoff e, por fim, estudo sobre movimentos oculares em experimentos serão apresentados.

2.2.1 Estudos com o método FITradeoff

Considerando sua interatividade, flexibilidade e demais vantagens, o método FITradeoff tem sido aplicado em diversas situações de decisões práticas. De Almeida *et al.* (2021) propuseram a combinação e integração de dois paradigmas do método FITradeoff: Avaliação holística, geralmente conduzida no espaço de ação e considera alternativas de referência, e a Elicitação por decomposição, geralmente conduzida no espaço de consequências, onde o decisor compara as consequências par a par. Isso possibilita que o decisor escolha uma das abordagens ou siga o processo fazendo o uso combinado das duas: ora por Elicitação por decomposição, ora pela avaliação holística (conjunta) das alternativas. Segundo o estudo, essa combinação traz melhoria para o processo de modelagem de preferências do decisor, tendo em vista que aumenta sua eficiência e consistência, pois o analista fornece auxílio por meio do alinhamento do processo decisório, instruindo o decisor do melhor momento para se fazer a avaliação holística, por exemplo, por meio dos estudos de taxa de acerto. Por outro lado, quando se faz a combinação dos paradigmas, tem-se dois processos de elicitação diferentes dentro do mesmo método, o que pode culminar em informações conflitantes por parte do decisor, gerando inconsistência, sendo necessária sua resolução para seguir com o processo decisório, uma vez que o espaço de pesos dado é inexistente. Assim, os resultados de probabilidade de sucesso encontrados pelos autores, em fazer a escolha correta por meio da análise das visualizações gráficas na avaliação holística, puderam ser consideradas para compreender os padrões de comportamentos do decisor.

Com relação as aplicações com FITradeoff relacionadas a problemas de localização de instalações, Dell'Ovo *et al.* (2017) propuseram a aplicação do

FITradeoff para definição de localização de uma instalação de saúde na Itália. Os autores discutem como a interação com o decisor acentuou a flexibilidade do método, sendo de fácil utilização e compreensão. Além disso, ressaltam a importância das ferramentas de visualização para análise dos resultados. O procedimento de elicitación do estudo, foi concluído com apenas 6 perguntas respondidas, o que ressalta que o método exige um menor esforço cognitivo do decisor se comparado a outros métodos de elicitación.

No contexto de planejamento energético, Fossile *et al.* (2020) aplicaram o FITradeoff para resolver um problema de seleção de fontes de energia renovável visando identificar qual tipo seria mais viável para investimentos do porto brasileiro. Para definição dos critérios, fez-se um *brainstorming* com diversos princípios sendo levantados, dentre eles, o da sustentabilidade. Posteriormente, a Agência Brasileira de Pesquisa Energética (EPE) avaliou tais critérios por meio de uma escala *likert* de cinco pontos. Como resultado da aplicação do método, a energia fotovoltaica se apresentou como sendo a mais viável para investimentos.

E Kang *et al.* (2018) avaliaram por meio do seu estudo, quais as tecnologias de geração de energia elétrica deveriam compor a matriz elétrica brasileira. Para isso, utilizaram o método FITradeoff considerando oito tipos de tecnologias avaliadas em quatro dimensões: ambiental, financeira, técnica e socioeconômica. O estudo permitiu evidenciar a utilização do FITradeoff na resolução de problemas nesse contexto.

Com relação à seleção de fornecedores, dos Santos *et al.* (2020) utilizaram do método FITradeoff para avaliar diversos critérios considerados pela empresa para seleção de fornecedores. O decisor pode realizar algumas observações com relação ao ranking dos fornecedores por meio do diagrama de Hasse desenvolvido na aplicação do método. Além disso, gráficos de barras e gráficos radar permitiram que o decisor fizesse uma melhor avaliação dos fornecedores. Assim, os autores ressaltam que a visualização gráfica do SAD possibilita o melhor entendimento do problema, permitindo que o decisor analise-o.

Nesse mesmo contexto, Frej *et al.* (2017) apresentaram um modelo de decisão para resolução de problema de seleção de fornecedor de uma indústria de alimentos considerando as preferências do decisor. O decisor em conjunto com outros analistas da empresa, definiram sete critérios e cinco fornecedores foram avaliados. Assim, foi observado que apenas duas questões foram necessárias para se chegar à solução

final, mostrando que o método FITradeoff não exigiu que o decisor realizasse muito esforço cognitivo, além da economia de tempo.

Relacionado à abordagem de Sistemas de Informação, Gusmão e Medeiros (2016), em seu estudo, avaliaram um sistema de informação, considerando que esse tipo de problema lida com muitos critérios conflitantes entre si. Assim, por meio dos dados de uma fábrica de embalagens de vidro, utilizaram o método FITradeoff para minimizar os riscos de inconsistências, tendo em vista que o método exige menor esforço do decisor. Os autores ressaltam que os resultados obtidos foram consistentes com os dados de entrada e com a faixa de pesos dos critérios obtidos no procedimento do método.

Com relação ao contexto de sistema de abastecimento de água, Monte e Morais (2019) apresentam um modelo que se baseia no *Value Focused Thinking* (VFT), para exploração dos objetivos, criando alternativas que atendam as expectativas do decisor e aplica o FITradeoff para indicar a melhor alternativa para o problema. O modelo foi aplicado em uma empresa de abastecimento de água de Olinda, estado de Pernambuco, tendo em vista que o sistema de abastecimento da região não é capaz de fornecer água simultaneamente para toda a comunidade. O estudo permitiu que o decisor compreendesse melhor as características do sistema e as transformasse em variáveis mensuráveis. Os resultados indicaram as áreas que precisavam de melhorias e sugeriram uma solução que resolvesse o problema de decisão em estudo.

Além desses, outros estudos envolveram o uso do FITradeoff para resolução de problemas com múltiplos critérios em diversos âmbitos. Martins *et al.* (2020) solucionaram um problema de priorização de trechos de estradas com relação a criticidade e risco. No entanto, os autores ressaltam a dificuldade nessa definição, tendo em vista a multidimensionalidade inerente a estes pontos. Dessa maneira, foi aplicado o método FITradeoff devido sua flexibilidade e menor esforço cognitivo empregado pelo decisor com relação as informações de preferências, para priorizar os trechos levando em consideração a criticidade e os riscos que os usuários enfrentam. Foi realizado um estudo de caso em rodovias federais do estado de Pernambuco, sendo possível identificar os trechos mais críticos.

Pergher *et al.* (2020) aplicaram uma abordagem de simulação de evento discreto, que avaliou a performance de diversas combinações de regras e parâmetros em relação aos atributos levantados, juntamente ao método FITradeoff, que faz a

compensação da desvantagem em um dos atributos com a vantagem em outros, levando em consideração as preferências do decisor, para resolver um problema de sequenciamento de produção por meio de dados de uma fábrica de calçados.

Dessa maneira, evidencia-se a efetividade do método e sua facilidade de uso nos mais diversos âmbitos de aplicação. Nesse contexto, esse estudo visa contribuir para aprimorar o SAD do FITradeoff, com base no entendimento do comportamento do decisor por meio do uso de neurociência, aperfeiçoando a avaliação holística do SAD, a fim de que se alcance melhores resultados tanto no uso do FITradeoff, quanto no contexto de decisão multicritério.

2.2.2 Experimentos de Neurociências para melhoria do FITradeoff

Alguns estudos iniciais de neurociência para estudo do comportamento foram realizados objetivando a melhoria do FITradeoff. Em muitos desses estudos, as ferramentas de neurociência foram aplicadas. Por exemplo, Roselli *et al.* (2019 b) realizaram um experimento utilizando da neurociência para investigar como os decisores avaliam a visualização gráfica no SAD do FITradeoff, visando aprimorar este SAD e fornecer *insights* ao analista com relação as análises das formas de visualização de problemas. Para tal, foi utilizada a ferramenta *Eye-Tracking* que realiza a medição dos movimentos oculares e como um dos resultados obtidos, teve-se a sugestão do uso de tabelas no SAD do FITradeoff como sendo relevante, uma vez que adiciona informações extras além da informação gráfica. Além disso, com relação a métrica de duração da fixação, foi possível verificar maiores valores de fixações para os gráficos de barras e para os critérios 1 e 2. Com relação ao apoio ao analista, os resultados trouxeram um guia para as visualizações, podendo o decisor pular a etapa de elicitación de preferências e realizar uma análise das visualizações do SAD para escolha da alternativa.

De Almeida e Roselli (2017) avaliaram a confiança das análises das formas de visualização do SAD do FITradeoff, ressaltando a importância da melhoria dessa confiança para o preparo dos analistas na sua relação com o decisor a fim de prestar suporte à ele. Para isso, utilizaram da neurociência, por meio de experimento com o uso de ferramenta de rastreamento ocular, o *Eye-Tracking*, para verificar a taxa de acerto da melhor alternativa escolhida pelos participantes. Os resultados indicaram que a

confiança de uma análise direta dos gráficos diminui com a quantidade de itens presentes na visualização e que a probabilidade de inconsistências aumenta com o número de questões apresentadas ao decisor.

Roselli e de Almeida (2021) propuseram uma regra de decisão baseada no sucesso. A regra de decisão se baseou na taxa de acerto dos participantes, ou seja, a porcentagem que os participantes selecionavam a melhor alternativa. Além disso, como os participantes não podiam voltar e modificar suas respostas dadas, os autores associaram os experimentos como sendo semelhantes aos eventos de Bernoulli. Por meio da regra de decisão, puderam ser feitas sugestões com relação a avaliação holística, auxiliando o analista com probabilidades de sucesso das visualizações. As probabilidades de sucesso foram divididas em regiões conforme eram baixas e altas. A recomendação para as visualizações que estavam nas regiões baixas de probabilidade de sucesso (abaixo de 0,5), era que o decisor não recomendasse o uso para seleção da alternativa. As visualizações de probabilidade de sucesso entre o intervalo de 0,6 e 0,8, seu uso foi citado como risco. Quando as visualizações possuíam entre 0,8 e 0,9 eram sugeridas como uso de confiança. Por fim, quando as visualizações possuíam entre 0,9 e 1 eram indicadas para uso e seleção da melhor alternativa.

Roselli *et al.* (2019 a) estudaram o procedimento de elicitación, que extrai os valores das constantes de escala do decisor no contexto MCDM/A, visando avaliar o comportamento do decisor na Elicitación de Tradeoff (Keeney e Raiffa, 1976) e explorar as inconsistências geradas desse processo, tendo em vista que o procedimento exige que os decisores indiquem pontos de indiferença. Para isso, desenharam um experimento de neurociência e utilizaram as ferramentas *Eye-Tracking* e Eletroencefalograma (EEG) para investigar as variáveis: diâmetro da pupila e potência das bandas de frequência do cérebro. A análise da pupila sugere que um alto esforço cognitivo é requerido à medida em que o experimento avança. Os resultados das análises do EEG indicaram baixo engajamento e motivação durante o procedimento de elicitación e exploração do espaço de consequências. Além disso, foram obtidos valores estatísticos superiores na etapa de elicitación, indicando que existe fadiga e uma demanda cognitiva maior sobre o decisor.

Da Silva *et al.* (2021) aplicaram um experimento de neurociência objetivando investigar aspectos cognitivos durante o processo de elicitación do método FITradeoff

em problemas MCDM/A identificando os níveis de esforço cognitivo ao longo das etapas e para diferentes critérios. As análises do processo de elicitação do FITradeoff foram feitas com base na aplicação de ferramentas de neurociência, o *Eye-Tracking* e o Eletroencefalograma (EEG) de 14 canais, para captação de variáveis neurológicas e psicofisiológicas. Os resultados da análise da pupila indicaram que houve maior demanda cognitiva do decisor durante o processo de elicitação. Quanto à natureza dos problemas, para problemas com critérios principalmente combinados, a análise da pupila indicou mais esforço cognitivo necessário em comparação com problemas classificados como qualitativos. Os resultados do EEG reforçaram tal resultado e indicaram que os problemas com critérios predominantemente quantitativos exigem menos esforço.

2.2.3 Estudo dos movimentos oculares em experimentos de Decisão

Conforme já mencionado, no que diz respeito aos movimentos oculares, esses permitem a obtenção de *insights* sobre os processos cognitivos. Carrasco (2011) define a atenção visual como sendo um processo de seleção que nos possibilita a priorização e processo de informações visuais relevantes em uma atividade. Segundo Marandi e Sabzpooshan (2015), as características oriundas dos movimentos oculares fornecem acesso indireto aos processos cognitivos, por exemplo, a tomada de decisão. Particularmente, os eventos oculares, como as sacadas, piscadas e fixações, envolvem diferentes circuitos neurais conectadas com o processamento de informações visuomotoras (KELLER *et al.*, 2012).

Estudos de rastreamento do movimento ocular em estudos de tomada de decisão com embalagens de produtos, mostraram um viés de fixação inicial na região central (GOFMAN *et al.*, 2009; SORENSEN *et al.*, 2012; VIDAL *et al.*, 2013), ou seja, as pessoas tendem a olhar para o centro da embalagem primeiro, além de fixarem mais o olhar nessa região. Glockner e Herbold (2011), em seus estudos, indicaram que o decisor tende a olhar mais para os atributos de maior importância. Sob o referido, Krajbich *et al.* (2008) levantaram, em seu estudo, a hipótese de que a alternativa observada primeiramente deve ter uma vantagem em relação as demais, tendo em vista que no início são acumuladas um número maior de evidências.

Barbosa *et al.* (2021) em seu estudo investigaram como o posicionamento de design na embalagem de pizza congelada possui influência no nível de atenção que os consumidores empregam. Para isso, realizam um experimento com 98 participantes, que foram expostos a diferentes combinações de elementos distribuídos na embalagem para determinar em qual das posições se tem mais atenção. Utilizaram o *Eye-Tracking* para obter as medições de rastreamento ocular dos participantes para avaliar os diferentes níveis de atenção empregados.

No que tange ao contexto de avaliação de sites, Kajan *et al.* (2016) desenvolveram uma tecnologia baseada em rastreamento ocular que extrai informações que são provavelmente relevantes para o usuário. Essas informações extraídas são apresentadas ao usuário e ordenadas de acordo com sua importância estimada, na chamada "*PeepList*". Conforme o usuário interage com o display, para cada item na tela, um vetor de métricas do olhar (tempo de olhar, contagem de fixação, contagem de visitas e último fixado) é calculado. Os resultados mostraram que o rastreamento ocular era uma valiosa fonte implícita de informações em tempo real sobre o que o usuário estava pesquisando e o princípio *PeepList* melhorou consideravelmente a eficiência na obtenção das informações necessárias.

Ainda no contexto de sites, Slanzi *et al.* (2016) realizaram um experimento para analisar o comportamento e as preferências dos usuários em um site, tendo como base uma análise fisiológica para avaliar as intenções de cliques com a combinação dos dados de pupila dos usuários. Para isso, utilizaram o EEG e o *eye-tracking* para coletar dados de 21 usuários. Como resultado, observou-se uma diferença estatística entre as dilatações da pupila. As fixações relacionadas a uma escolha, representadas pelo clique, evidenciaram maiores tamanhos de pupila do que as fixações sem cliques.

No que concerne à atenção, Armel, Beaumel e Rangel (2008) testaram por meio de três experimentos algumas previsões sobre o impacto de mudanças exógenas na atenção visual na escolha. Para isso usaram rastreamento ocular de conjuntos de opções binárias usando um conjunto semelhante de estímulos (os estímulos usados foram *Junk food*, tal como barras de chocolate). As duas previsões são: Primeiro, ele prevê que deve ser possível aumentar a probabilidade de um item ser escolhido mudando a quantidade relativa de tempo que os sujeitos ficam com os olhos fixos no item durante o processo de tomada de decisão. Segundo, prevê que o efeito deve ser positivo para itens apetitivos e negativo para itens aversivos. Eles descobrem que os

sujeitos fazem fixações repetidas no mesmo item antes de fazerem uma escolha. Os resultados também revelaram: aumentos na atenção visual relativa aumentam a probabilidade de escolha de itens apetitivos, e o oposto é verdadeiro para itens aversivos.

Kucewicz *et al.* (2018) em seu estudo, analisaram as variações dos tamanhos das pupilas dos alunos durante a codificação e evocação de lista de palavras. Os autores ressaltaram que as respostas dos alunos indicavam processos cerebrais envolvidos na percepção, atenção e tomada de decisão, dessa maneira, a variação da pupila funciona como um biomarcador do desempenho da memória e estados cognitivos. Como resultados, os autores perceberam padrões na resposta da pupila entre fases distintas da tarefa em estudo. Somado a isso, à medida em que as palavras eram mantidas na memória, houve um aumento gradual na dilatação da pupila. Por fim, buscar palavras individuais na memória foi associada à dilatação da pupila.

Somado a isso, Goyal *et al.* (2015) investigaram em seu estudo se as escolhas feitas pelo consumidor podem ser previstas usando parâmetros de comportamento visual, tais como a duração total de fixação e o tempo para a primeira fixação, por meio do *Eye-Tracking*. Para isso, projetaram um experimento no *Tobii Studio*, de forma que o desenho do experimento representasse uma lanchonete com diferentes itens (com um total de 12, sendo apresentados em 4 slides, com 4 itens em cada). O experimento foi realizado com 12 participantes e a tarefa se baseava em olhar para os itens por 7 segundos e selecionar um item que comprariam. Os resultados sugeriram que a duração da fixação total e a contagem de fixação preveem com sucesso a escolha do consumidor.

Reutskaja *et al.* (2011), em seu estudo, verificaram o comportamento dos participantes ao escolher itens de supermercado sob condições de pressão de tempo usando técnicas de rastreamento ocular. Um dos objetivos foi verificar se o processo de escolha está sujeito à efeitos de exibição, ou seja, se a probabilidade de selecionar um item tem relação com sua localização na exibição. Os resultados do estudo indicaram que os itens posicionados no centro da tela têm mais probabilidade de serem selecionados do que os itens semelhantes posicionados em outras áreas da tela. Dessa forma, pode-se permitir que decisões sejam influenciadas, por exemplo, centralizando objetos que se deseja selecionar. Além disso, os resultados mostraram

que a qualidade da escolha é fortemente influenciada pela qualidade das fixações. Corroborando com tais resultados, Sütterlin, Brunner e Opwis (2008) investigaram os efeitos da posição dos itens no que diz respeito à atenção. Eles demonstraram que os itens localizados no topo de uma lista recebem mais atenção do que os itens da parte inferior. Além disso, os autores fizeram a associação desse resultado como sendo consequência de um fato levantado: os decisores, em geral, preferem ler de cima para baixo ou da esquerda para a direita. Sendo assim, os autores concluíram que as alternativas que estavam localizadas próximas do fim da lista em exibição, recebiam menos atenção dos decisores.

Por fim, uma pequena quantidade de estudos foi encontrada até o dado momento com relação a tomada de decisão multicritério e o estudo dos movimentos oculares na base *Web of Science*. Nesse contexto, considerando-os úteis para estudar aspectos psicofisiológicos dos decisores diante de problemas MCDM/A, os achados serão discutidos a seguir.

Gonçalves *et al.* (2019) avaliaram o esforço cognitivo dos decisores ao utilizarem a ferramenta PROMETHEE-GAIA para análise de sensibilidade em um SAD. Assim, uma análise pupilométrica foi realizada visando investigar a dificuldade no entendimento da visualização do SAD e com isso, propor melhorias na interação ao fazer o uso, além de apoiar o processo de tomada de decisão. Para isso, realizam um experimento com 18 participantes e usaram a ferramenta de rastreamento ocular, o *eye-tracking*, para capturar dados psicofisiológicos. Os participantes não tinham restrição de tempo e deveriam analisar três resultados (cenários) diferentes de um mesmo problema de decisão multicritério. Os gráficos de cada um dos cenários apareciam duas vezes e os participantes analisavam e informavam qual era a melhor e a pior alternativa do ranking final. Os resultados indicaram esforços cognitivos dos participantes ao analisar o cenário 1. Além disso, houve uma baixa taxa de acerto dos participantes ao avaliarem o plano GAIA, o que pode ser sugestivo de dificuldades para entendimento da visualização gráfica, segundo os autores. Por fim, algumas sugestões de melhorias para interface do método foram feitas.

Krejtz *et al.* (2020) objetivando analisar dados de respostas pupilares e microscacádicas no processamento da informação durante a tomada de decisão multicritério, desenvolveram um experimento com 21 estudantes, que foram divididos aleatoriamente em três condições de *priming* afetivo (erótico, aversivo e neutro) e

foram encarregados de escolher entre dois diamantes com base em pistas adquiridas sobre as propriedades dos diamantes, como exemplo: cor, tamanho, forma, brilho, dentre outras, e usaram 75 estímulos, sendo 25 figuras em cada categoria (erótico, aversivo e neutro). Para o desenvolvimento do experimento e captura dos dados de movimentos oculares, utilizaram um rastreador de olhos, o SR *Research EyeLink* 1000. Os resultados demonstraram uma inibição da taxa microssacádica e uma dilatação da pupila dependendo do esforço cognitivo. Em geral, os resultados sugerem que a resposta pupilar é mais influenciada pelo *priming* afetivo do que pela taxa microssacádica.

2.3 Síntese do Estado da Arte e Posicionamento deste Trabalho

Como visto no exposto por este capítulo, os estudos envolvendo neurociência e suas ferramentas, têm se desenvolvido cada vez mais. Os achados revelam como tais ferramentas possibilitam o entendimento de processos por meio de variáveis que não estão sob o controle do decisor.

Quando se observa a combinação de neurociência e tomada de decisão em geral, encontra-se trabalhos em diversas áreas do conhecimento, como aqueles utilizados para investigar as preferências dos usuários em sites, na área de NeuroIS, ou aqueles usados para investigar a escolha dos consumidores em supermercados, na área de *Consumer Neuroscience*, bem como aqueles usados para analisar embalagens de produtos, na área de *Neuromarketing*. Além disso, os resultados desses estudos fornecem *insights* valiosos para o desenvolvimento de novas pesquisas e investigações. Esses estudos também ressaltam as limitações e dificuldades do uso de ferramentas e do desenvolvimento de experimentos, contribuindo, dessa forma, para disseminação da informação e lacunas de melhorias cada vez presentes.

No entanto, quando se analisa o uso da neurociência na tomada de decisão multicritério, percebe-se uma diminuição no número de estudos presentes na literatura. Considerando esse campo de estudo, fez-se uma pesquisa com a agregação de termos dessa área ligados por meio do operador booleano "*and*", apenas na base *Web of Science* (WOS) tendo em vista a agregação de periódicos com fator de impacto relevante. A Tabela 2 contém os termos pesquisados e a respectiva quantidade de estudos encontrados.

Tabela 2 - Resultados das buscas WOS

PALAVRAS-CHAVES UTILIZADAS	QUANTIDADE DE TRABALHOS
" <i>Neuroscience</i> " + " <i>Multi-Criteria Decision Making Aiding</i> "	4
" <i>Neuroscience</i> " + " <i>MCDM A</i> "	9
" <i>Neuroscience</i> " + " <i>Multicriteria</i> "	11
TOTAL	24

Fonte: Esta pesquisa (2022)

É justamente nessa lacuna encontrada, que esta pesquisa pretendeu contribuir, atuando como elo da neurociência e suas ferramentas com a área de decisão multicritério, focada no estudo dos movimentos oculares durante a avaliação holística no método FITradeoff, a qual faz uso de visualizações gráficas e tabulares. Outro fator que torna esse estudo diferente dos demais encontrados diz respeito a investigação dos movimentos oculares em quatro experimentos desenvolvidos, promovendo uma síntese de resultados prévios. Além disso, nesse estudo, investiga-se em detalhes dois processos decisórios: a seleção da melhor alternativa e a eliminação da pior alternativa. Assim, além do uso de novas métricas e a realização de um experimento, o estudo contou com a promoção de recomendações de melhoria para o SAD do FITradeoff e para a interação analista-decisor dentro do FITradeoff.

3 EXPERIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DECISÓRIOS

Neste capítulo serão descritos os experimentos realizados no período de 2017 a 2020 visando modular o processo de decisão usando a avaliação holística do método FITradeoff, agregando os temas de Neurociência e suas ferramentas. Serão apresentados os resultados coletados e analisados referentes aos experimentos de 2018 a 2020 no subitem subsequente. Para o experimento de 2017, o primeiro realizado, será apresentada uma breve explanação a fim de contextualizar os experimentos dos anos seguintes. Mais detalhes sobre ele podem ser consultados em Roselli (2018), Roselli *et al.* (2018), Roselli *et al.* (2019) e Roselli (2020).

3.1 Experimentos Prévios para investigação do processo de Avaliação Holística no FITradeoff

Visando investigar o comportamento dos decisores durante o processo de avaliação holística, foram desenvolvidos quatro experimentos, a saber: Experimento 2017, Experimento 2018, Experimento 2019 e Experimento 2020. Nas seções 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 mais detalhes sobre os experimentos podem ser consultados. Nos subitens a seguir, serão expostos aspectos em comum dos quatro experimentos, tais como: o desenho do experimento, participantes, instruções aos participantes, materiais e tarefa exigida aos participantes, processamento e representação dos dados, desenho das AOI's e as métricas e estatísticas de rastreamento ocular.

3.1.1 Desenho dos Experimentos

Os Experimentos de neurociência utilizaram diferentes problemas. Esses problemas não estavam contextualizados, minimizando os vieses na avaliação e evitando preferência por um problema em específico. Dessa forma, as matrizes de consequências apresentavam valores entre 0 e 1, os quais foram gerados por meio da função *Random/Aleatório* no Excel. Com isso, as alternativas foram nomeadas por letras (tais como A, B, C) e os critérios por números (tais como 1, 2, 3), respectivamente. Os problemas possuíam pesos iguais e diferentes para os critérios. Para os problemas com pesos diferentes, calculou-se os pesos com Progressão

Aritmética (PA), com soma 1, sendo o primeiro critério o possuidor de maior valor de peso e o último critério possuía o menor valor de peso. Assim, os pesos seguiam da esquerda para a direita.

As visualizações foram representadas por gráficos de barras, gráfico radar, gráfico de bolhas, tabelas e combinações mistas, ou seja, gráfico de barras e tabela na mesma imagem. Para cada um dos experimentos, foram construídos diferentes números de gráficos ou tabelas (conforme descrito nas seções 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5). Para padronizar as visualizações, foram criadas abreviações para cada uma a depender do tipo de visualização. De forma geral, para as alternativas utilizou-se a letra A, para os critérios, foi utilizado a letra C. Para as visualizações de pesos iguais, foi utilizado a letra S, do inglês *Same* e para pesos diferentes, utilizou-se a letra D. Para as visualizações com gráfico de barras, utilizou-se a letra B, para o gráfico radar, utilizou-se R, para o gráfico bolha, utilizou-se as letras GB, para as tabelas utilizou-se a letra T e, por fim, para as visualizações mistas, utilizou-se da letra M.

Nesse contexto, a combinação BS4A5C, por exemplo, indica um gráfico de barras com pesos iguais e que o problema possui quatro alternativas e cinco critérios. Da mesma forma, a combinação BD4A5C, indica um gráfico de barras com pesos diferentes, sendo um problema com quatro alternativas e cinco critérios.

3.1.2 Participantes

O Experimento do ano de 2017, conteve uma amostra com 36 estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), envolvendo alunos de graduação, mestrado e doutorado.

O Experimento de 2018 foi composto por 51 estudantes do curso de Engenharia de Produção da UFPE. Do total da amostra, 23 participantes eram alunos de pós-graduação da instituição.

Já o Experimento 2019 foi composto por 78 estudantes do curso de Engenharia de Produção da UFPE, sendo 44 alunos de pós-graduação.

Por fim, o Experimento de 2020 teve o número total de 46 participantes. Nesse experimento, os participantes não foram limitados a estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco da UFPE, o que significa que nem todos os participantes possuíam conhecimento de multicritério.

Após a análise dos dados das gravações dos experimentos, algumas amostras não puderam ser utilizadas por conta de baixa captura dos movimentos oculares. Dessa forma, foram considerados os dados de 44 participantes.

3.1.3 Instruções aos participantes

Como fase preliminar dos experimentos, houve uma explanação para os participantes dos equipamentos e procedimentos técnicos que foram realizados durante o experimento. Além disso, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do Comitê de Ética. Esta pesquisa é, portanto, proveniente de um projeto maior intitulado por “Estudos sobre comportamento de indivíduos no processo de tomada de decisão multicritério com único decisor e decisão em grupo e negociação com apoio de neurociências cognitiva e neuroeconomia” e foi desenvolvido com dados secundários dos experimentos realizados nos anos de 2018 a 2020.

Os participantes também receberam um documento explicativo sobre as atividades que seriam desenvolvidas no experimento. Para isso, o documento continha um exemplo ilustrativo dos tipos de visualizações do experimento, tanto com pesos iguais, quanto com pesos diferentes. O documento também ilustrava os equipamentos que seriam utilizados, o *eye-tracking* e o EEG, além da tecla de comando do teclado que precisaria ser usada no decorrer do experimento para passagem de tela.

Seguidamente, os participantes foram posicionados de maneira que o rastreador ocular conseguisse captar os movimentos oculares. Após isso, foi realizada a calibração do equipamento de rastreamento ocular para que capturasse os dados da melhor maneira possível. Os experimentos foram realizados no laboratório NSID – *NeuroScience for Information and Decision Laboratory*, da Universidade Federal de Pernambuco – localizado na UFPE.

3.1.4 Materiais e tarefa exigida aos participantes

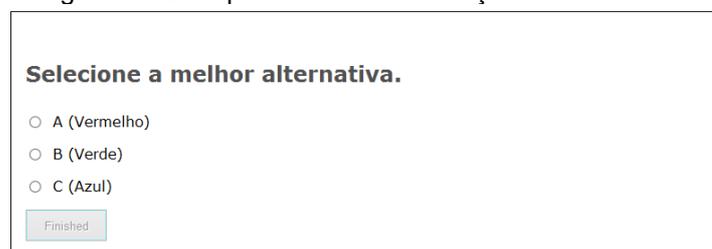
Os movimentos dos olhos foram registrados usando um Tobii X-120 Eye Tracker do fabricante Tobii (Tobii Technology, Estocolmo, Suécia), com precisão de 0,5° e taxa

de amostragem de 120 Hz, que captura olhares em ângulos de até 35°, enquanto o *Tobii Studio* foi usado para registrar as respostas dos olhos e os cliques do *mouse*. Foi utilizado também o EEG - Emotiv EPOCH +, que possui 14 canais e uma taxa de amostragem de 128Hz. Além disso, os canais seguem as posições do sistema 10-20: AF3, AF4, F7, F8, F3, F4, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 e O2. No entanto, esta pesquisa objetivou analisar apenas os dados de movimentos oculares – fixações e dados da pupila – registrados pelo *Eye-Tracking*.

Nos quatro experimentos, o design era composto por um slide inicial com instruções gerais sobre o experimento, seguidos das formas de visualizações para análise e após cada uma delas, o questionário para que o participante marcasse a alternativa escolhida. Em todos os experimentos foi utilizada uma cruz de fixação para se certificar de que o participante fixou o olhar no meio da tela (PESCHEL *et al.*, 2018). Após isso, foi exibida a instrução para que o participante escolhesse a melhor alternativa do grupo.

Assim, o início dos experimentos se deu com a instrução de que o decisor deveria escolher a melhor alternativa dentre o conjunto de alternativas que foram ilustradas no decorrer da aparição das visualizações gráficas e tabulares. Após o participante analisar as alternativas em relação aos critérios e se sentir seguro para realizar sua escolha, ele passava a tela por meio de uma tecla de comando “*space*” do teclado e realizava sua escolha respondendo à questão da tela seguinte, conforme Figura 8, por meio do clique do *mouse*.

Figura 8 - Slide para escolha da seleção da melhor alternativa

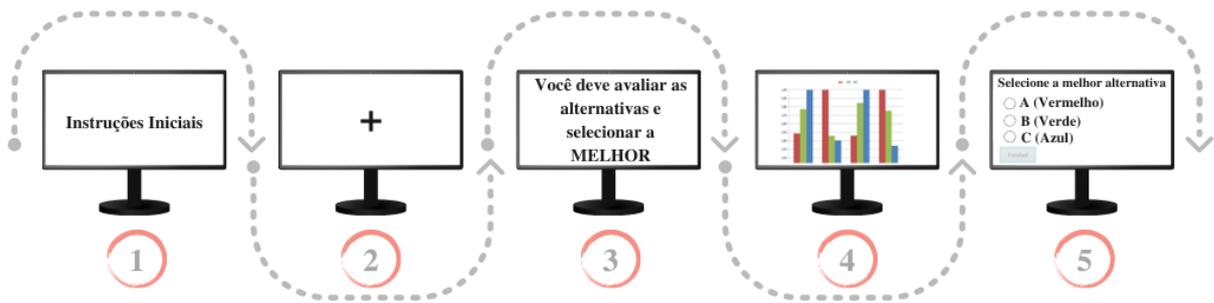


The image shows a slide with a white background and a black border. At the top, the text "Selecione a melhor alternativa." is displayed in bold. Below this, there are three radio button options: "A (Vermelho)", "B (Verde)", and "C (Azul)". At the bottom left of the slide, there is a small grey button with the text "Finished" inside it.

Fonte: A autora (2022)

O procedimento de avaliação da visualização gráfica ou tabular e a escolha da melhor alternativa do grupo se repetia até que se alcançasse o número total de visualizações do experimento. A tarefa descrita acima pode ser visualizada por meio da Figura 9.

Figura 9 – Tarefa exigida ao aos participantes



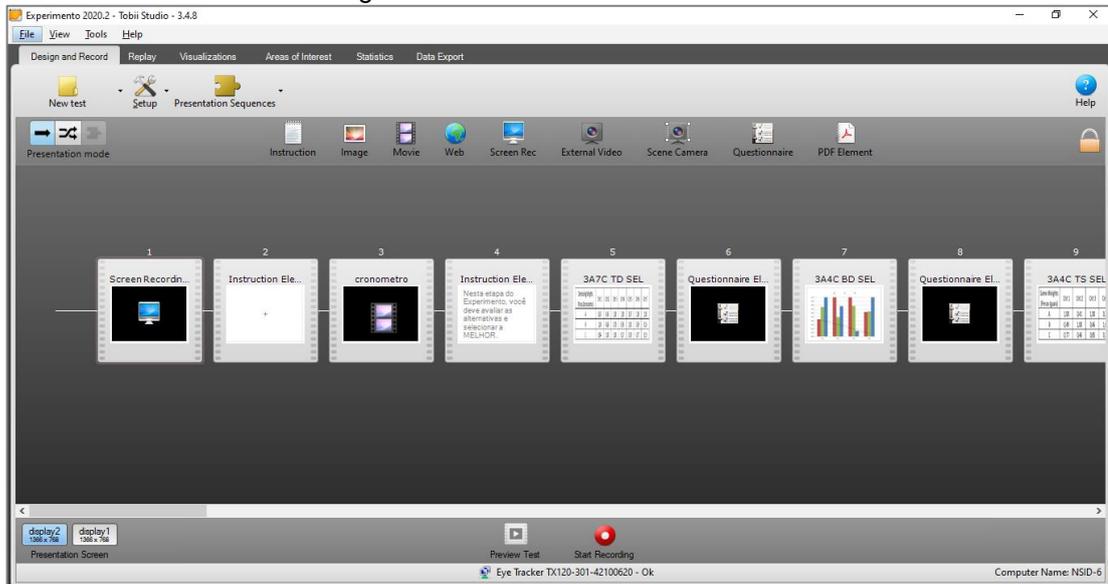
Fonte: A autora (2022)

É importante ressaltar que os gráficos e tabelas foram os mesmos para os participantes, além disso, foram exibidos na mesma ordem para todos. À medida que se realizava a decisão de qual alternativa escolher, os movimentos oculares foram registrados pelo *Eye-Tracking*. Os experimentos não tiveram limitação de tempo, dessa maneira, os participantes levaram tempos diferentes para realização da escolha em cada uma das visualizações.

3.1.5 Processamento e representação dos dados

Para que os dados dos experimentos fossem analisados, fez-se necessário o uso de software que fizesse a leitura dos dados da ferramenta de neurociência, o *Eye-tracking*, para que fosse possível sua interpretação. Assim sendo, o software *Tobii Studio* foi utilizado para incorporar as gravações de dados do rastreamento ocular desse estudo. O software fornece uma plataforma para gravações e análises de dados de rastreamento ocular, o que facilita na comparação e interpretação do comportamento humano. O fluxo de trabalho do software para montagem dos projetos é bastante intuitivo, como pode ser visto na Figura 10, a linha de trabalho encontra-se no centro da tela e as opções de inserções de elementos podem ser inseridas conforme projeto desejado. Além disso, o software possui ferramentas de análises que permitem a realização de diversos estudos e investigações. Somado a isso, o software permite a integração de dados do rastreamento ocular com vídeo, som, cliques de *mouse*, pressionamento de teclas e outras fontes de dados do participante em uma única solução.

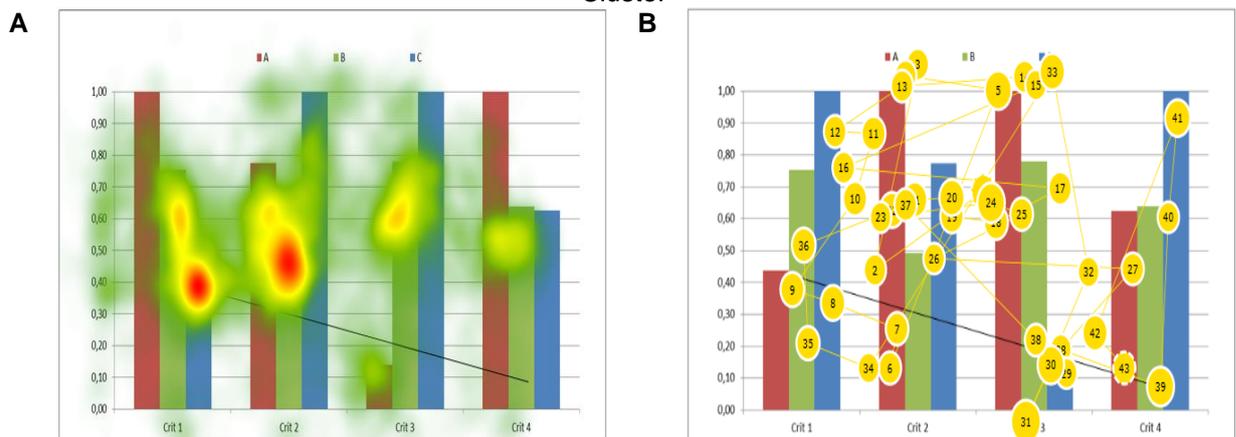
Figura 10 - Área de trabalho do Tobii Studio



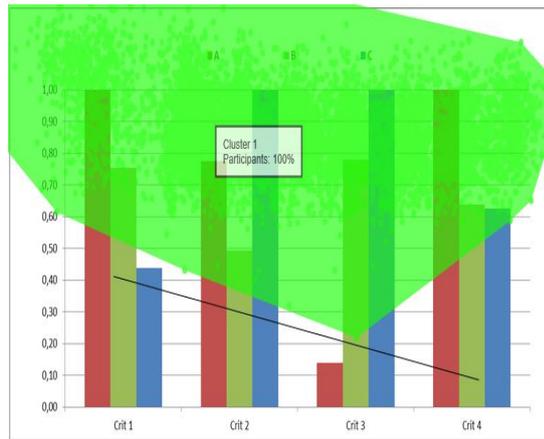
Fonte: Tobii Studio (2022)

Ainda nesse contexto, o *Tobii Studio* possibilita a representação dos dados de forma gráfica e ilustrativa, o que auxilia na análise e interpretação dos dados coletados pelo equipamento *eye-tracking*. Os tipos de representações disponíveis no software são: Mapas de calor (*heatmaps*), Pontos de Fixação (*gaze plot*) e *clusters*, que podem ser visualizados na Figura 11.

Figura 11 - Representações disponíveis no Tobii Studio. (A): Heat map; (B): Gaze Plot; (C): Cluster



C



Fonte: A autora (2022)

O *Heat map* (Figura 11A), permite uma visão geral por meio da sobreposição dos mapas individuais de cada participante. O mapa usa diferentes cores e intensidade para indicar os pontos de fixações e o tempo de duração das áreas. São três as cores que o compõem: Amarelo, Verde e Vermelho. O vermelho geralmente indica o maior número de fixações ou o tempo mais longo, e o verde indica o menor, com níveis variáveis entre eles possuindo coloração amarela. Os mapas de calor podem ser de grande valia para diversos estudos tendo em vista que auxiliam no resumo de grandes quantidades de dados de forma intuitiva.

A outra forma de visualização do *Tobii Studio*, o *Gaze plot* (Figura 11B), registra a sequência e a posição das fixações dos participantes. Os pontos (círculos) representam a duração das fixações, ou seja, quanto maior o símbolo que representa as fixações, maior o tempo que o participante fixou o olhar na região. Os números dos pontos representam a ordem das fixações. Além disso, os *Gaze Plots* podem ser usados para demonstrar o padrão de olhar de um só participante durante a gravação ou de todos os participantes juntos. A aparência do gráfico visual também pode ser alterada, assim o tamanho dos pontos de fixação podem ser proporcionais a duração da fixação ou podem ter o mesmo diâmetro. Outra alteração permitida, refere-se a cor de preenchimento. Um recurso também disponível, é o vídeo do *Gaze plot*, que permite a visualização da sequência por meio do vídeo da gravação do participante, que inclui as fixações e sacadas.

Já os *Clusters* (Figura 11C), representam as áreas com altas concentrações de pontos de dados de olhar (*clusters*), sobrepostos em uma imagem de fundo. Os dados de fixação contidos em cada *cluster* podem ser analisados gerando AOI's.

3.1.6 O desenho das Áreas de Interesse (AOI's)

O desenho da Área de Interesse deve retratar as partes essenciais do objeto em análise e deve ser realizado em toda a linha do tempo do projeto. Segundo o manual do Tobii (Tobii, 2016), as AOI's no Tobii Studio podem ser de dois tipos:

a) AOI's estáticos – São formas desenhadas pelo usuário e coletarão dados durante todo o tempo da exibição da mídia apresentada.

b) AOI's dinâmicos – As formas e comportamentos desse tipo de AOI são definidos pelos quadros-chave, onde cada quadro-chave é uma forma definida pelo usuário e uma posição da AOI que corresponde a um ponto determinado na linha do tempo da mídia. Em geral, as mídias dinâmicas com AOI's dinâmicas normalmente possuem vários quadro-chaves para cada uma das AOI's. Entre os quadro-chaves, o Tobii Studio interpola a forma e a posição da AOI, de modo que esta se mova suavemente de um quadro-chave para outro.

Na barra de ferramentas do software, estão disponíveis os formatos de desenho: Polígono, Elipse e Retângulo, sendo a escolha desses, feita conforme padrão mais apropriado para a parte do objeto que está sendo analisado. O *Tobii Studio* fornece uma lista referente às áreas de interesse que possuem informações como: o nome da AOI, a área correspondente ao desenho dessa AOI em (%), a área em *Pixels* (Px) e a cor do desenho da AOI, como ilustrado na Figura 12.

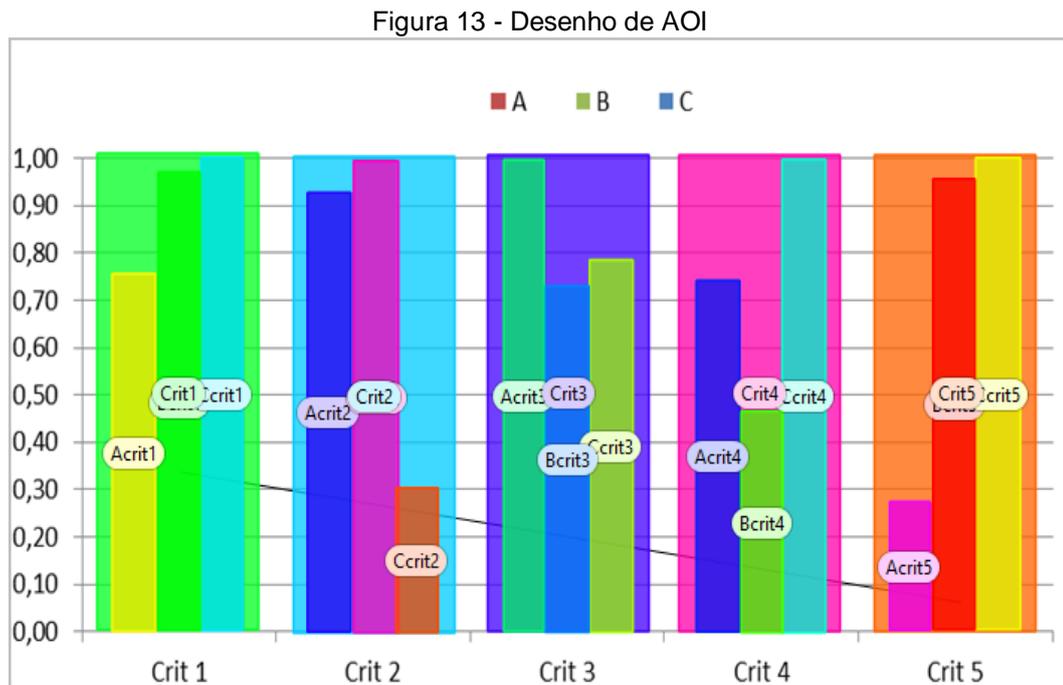
Figura 12 - Informações de AOI do Tobii Studio

Areas of Interest				
	Name	%	Px	Color
<input checked="" type="checkbox"/>	Polygon	13,21	103880	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ellipse	6,06	47629	

Fonte: Tobii Studio (2022)

Para cada experimento, foram criadas AOI's estáticas com formato de retângulos nas visualizações presentes. Além disso, as AOI's foram desenhadas nas

regiões das visualizações que correspondiam a cada um dos critérios e alternativas. Estas regiões foram desenhadas de forma a coletar o movimento ocular dos participantes, indicando a avaliação de cada alternativa referente a cada um dos critérios para o participante, assim como o desempenho de cada critério em comparação com outros, conforme apresentado na Figura 13.



Fonte: Tobii Studio (2022)

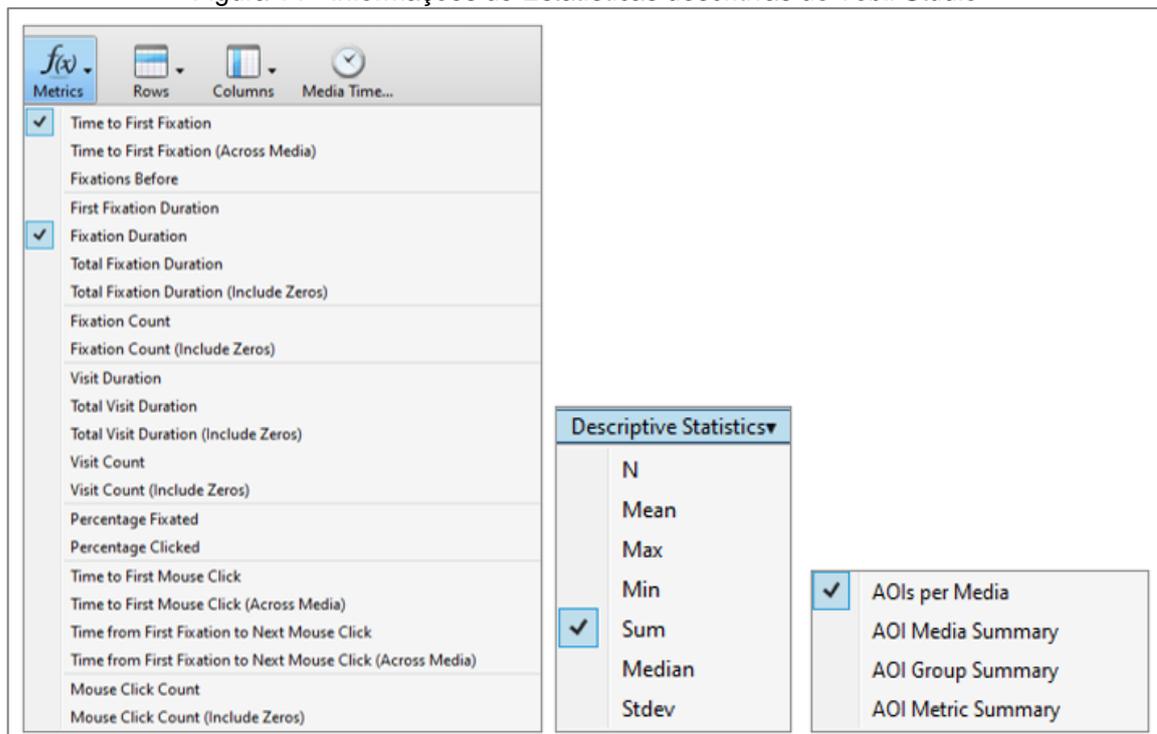
3.1.7 Métricas e estatísticas de rastreamento ocular

As métricas no *Tobii Studio* são calculadas por meio das áreas de interesse (AOI's) definidas. Os dados resultantes, além das formas gráficas vistas, podem ser exibidos na forma de tabela, uma vez que a ferramenta *Statistics* do software suporta a criação de tabelas complexas com várias mídias do mesmo projeto, sendo permitido respostas de questionários para participantes, além de estatísticas descritivas para as AOI's criadas.

Na criação das tabelas, é possível definir como os dados serão apresentados. Faz-se necessário escolher quais AOI's serão selecionadas, seguidamente, são escolhidas as métricas e estatísticas desejadas. Na aba das métricas, podem ser encontradas diversas métricas, como exemplo: *Time to First Fixation* (Tempo de

primeira fixação), *Fixation Duration* (Duração da Fixação), *Visit Duration* (Duração da Visita), dentre outros. Já na aba de Estatísticas Descritivas, tem-se busca pela Contagem (N), Soma (*Sum*), dentre outros. Nos níveis de colunas, encontram-se algumas opções, tais como: *AOI per media*, onde cada célula contém o valor estatístico descritivo para uma única AOI, tem-se o *AOI media summary*, onde cada célula contém o valor da estatística descritiva para todas as AOI's presentes em um único elemento de mídia, dentre outros, conforme representado pela Figura 14.

Figura 14 - Informações de Estatísticas descritivas do Tobii Studio



Fonte: Tobii Studio (2022)

Entende-se por fixação, o período em que o participante parou os olhos em um determinado ponto. Assim sendo, para a extração de dados das métricas analisadas, foi utilizada a soma (*Sum*) na aba de estatísticas descritivas e nas colunas, para o caso de *AOI per media*, assim sendo, tem-se a soma dos tempos das fixações que ocorreram em cada AOI de forma individual.

A definição das estatísticas descritivas fornecidas pelo *Tobii Studio* pode ser conferida no Quadro 1.

Quadro 1 – Definições de Estatísticas descritivas do Tobii Studio

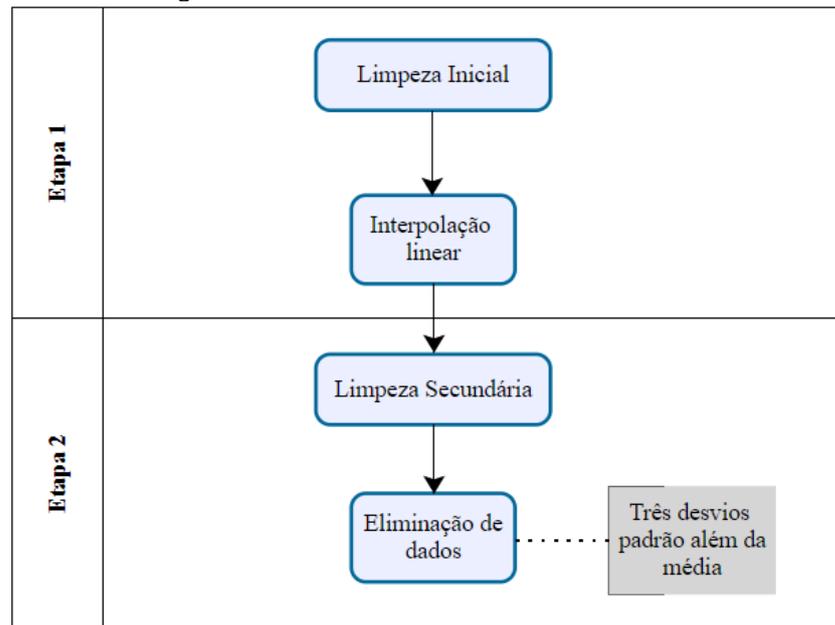
Estatística Descritiva	Definição
N	Número de valores de dados ou tamanho da amostra usado para calcular a Média e Desvio Padrão (Número de gravações, fixações, visitas ou participantes)
Média	Descreve a tendência central de um conjunto de valores de dados. É calculado somando todos os valores dos dados e dividindo por N (Número de valores de dados). O Tobii Studio calcula a média aritmética.
Max	Maior valor no conjunto de dados.
Min	Menor valor no conjunto de dados.
Soma	A soma de todos os valores de dados.
Mediana	O valor que separa um conjunto de dados em duas metades. O valor é calculado primeiro organizando uma lista finita de valores de dados do menor para o maior valor e, em seguida, determinando qual valor de dados está localizado no meio da lista - o valor mediano. Se o número de valores de dados for par, então não haverá um único valor de dados intermediário. A mediana é então definida pela média dos dois valores de dados.
Desvio Padrão	Descreve a variabilidade em um conjunto de valores de dados. O valor é calculado pelo enraizamento quadrado da média dos quadrados dos desvios de cada valor de dados da média. O Tobii Studio calcula o desvio padrão da amostra (N-1).

Fonte: Manual Tobii Studio (2016)

A métrica TFF indica a rapidez com que a área é fixada (PESCHEL; ORQUIN, 2013), extraídas diretamente do *Tobii Studio* por meio das AOI's. A análise dessa métrica se deu visando investigar quais áreas eram primeiramente vistas e como seguia as análises dos decisores através das visualizações. Já a métrica Duração da Fixação, se refere a duração total de todas as fixações na AOI e está associada à identificação relacionada ao conteúdo ou processamento cognitivo (SCHLEICHER *et al.*, 2008).

Os dados relacionados à pupila foram extraídos das gravações de vídeo pelo *Eye-Tracking* e registrados no *Tobii Studio* e, posteriormente, foram exportados para que fosse possível analisar com auxílio do *Excel*. O procedimento de tratamento dos dados se deu em duas etapas: Na Etapa 1 fez-se a limpeza inicial por meio do pré-processamento dos dados, realizado por meio da interpolação linear durante as piscadas (HOPSTAKEN *et al.*, 2016; MCGARRIGLE *et al.*, 2017; BURKE *et al.*, 2018; MARANDI *et al.*, 2019; PIRES *et al.*, 2019), visando interpolar os dados perdidos e remover ruídos e *outliers*. Seguidamente, na Etapa 2, fez-se a limpeza secundária, eliminando dados que estavam além da sua faixa natural, com três desvios padrão além da média do indivíduo (ANNERER-WALCHER *et al.*, 2021; PIRES *et al.*, 2019), objetivando tratar as distorções de dados devido os erros de medição. A Figura 15 ilustra o descrito por meio do fluxograma.

Figura 15 - Processo de tratamento dos dados



Fonte: A autora (2022)

O diâmetro médio da pupila foi calculado por meio da média do diâmetro da pupila dos participantes ao longo da tarefa de análise de cada tipo de visualização. Mathôt *et al.* (2018) ressaltam que expressar o tamanho da pupila em valores absolutos tem a desvantagem de os dados serem afetados por flutuações, que são fontes de ruídos. Com isso, deve ser realizado uma correção da linha de base. Sendo assim, foi necessário medir o diâmetro da pupila na linha de base (*baseline*). Para calcular a *baseline*, fez-se a média do diâmetro da pupila no intervalo de 100 ms (DALMASO *et al.*, 2019; MATHÔT *et al.*, 2014; MATHÔT *et al.*, 2013) do início de cada visualização. A correção por *baseline* foi realizada por meio da razão entre o tamanho da pupila e a *baseline*. Assim, tendo em vista que a escolha de qual olho analisar é considerada indiferente (SHARMA; GEDEON, 2012), optou-se por usar os dados da pupila esquerda dos participantes.

Por fim, o pico de dilatação da pupila foi usado para avaliar a fadiga mental e engajamento dos participantes. O cálculo do pico se deu pela diferença entre o diâmetro da pupila da *baseline* e o diâmetro da pupila com pico positivo nos primeiros 1500ms após o início do estímulo (PARTALA; SURAKKA, 2003; BRADLEY *et al.*, 2008; HOPSTAKEN, 2015).

3.2 Experimento desenvolvido no ano de 2017

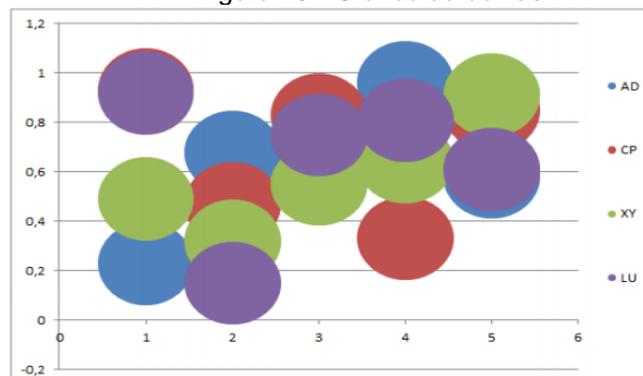
Especificamente, o primeiro experimento realizado, o experimento do ano de 2017, conteve uma amostra com 36 estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e possuiu 24 visualizações, sendo 18 gráficos de barras (9 com pesos iguais e 9 com pesos diferentes) e as 6 visualizações restantes, foram compostas por 1 gráfico radar, 1 gráfico de bolha (ambos com pesos iguais), 2 tabelas (com pesos iguais) e 2 combinações mistas (com pesos iguais).

As visualizações foram ilustradas em três sequências distintas: S1, que possuía um grau de dificuldade crescente com relação aos itens apresentados; S2, com o grau decrescente de dificuldade (ou seja, oposta a sequência S1); e S3, que apresentou uma sequência aleatória.

Para realização do experimento, foi utilizado o *Eye-tracking X120* da *Tobii Studio*, para capturar dados referentes as fixações e dados pupilométricos. O experimento analisou a taxa de acerto (HR), o Tempo médio total de fixação, Quantidade média total de fixações, Tempo médio total de visitas e Quantidade média total de visitas, Diâmetro da Pupila e a Análise das Áreas de Interesse (AOI's).

Os resultados apresentaram que para a taxa de acerto, as tabelas foram as visualizações mais aceitas pela amostra, as visualizações mistas tiveram maior tempo de análises e, por fim, o gráfico bolha foi considerado o mais complexo comparado aos outros gráficos apresentados. O motivo relatado se refere ao uso de pesos iguais, sendo assim, as bolhas foram sobrepostas e a análise pode ter sido dificultada, conforme apresenta Figura 16.

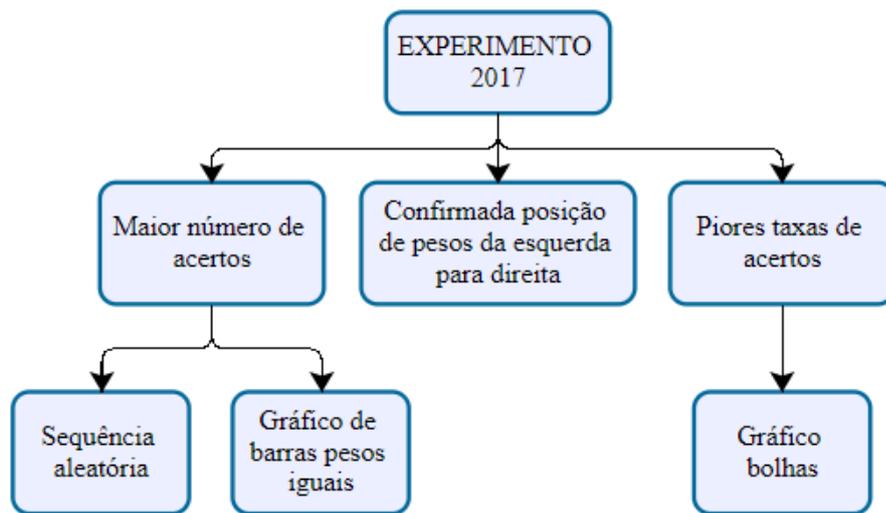
Figura 16 - Gráfico de bolhas



Fonte: Roselli *et al.*, (2018)

Sobre as métricas, as maiores taxas de acerto foram registradas para a sequência aleatória e para gráficos com pesos iguais. Somado a isso, para as três sequências, não se pode afirmar que o diâmetro maior ou menor da pupila dos participantes explica a tomada da decisão de maneira correta. O desenho das AOI's indicou que, de maneira geral, a região central foi a mais observada. A Figura 17 sintetiza os resultados gerais obtidos nesse experimento. Mais detalhes sobre a elaboração e resultados desse experimento, podem ser obtidos em Roselli (2018) e Roselli *et al.* (2018).

Figura 17 - Síntese dos resultados do Experimento 2017



Fonte: A autora (2022)

3.3 Experimento desenvolvido no ano de 2018

Tendo em vista os resultados do Experimento 2017, foram elaborados e desenvolvidos outros três experimentos: Experimento 2018, 2019 e 2020. Todos esses experimentos contaram com sequências aleatórias, uma quantidade maior de tabelas e não apresentaram o gráfico de bolhas.

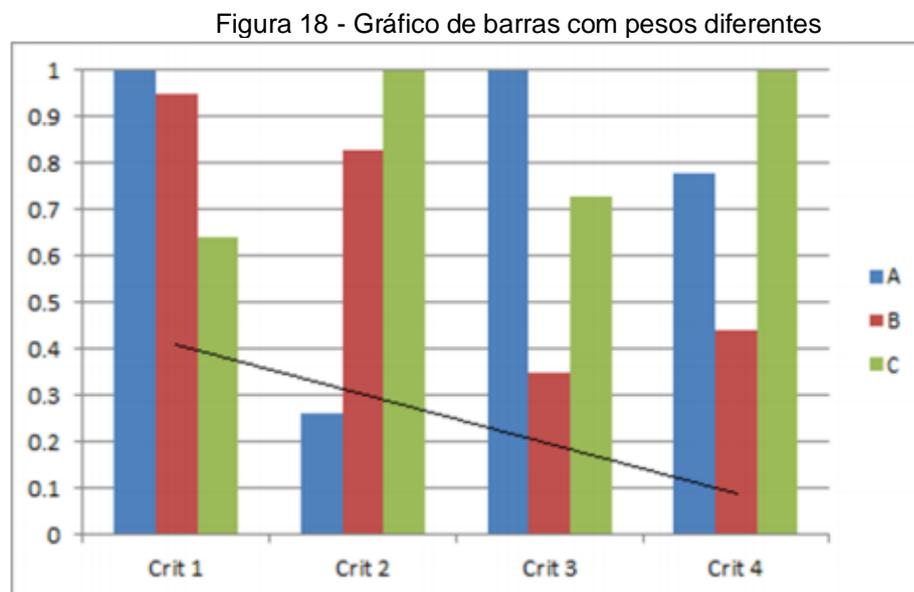
O Experimento de 2018 foi composto por 51 estudantes do curso de Engenharia de Produção da UFPE e objetivou analisar os resultados com foco na visualização gráfica por meio do gráfico de barras e na visualização tabular visando uma comparação das duas formas de visualização, tendo em vista que o Experimento 2017 não explorou muito as formas tabulares. No entanto, os resultados desse experimento

trouxeram que as tabelas tiveram altas taxas de acertos, além de terem sido positivamente avaliadas pelos participantes.

No experimento 2018, foram apresentados 10 problemas de decisão com gráficos de barras e tabelas, sendo 5 problemas com pesos iguais e cinco com pesos diferentes. É importante ressaltar que, para um mesmo problema, foram gerados um gráfico de barras e uma tabela, para que fosse possível a realização de comparações, assim, totalizando 20 visualizações. Além das 20 visualizações, foram apresentadas duas visualizações mistas, ou seja, com gráfico de barra e tabela em uma mesma imagem, para as duas combinações: “3A5C” e “4A5C” com pesos iguais.

Com base nos resultados do Experimento 2017 (Roselli, 2018), que indicou que a sequência aleatória apresentou maior número de acertos, optou-se por construir o Experimento 2018 com tal sequência. Assim sendo, foram construídos problemas com três, quatro ou cinco alternativas sendo estas avaliadas em três, quatro ou cinco critérios. Assim, teve-se as seguintes combinações de alternativas e critérios: “3A4C”, “4A3C”, “4A4C”, “4A5C” e “5A4C”.

A Figura 18 apresenta um exemplo de visualização construída, sendo ela BD3A4C.



Fonte: A autora (2022)

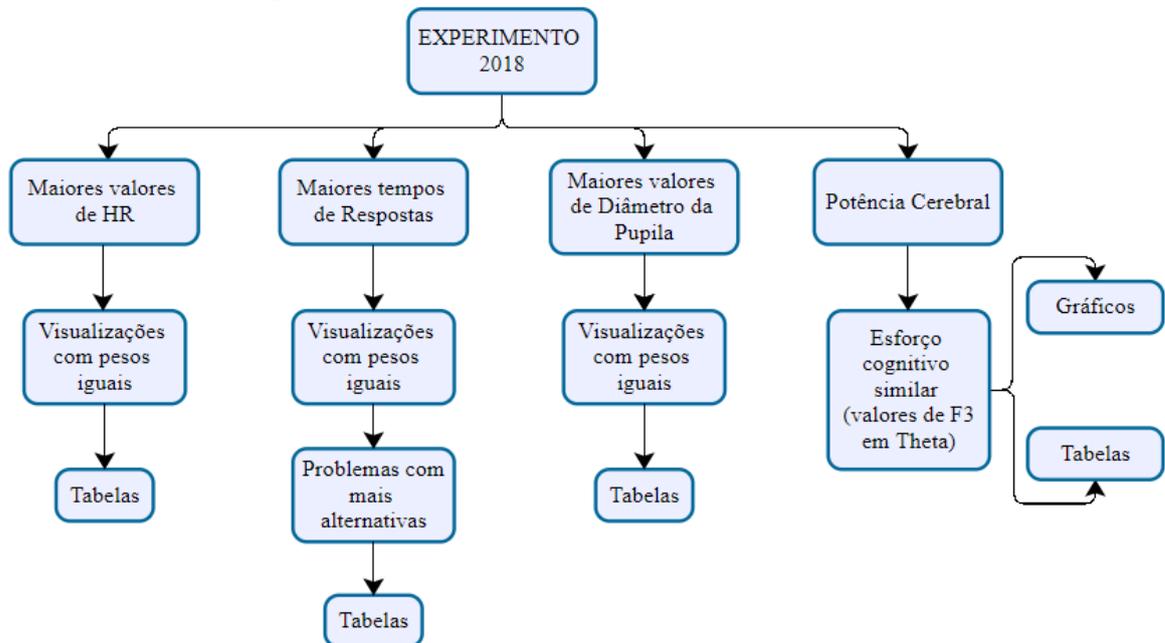
A reta ilustrada no gráfico de barras, indica que a visualização possui pesos diferentes para os critérios, sendo estes pesos decrescentes, dessa forma, o critério

1 (Crit 1) possui o maior valor para o peso e o critério 4 (Crit 4) possui o menor valor de peso.

No experimento 2018 as seguintes métricas foram avaliadas: Taxa de acerto (HR), Tempo de Resposta, Fixações e visitas, Diâmetro da Pupila e Potência cerebral. Para o desenvolvimento das análises realizadas, os mesmos equipamentos do experimento de 2017 foram utilizados: EEG e o *Eye-tracking*.

Os resultados desse experimento, em geral, indicaram taxas de acertos e coeficientes de pupila maiores para visualizações com pesos iguais e um tempo de resposta e taxa de acerto maiores para tabelas, como pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Síntese dos resultados do Experimento 2018



Fonte: A autora (2022)

3.4 Experimento desenvolvido no ano de 2019

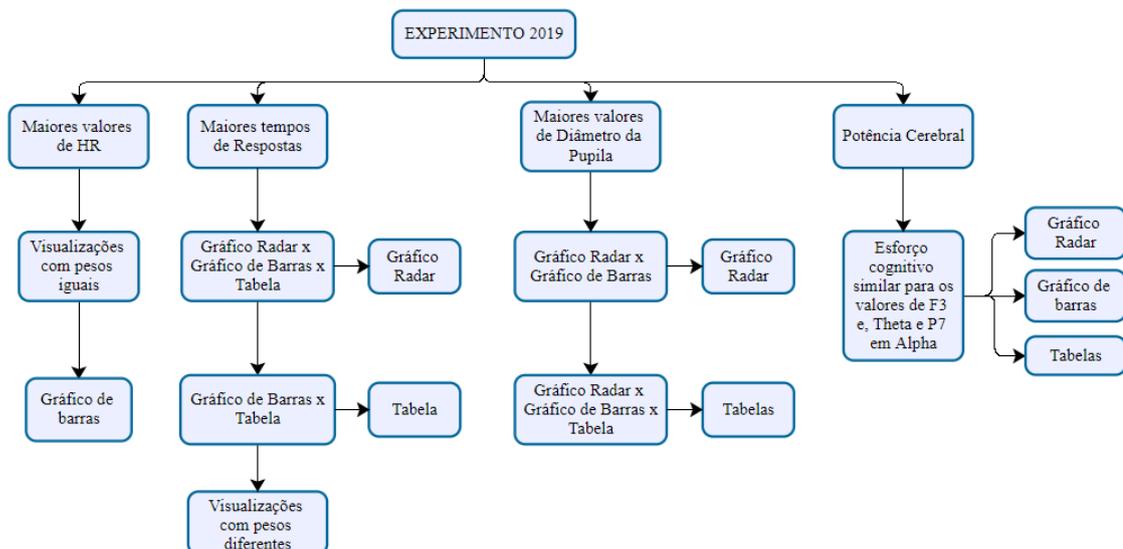
Já o Experimento 2019 foi composto por 78 estudantes do curso de Engenharia de Produção da UFPE, que estavam cursando a disciplina de Métodos de Apoio a Decisão, e visou analisar os gráficos de barras, as visualizações tabulares e os gráficos radar comparando tais formas de visualizações. O gráfico do tipo radar foi incluído visando investigar melhor o resultado positivo obtido no Experimento 2017, quando apresentaram uma grande taxa de acerto em relação as demais formas de visualização. Além disso, a maior parte das formas de visualização foi composta por

combinações com duas alternativas para que fosse investigado a relação de dominância contida no método FITradeoff com problemática de ordenação (Frej *et al.*, 2019).

O experimento 2019 foi composto por 22 visualizações ilustradas em uma sequência aleatória, representadas por visualizações gráficas e tabulares, sendo as formas gráficas representadas pelo gráfico de barras e gráfico radar. Dentre as 22 visualizações, 15 delas possuíam duas alternativas, combinadas com quatro, cinco, seis e sete critérios, visando gerar melhorias para o SAD do FITradeoff para problemática de ordenação. É importante ressaltar que apenas a visualização com sete critérios possuía pesos iguais e diferentes, sendo todo o restante construídos com pesos diferentes. Somado a isso, também foram apresentadas duas combinações mistas (3A5C e 4A5C), ou seja, com gráfico e tabela sendo apresentadas na mesma imagem. As cinco visualizações restantes possuíam as cinco combinações apresentadas no Experimento 2017: BS4A3C, BD3A4C, BD5A4C, MS3A5C e BD4A5C.

Nesse experimento, os dados de pupila, fixações e os dados de atividade elétrica cerebral foram capturados pelo *Eye-tracking* e o EEG, respectivamente. Os resultados obtidos nesse experimento, em geral, indicaram que os gráficos de barras tiveram maiores coeficientes de pupila. Os resultados sintetizados podem ser analisados na Figura 20.

Figura 20 - Síntese dos resultados do Experimento 2019



Fonte: A autora (2022)

3.5 Experimento desenvolvido no ano de 2020: Seleção *versus* Eliminação

O experimento de 2020 foi realizado em meio ao período de pandemia do novo coronavírus, denominado COVID-19 pela OMS – Organização Mundial de Saúde (WHO, 2020), o que acarretou a dificuldade de encontrar participantes para compor o grupo de amostra como os demais experimentos. Sendo assim, os participantes não foram limitados a estudantes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (71,7% eram do curso de Engenharia de Produção), o que significa que nem todos os participantes possuíam conhecimento de multicritério (78,26% dos participantes afirmaram ter conhecimento). Além disso, o número total de participantes foi 46 (sendo 22 mulheres e 24 homens) com idade entre 19 e 39 anos ($M= 26.43$; $SD= 4.11$). No entanto, foram considerados os dados de 44 participantes, devido falhas nos dados de captura dos movimentos dos olhos.

O experimento foi composto por 8 problemas de decisão multicritério, sendo 4 deles com pesos iguais e 4 problemas com pesos diferentes e apresentaram as seguintes combinações de alternativas e critérios: 3A4C, 3A5C e 3A7C.

No total, esse experimento conteve 24 visualizações divididas em duas partes, onde na primeira tarefa do experimento o participante deveria avaliar as alternativas e selecionar a melhor alternativa do conjunto, usando gráfico e tabela, na mesma proporção e na segunda tarefa, o participante deveria eliminar a pior alternativa.

A sequência de visualizações apresentada aos participantes durante o experimento pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 - Sequência das visualizações do Experimento 2020

SEQUÊNCIA DAS VISUALIZAÇÕES

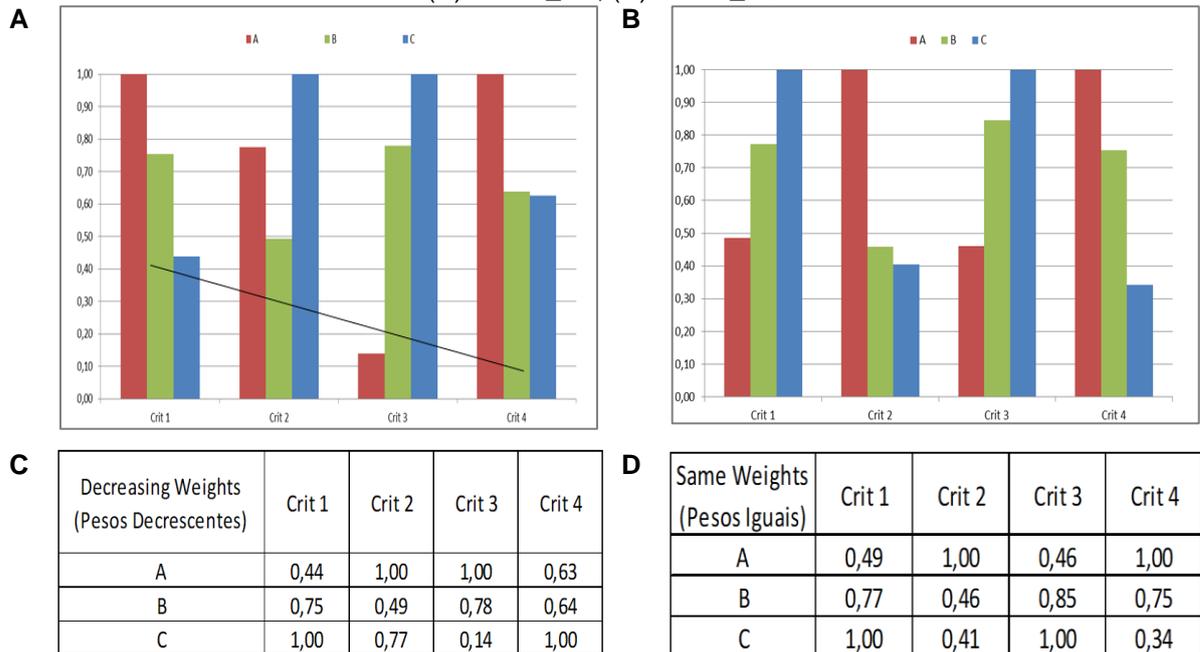
3A7C_TD_SEL
 3A4C_BD_SEL
 3A4C_TS_SEL
 3A5C_TD_SEL
 3A5C_BS_SEL
 3A4C_BS_SEL
 3A5C_BD_SEL
 3A5C_TS_SEL
 3A7C_TS_SEL
 3A7C_BD_SEL
 3A4C_TD_SEL
 3A7C_BS_SEL
 3A7C_TD_ELIM
 3A4C_BD_ELIM
 3A4C_TS_ELIM
 3A5C_TD_ELIM
 3A5C_BS_ELIM
 3A4C_BS_ELIM
 3A5C_BD_ELIM
 3A5C_TS_ELIM
 3A7C_TS_ELIM
 3A7C_BD_ELIM
 3A4C_TD_ELIM
 3A7C_BS_ELIM

Fonte: A autora (2022)

Com relação aos acrônimos, os que já foram apresentados anteriormente foram usados para indicar o tipo de visualização: Para as alternativas utilizou-se a letra A, foi utilizado para os critérios, a letra C. Para as visualizações de pesos iguais, foi utilizado a letra S, do inglês *Same* e para pesos diferentes, utilizou-se a letra D. Os gráficos de barras foram representados pela letra B e as tabelas foram representadas pela letra T.

A Figura 21 ilustra exemplos de visualizações usadas nesse experimento.

Figura 21 - Representações das ilustrações do Experimento 2020. (A): 3A4C_BD; (B): 3A4C_BS; (C): 3A4C_TD; (D): 3A4C_TS



Fonte: A autora (2022)

Na Figura 21A, tem-se um gráfico de barras com pesos diferentes e a combinação de três alternativas e quatro critérios. Já na Figura 21B, tem-se a mesma combinação para o gráfico de barras, no entanto, o peso é igual para os critérios (indicado pela ausência da linha do peso). A Figura 21C indica na primeira coluna da tabela, que o problema possui pesos decrescentes para os critérios, dessa forma, o critério 1 possui o maior peso e o critério 4, o menor.

Por fim, a Figura 21D, ilustra o mesmo problema da tabela da Figura 21B, no entanto, com pesos iguais para os critérios, se tratando de um problema com três alternativas e quatro critérios.

O experimento 2020 foi dividido em duas tarefas: Seleção e Eliminação. Assim, primeiramente, os usuários eram informados sobre a tarefa que deveriam desenvolver, ou seja, a escolha da melhor alternativa do grupo, conforme indica a Figura 22:

Figura 22 - Slide informativo da seleção da melhor alternativa

Nesta etapa do Experimento, você deve avaliar as alternativas e selecionar a MELHOR.

Fonte: A autora (2022)

Posteriormente, após analisar todas as visualizações apresentadas para a escolha da melhor alternativa do grupo, os usuários eram informados da etapa seguinte, ou seja, da tarefa de eliminação da pior alternativa do grupo, conforme Figura 23:

Figura 23 - Slide informativo da eliminação da pior alternativa

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

Fonte: A autora (2022)

As visualizações foram apresentadas em sequência aleatória e sem limite de tempo para a escolha da melhor ou pior alternativa. De maneira a sintetizar os experimentos descritos e os tipos de métricas utilizadas em cada um deles, o Quadro 2 foi construído.

Quadro 2 – Síntese das comparações entre os experimentos no período de 2017-2020

Dados	Experimento 2017	Experimento 2018	Experimento 2019	Experimento 2020
Amostra	36	51	78	44
Participantes	Estudantes do curso de Engenharia de Produção	Estudantes do curso de Engenharia de Produção	Estudantes do curso de Engenharia de Produção	Estudantes do curso de Engenharia de Produção e demais cursos
Equipamentos	<i>Eye-tracking</i>	Eletroencefalograma – EEG, <i>Eye-tracking</i>	Eletroencefalograma – EEG, <i>Eye-tracking</i>	Eletroencefalograma – EEG, <i>Eye-tracking</i>
Número de visualizações	24	20	22	24
Tipos de visualizações	Gráfico de Barras, Gráfico Radar, Gráfico de Bolhas, Tabelas e combinações mistas	Gráfico de Barras, tabelas e combinações mistas	Gráfico de Barras, Gráfico Radar, tabelas e combinações mistas	Gráfico de Barras e Tabelas
Tipo de sequência	Três sequências distintas: S1 (ordem crescente de grau de dificuldade), S2 (oposta a S1) e S3 (ordem aleatória)	Aleatória	Aleatória	Aleatória (dividida em duas tarefas: eliminação e seleção)

Métricas analisadas	Taxa de acerto (HR), Tempo médio total de fixação e visitas, Quantidade média total de fixações e visitas, Diâmetro da Pupila e a Análise das Áreas de Interesse (AOI's)	Taxa de acerto (HR), Tempo de Resposta, Fixações e visitas, Diâmetro da Pupila e Potência cerebral	Taxa de acerto (HR), Tempo de Resposta, Diâmetro da Pupila e Potência cerebral	Análise das Áreas de Interesse (AOI's): <i>Time to First Fixation – TFF</i> , <i>Fixation Duration – FD</i> , Previsão de Escolha, Pico e Diâmetro da Pupila
----------------------------	--	--	--	--

Fonte: A autora (2022)

Na análise realizada dos experimentos construídos, foram investigadas as seguintes variáveis: Tempo para a primeira fixação (*Time to First Fixation – TFF*), Duração da Fixação (*Fixation Duration – FD*) para o ano de 2020, Previsão de Escolha, Diâmetro e Pico de dilatação da pupila (para o ano de 2020). Os resultados das métricas TFF, FD e Previsão de Escolha foram publicados e apresentados em Ferreira *et al.* (2021 b).

Para melhor visualização e compreensão das métricas utilizadas, tem-se a descrição, cálculo e referências de cada métrica no Quadro 3.

Quadro 3 – Métricas usadas para realização das análises desse estudo

NOME DA MÉTRICA	DESCRIÇÃO DA MÉTRICA	CÁLCULO	REFERÊNCIAS
Tempo de Primeira Fixação (<i>Time to First Fixation – TFF</i>)	TFF indica a rapidez com que uma área é fixada após o início do estímulo	Gerado pelo <i>Tobii Studio</i>	Reutskaja <i>et al.</i> (2011); Peschel e Orquin (2013)
<i>Duração da Fixação (Fixation Duration – FD)</i>	A medição está associada à identificação relacionada ao conteúdo ou processamento cognitivo	Soma de todas as durações de fixação no item em segundos	(SCHLEICHER <i>et al.</i> , 2008)
Previsão de Escolha	Avalia se a alternativa mais fixada foi a alternativa escolhida	Comparação entre FD das alternativas e a resposta final do participante	Atalay <i>et al.</i> (2012); Chandon <i>et al.</i> (2009); Schotter <i>et al.</i> (2010)
Média do diâmetro da pupila corrigida por <i>baseline</i>	Avaliar o aumento e a relação da atenção durante uma tarefa	Razão entre o diâmetro da pupila e a <i>baseline</i>	Mathôt <i>et al.</i> (2013); Mathôt <i>et al.</i> (2014); Mathôt <i>et al.</i> (2018); Ungureanu <i>et al.</i> (2017)

Pico do diâmetro da pupila	A medição está associada a fadiga mental e engajamento. A diminuição na métrica relaciona-se com o aumento da fadiga mental	Diferença entre o diâmetro da pupila da linha de base e o diâmetro da pupila de teste com pico positivo nos primeiros 1500 ms.	Bradley <i>et al.</i> (2008); Partala e Surakka (2003); Hopstaken (2015)
----------------------------	---	--	--

Fonte: A autora (2022)

As métricas avaliadas nesse estudo visam investigar aspectos analisados em estudos presentes na literatura, principalmente em estudos acerca da escolha do consumidor. Por meio da métrica Previsão de Escolha, pretendeu-se investigar se a alternativa escolhida pelo participante foi a alternativa analisada por mais tempo, fenômeno que tem sido denominado “viés do olhar” (SCHOTTER *et al.*, 2010). Simion e Shimojo (2006) sugerem que a primeira fixação e a duração total da fixação são as métricas comumente relatadas em pesquisas de consumo, e que o consumidor provavelmente irá comprar o produto que olhou por mais tempo. Assim, pretendeu-se analisar tais hipóteses no processo de tomada de decisão por meio da avaliação holística, onde o decisor avalia as alternativas de forma conjunta.

3.6 Comparação dos resultados dos Experimentos 2017-2020

Como exposto, os Experimentos possuíram ligação, tendo em vista que os resultados de um contribuíram para a criação do experimento seguinte. Sendo o tipo de visualização e o tipo de sequência fatores muito relevantes durante os estudos avaliados.

Como forma de facilitar a compreensão dos experimentos descritos nas seções 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6, elaborou-se o quadro 4.

Quadro 4 – Comparação dos experimentos

EXPERIMENTO	TIPOS DE VISUALIZAÇÕES	TIPO DE SEQUÊNCIA
ANO DE 2017	Possuiu visualizações com gráfico de barras, gráfico radar, gráfico de bolhas, tabelas e visualizações mistas (gráfico e tabela na mesma tela)	O experimento possuiu três sequências de apresentação das visualizações: a) Grau com dificuldade crescente; b) Grau com dificuldade decrescente; c) Ordem aleatória
ANO DE 2018	Com o resultado de menor taxa de acerto em 2017, este experimento possuiu gráfico de barras, maior quantidade de tabelas (tendo em vista que em 2017 tiveram altas taxas de acerto) e visualizações mistas	Mediante maiores taxas de acerto para sequência aleatória, este experimento adotou a sequência aleatória
ANO DE 2019	Com o resultado de boas taxas de acerto em 2017 para o gráfico do tipo radar, este experimento avaliou gráfico radar, barras e visualizações tabulares. Foram avaliadas combinações com duas alternativas para que fosse investigado a problemática de ordenação do FITradeoff.	Sequência aleatória
ANO DE 2020	Com os resultados favoráveis para gráficos de barras e tabelas, este experimento focou nessas duas formas de visualização	Sequência aleatória, com a divisão em duas tarefas: Seleção e eliminação, com foco em avaliar o desempenho do decisor nas duas tarefas.

Fonte: A autora (2022)

Os resultados obtidos com as análises dos tipos de visualização e sequência descritas, serão abordados no Capítulo 4, a seguir. Além disso, os *insights* gerados com os resultados das métricas estudadas e das visualizações, estão expostos na seção 4.6.

4 RESULTADOS ENCONTRADOS COM O EYE-TRACKING PARA O CONJUNTO DOS EXPERIMENTOS DE 2018-2020

Por meio das métricas apresentadas no Quadro 3, foram realizadas análises, tanto descritivas como estatísticas, das visualizações gráficas apresentadas nos Experimentos 2018-2020. É importante ressaltar que as seções 4.2 e 4.4 dizem respeito apenas ao Experimento 2020, uma vez que as métricas apresentadas já foram desenvolvidas para os demais experimentos.

4.1 Tempo de Primeira Fixação (TFF)

As áreas de interesse foram desenhadas em cada um dos gráficos e tabelas nas áreas correspondentes aos critérios. Dessa maneira, por meio dos desenhos feitos para as AOI's, foi realizada uma análise descritiva para que fosse possível verificar quais regiões receberam a primeira fixação e quais foram fixadas por último.

A primeira análise de dados feita visou avaliar os critérios por meio das variáveis referentes ao movimento dos olhos. Para a realização da análise, foram coletados dados da métrica TFF para cada AOI em cada um dos experimentos analisados, referentes aos anos de 2018, 2019 e 2020. Essa métrica mede quanto tempo leva até que o participante fixe o olhar em uma AOI. Essa medição se inicia quando o estímulo é exibido pela primeira vez. Além disso, caso o participante, ao final da gravação do seu experimento, não tiver fixado o olhar na AOI o valor do tempo para primeira fixação não é calculado para essa gravação (TOBII STUDIO, 2016).

Dessa maneira, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: “Quais critérios receberam a primeira fixação e quais foram fixados por último, considerando a métrica Tempo de Primeira Fixação?” Para a extração de dados dessa métrica, as variáveis selecionadas no software foram: *Time to First Fixation* (Tempo de Primeira Fixação) na aba métricas, com a busca pela soma (*Sum*), na aba de estatísticas descritivas, e nas colunas, para o caso de AOI *per média*, assim sendo, tem-se a soma dos tempos das fixações que ocorreram em cada AOI de forma individual.

Para geração dos resultados, foram realizadas análises descritivas a partir das comparações dos Gráficos e das Tabelas apresentadas na escolha da melhor

alternativa para os problemas de decisão. Inicialmente, tem-se os resultados para o experimento do ano de 2018.

4.1.1 Experimento 2018

Para as combinações tabulares, com pesos iguais e diferentes, teve-se que, para as combinações “3A4C”, “4A4C” e “5A4C”, o critério visto por último foi o critério 4. Na combinação “4A3C”, o critério visto por último foi o critério 3 e na combinação “4A5C”, o critério 5 foi visto por último. A Tabela 4 sumariza tais resultados observados.

Tabela 4 - TFF para visualizações tabulares

	TD	TS	Orientação
3A4C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Por último
4A3C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 3	Critério 3	Por último
4A4C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Por último
4A5C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Por último
5A4C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Por último

Fonte: A autora (2022)

Para os gráficos de barras, o mesmo padrão pode ser observado com relação ao critério visto por último, para pesos diferentes e iguais, com exceção para a combinação “4A4C”, onde o critério visto por último não foi o critério 4, mas o critério 3. A Tabela 5 ilustra esse e os demais resultados.

Tabela 5 - TFF para visualizações com gráficos de barras

	BD	BS	Orientação
3A4C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Por último
4A3C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 3	Critério 3	Por último
4A4C	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 3	Critério 3	Por último
4A5C	Critério 1	Critério 2	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Por último
5A4C	Critério 2	Critério 1	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Por último

Fonte: A autora (2022)

Por fim, quanto as visualizações mistas do experimento de 2018, com as combinações “3A5C” e “4A5C”, o critério 5 apareceu como sendo o critério visto por último em ambas. Os resultados destas combinações podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 - TFF para visualizações mistas

	MS – Gráfico	MS – Tabela	Orientação
3A5C	Critério 2 e 3	Critério 2	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Por último
4A5C	Critério 3	Critério 2	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Por último

Fonte: A autora (2022)

4.1.1.1 Análise Estatística para os Tempos de Primeira Fixação – 2018

Visando complementar os resultados obtidos nas análises descritivas, foram estatisticamente analisados os valores de tempo de primeira fixação e segunda fixação nas visualizações para verificar se as diferenças eram significativas, ou seja, se havia mudança de tempo entre fixar o olhar na primeira AOI e na segunda AOI. Dessa forma, elaborou-se a questão de pesquisa: “O tempo de análise varia quando se analisam a primeira e a segunda área fixada?”

A fim de responder o questionamento, realizou-se o *Wilcoxon Signed-Rank Test* para amostras pareadas, com alfa correspondente a 5% em cada sequência. Esse teste foi utilizado tendo em vista a não-exigência com relação a conformidade com a distribuição normal para os valores de TFF. Além disso, as amostras foram consideradas como dependentes uma vez que os mesmos participantes analisavam todas as visualizações apresentadas (MONTGOMERY *et al.* 2000). As hipóteses testadas nas comparações pareadas entre as combinações de alternativas e critérios foram:

H0: Os tempos de primeira e segunda fixação são semelhantes para as visualizações.

H1: Os tempos de primeira e segunda fixação não são semelhantes para as visualizações.

Para explorar tais diferenças, fez-se a divisão de gráfico de barras e para visualizações tabulares, como podem ser visualizados na Tabela 7. Por fim, a Tabela 8 traz os resultados para as combinações mistas.

Tabela 7 - Teste de Wilcoxon para visualizações gráficas e tabulares

	BD	BS	TD	TS
3A4C	<i>P-value: 1.233e-06</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.233e-06</i> $\alpha: 0,05$
4A3C	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.233e-06</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.233e-06</i> $\alpha: 0,05$
4A4C	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.233e-06</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.233e-06</i> $\alpha: 0,05$
4A5C	<i>P-value: 2.216e-06</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$
5A4C	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Tabela 8 - Teste de Wilcoxon para visualizações mistas

	MS_GRÁFICO	MS_TABELA
3A5C	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.232e-06</i> $\alpha: 0,05$
4A5C	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 9.313e-10</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Por meio da Tabela 7 e Tabela 8, pode-se perceber que tanto as formas gráficas quanto para as formas tabulares, com pesos iguais e diferentes, apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%, levando a rejeição da hipótese nula. Com isso, pode-se concluir que as amostras provêm de populações não similares, ou seja, o tempo que o participante passa para fixar o olhar na primeira área de interesse não é semelhante ao que ele passa para fixar na segunda área de interesse.

Dessa forma, fez-se uma análise nos valores das variáveis para a métrica TFF objetivando investigar quais critérios das visualizações apresentavam o menor tempo de fixação, tendo em vista que os valores de TFF eram não semelhantes.

Assim, a Tabela 9 apresenta os resultados encontrados para gráficos de barras e tabelas e a Tabela 10 ilustra os resultados para as combinações mistas.

Tabela 9 – Comparação entre os tempos de TFF

COMBINAÇÕES	BD	BS	TD	TS
3A4C	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
4A3C	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
4A4C	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
4A5C	Crit1<Crit2	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
5A4C	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2

Fonte: A autora (2022)

Tabela 10 – Comparação TFF para combinações mistas

COMBINAÇÕES	MS_GRÁFICO	MS_TABELA
3A5C	Crit2<Crit1	Crit2<Crit1
4A5C	Crit3<Crit1	Crit2<Crit1

Fonte: A autora (2022)

Por meio da Tabela 9, pode-se observar que para os gráficos de barras e tabelas, o critério 1 possuiu o menor tempo de primeira fixação, ou seja, os participantes fixavam mais rapidamente no critério 1, com exceção das combinações “4A5C_BS” e “5A4C_BD”. Já para as combinações mistas, o critério 2 predominou como sendo o critério com menor tempo de primeira fixação, principalmente para as tabelas.

4.1.2 Experimento 2019

Conforme descrito na seção 3.4 do capítulo 3, o experimento do ano de 2019 possuiu foco na investigação de problemas com duas alternativas objetivando, primordialmente, alterações e melhorias no SAD do FITradeoff de ordenação. Assim sendo, realizou-se análises com a métrica Tempo de Primeira Fixação a fim de observar o comportamento do decisor com relação ao critério primeiramente visto por ele e o critério visto por último, investigando assim o padrão de visualização durante as análises realizadas no experimento.

Inicialmente, analisou-se o gráfico de barras com pesos diferentes. Dessa forma, os resultados indicaram que o critério visto primeiramente pelos participantes foi o critério 2, considerando todas as combinações de critérios contidas no experimento. O resultado descrito pode ser conferido na Tabela 11.

Tabela 11 - TFF para gráficos de barras

	BD	Orientação
2A4C	Critério 2	Primeiramente
	Critério 4	Por último
2A5C	Critério 2	Primeiramente
	Critério 5	Por último
2A6C	Critério 2	Primeiramente
	Critério 6	Por último
2A7C	Critério 2	Primeiramente
	Critério 7	Por último
4A5C	Critério 2	Primeiramente
	Critério 5	Por último
5A4C	Critério 2	Primeiramente
	Critério 4	Por último

Fonte: A autora (2022)

Além disso, com relação ao critério visto por último, os resultados seguiram o mesmo padrão observado: os critérios vistos por último obedecem ao critério contido na combinação. Sendo assim, teve-se que, na combinação “2A4C”, o critério visto por último foi o critério 4, na combinação “2A5C” o critério visto por último foi o critério 5, e assim por diante.

Para a sequência com gráfico de barras com quatro e cinco alternativas, o critério 2 também permaneceu como o critério visto primeiramente, e quanto ao critério visto por último, foi obtido o mesmo padrão observado anteriormente.

Para os gráficos de barras, radar e tabela com pesos iguais, também foram obtidos resultados semelhantes, com exceção da combinação 4A3C_BS que possuiu o critério 1 como sendo o critério visto por último e a combinação 2A7C_RS com o critério 3 sendo o critério visto por último, conforme Tabela 12.

Tabela 12 - TFF para barras, radar e tabela

	BS	RS	TS	Orientação
2A7C	Critério 3	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 7	Critério 3	Critério 7	Por último
4A3C	Critério 2			Primeiramente
	Critério 1			Por último

Fonte: A autora (2022)

Por fim, quanto a sequência mista, ou seja, com gráfico e tabela sendo apresentados na mesma tela contendo a mesma combinação de alternativas e critérios, pode-se confirmar o mesmo padrão observado, conforme ilustra a Tabela 13.

Tabela 13 - TFF para combinação mista

	MS – Gráfico	MS – Tabela	MD – Gráfico	MD – Tabela	Orientação
3A5C	Critério 2	Critério 2	Critério 2	Critério 1	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Critério 5	Critério 5	Por último
4A5C			Critério 2	Critério 2	Primeiramente
			Critério 5	Critério 5	Por último

Fonte: A autora (2022)

Como exposto, o critério 2 apresentou-se como sendo o critério visto primeiramente nas duas formas de visualização apresentadas. Além disso, o critério visto por último seguiu o mesmo padrão dos anteriores.

4.1.2.1 Análise Estatística para os Tempos de Primeira Fixação – 2019

Buscando corroborar com os resultados obtidos nas análises descritivas realizadas, foram feitos testes estatísticos por meio dos valores de duração da fixação para o primeiro e segundo critério mais fixado nas visualizações. Da mesma forma realizada no experimento 2018, elaborou-se a questão de pesquisa: “O tempo de fixação varia quando se analisam a primeira e a segunda área fixada?”

A fim de responder o questionamento, realizou-se o *Wilcoxon Signed-Rank Test* para amostras pareadas, com alfa correspondente a 5%. As hipóteses testadas nas comparações pareadas entre as combinações de alternativas e critérios foram:

H0: Os tempos de primeira e segunda fixação são semelhantes para as visualizações.

H1: Os tempos de primeira e segunda fixação não são semelhantes para as visualizações.

Os resultados de *p-value* obtidos nos testes estatísticos feitos para os gráficos de barras e gráfico do tipo radar, estão expostos na Tabela 14.

A Tabela 15 exibe os resultados encontrados para visualizações tabulares. Por fim, a Tabela 16 traz os resultados obtidos para as combinações mistas.

Tabela 14 - Teste de Wilcoxon para visualizações gráficas e do tipo radar

	BD	BS	RD	RS
2A4C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$		<i>P-value: 1.421e-14</i> $\alpha: 0,05$	
2A5C	<i>P-value: 2.474e-09</i> $\alpha: 0,05$		<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	
2A6C	<i>P-value: 2.473e-09</i> $\alpha: 0,05$		<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	
2A7C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.474e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.473e-09</i> $\alpha: 0,05$
3A4C	<i>P-value: 2.473e-09</i> $\alpha: 0,05$			
4A3C		<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$		
4A5C	<i>P-value: 1.421e-14</i> $\alpha: 0,05$			
5A4C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$			

Fonte: A autora (2022)

Tabela 15 - Teste de Wilcoxon para visualizações tabulares

	TD	TS
2A4C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	
2A5C	<i>P-value: 2.474e-09</i> $\alpha: 0,05$	
2A6C	<i>P-value: 1.421e-14</i> $\alpha: 0,05$	
2A7C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Tabela 16 - Teste de Wilcoxon para visualizações mistas

	MD_GRÁFICO	MD_TABELA	MS_GRÁFICO	MS_TABELA
3A5C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 1.421e-14</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$
4A5C	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.475e-09</i> $\alpha: 0,05$		

Fonte: A autora (2022)

Com base no exposto, é possível observar que para as formas gráficas e tabulares, com pesos iguais e diferentes, apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%, acarretando a rejeição da hipótese nula. Dessa maneira, conclui-se que as amostras provêm de populações não similares, ou seja, o tempo que o participante passa para fixar o olhar na primeira área de interesse não é similar ao que ele passa para fixar na segunda área de interesse.

De maneira a observar o critério que possuía o menor tempo de fixação, analisou-se as amostras comparando os dois menores tempos de primeira fixação, de forma a identificar qual critério possuía o menor valor de TFF. A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos para os gráficos de barras, tabelas e gráficos do tipo radar.

Tabela 17 – Comparação dos valores de TFF

COMBINAÇÕES	BD	BS	RD	RS	TD	TS
2A4C	Crit2<Crit1		Crit1<Crit2		Crit1<Crit2	
2A5C	Crit2<Crit1		Crit1<Crit2		Crit1<Crit2	
2A6C	Crit3<Crit2		Crit1<Crit2		Crit1<Crit2	
2A7C	Crit3<Crit2	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
3A4C	Crit1<Crit2					
4A3C		Crit1<Crit2				
4A5C	Crit2<Crit3					
5A4C	Crit2<Crit1					

Fonte: A autora (2022)

Assim, pode-se perceber um predomínio do critério 1 para os gráficos do tipo radar e para as visualizações tabulares. No entanto, quando se observam os gráficos de barras com pesos diferentes, o critério 2 apresenta menor tempo de primeira fixação.

A mesma análise foi realizada para as combinações mistas, com pesos diferentes e pesos iguais, conforme ilustra Tabela 18.

Tabela 18 – Comparação de TFF para combinações mistas

COMBINAÇÕES	MD_GRÁFICO	MD_TABELA	MS_GRÁFICO	MS_TABELA
3A5C	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2
4A5C	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2		

Fonte: A autora (2022)

É possível observar que para os gráficos de barras presentes nas combinações mistas, o critério 2 apresentou menor tempo de primeira fixação. Já quando se observa as tabelas, o critério 1 teve o menor tempo de primeira fixação.

4.1.3 Experimento 2020

Com relação aos resultados da métrica TFF para o experimento do ano de 2020, foi possível observar que para os gráficos de barras com pesos diferentes, apenas a combinação 3A5C apresentou uma indefinição quanto ao critério visto primeiramente, tanto para eliminação quanto para seleção, uma vez que houve empate para a soma dos critérios vistos primeiramente considerando os participantes analisados para a combinação citada. Os demais resultados puderam ser comparados e estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - TFF para gráfico de barras com pesos iguais e diferentes

	BD_Elim	BS_Elim	BD_Sel	BS_Sel	Orientação
3A4C	Critério 1	Critério 2	Critério 2	Critério 2	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Critério 4	Critério 4	Por último
3A5C	Critérios 1, 2 e 3	Critério 3	Critério 1 e 3	Critério 3	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Critério 5	Critério 5	Por último
3A7C	Critério 3	Critério 4	Critério 3	Critério 4	Primeiramente
	Critério 7	Critério 7	Critério 7	Critério 7	Por último

Fonte: A autora (2022)

Dessa maneira, pode-se perceber que os critérios vistos por último em todas as combinações, referem-se ao número de critérios da combinação. Assim sendo, quando se observa, por exemplo, a primeira combinação “3A4C”, tem-se que o critério visto por último pelos participantes, foi o critério 4. Da mesma maneira, na combinação “3A5C”, o critério visto por último foi o critério 5. Por fim, na combinação “3A7C”, tem-se que o critério visto por último foi o critério 7, tanto para os casos de eliminação, quanto para seleção. No que se refere ao critério visto primeiramente, observou-se que para a combinação 3A7C, o critério 3 é o critério que os participantes olharam primeiramente, tanto na tarefa de eliminação, quanto na tarefa de seleção.

A mesma análise pode ser feita quando se observa os resultados para o gráfico de barras com pesos iguais nas mesmas condições do gráfico anterior, ou seja, as mesmas combinações para as tarefas de eliminação e seleção. Assim, os gráficos de barras com pesos iguais seguiram o mesmo padrão para os critérios vistos por último

como descritos anteriormente: o critério visto por último era equivalente ao número de critérios da combinação. No que diz respeito aos critérios vistos primeiramente, pode-se observar um resultado igual nas duas tarefas (eliminação e seleção). Dessa forma, para a combinação “3A4C”, por exemplo, o critério 2 foi visto mais rapidamente em ambas as tarefas.

Quanto à forma tabular, tanto para pesos iguais quanto pesos diferentes, os resultados foram iguais, divergindo apenas no resultado da combinação “3A7C” na tarefa de seleção. A Tabela 20 retrata tais resultados descritos.

Tabela 20 - TFF para visualizações tabulares com pesos iguais e diferentes

	TD_Elim	TS_Elim	TD_Sel	TS_Sel	Orientação
3A4C	Critério 1	Critério 1	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 4	Critério 4	Critério 4	Critério 4	Por último
3A5C	Critério 1	Critério 1	Critério 1	Critério 1	Primeiramente
	Critério 5	Critério 5	Critério 5	Critério 5	Por último
3A7C	Critério 1	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Primeiramente
	Critério 7	Critério 7	Critério 7	Critério 7	Por último

Fonte: A autora (2022)

4.1.3.1 Análise Estatística para os Tempos de Primeira Fixação – 2020

Visando somar aos resultados obtidos nas análises descritivas realizadas, também foram realizados testes estatísticos para o experimento 2020, com valores de duração da fixação para o primeiro e segundo critério mais fixado nas visualizações. Assim, elaborou-se a questão de pesquisa: “O tempo de análise varia quando se analisam a primeira e a segunda área fixada?” A fim de responder o questionamento, realizou-se o *Wilcoxon Signed-Rank Test* para amostras pareadas, com alfa correspondente a 5% em cada sequência. As hipóteses testadas nas comparações pareadas entre as combinações de alternativas e critérios foram:

H0: Os tempos de primeira e segunda fixação são semelhantes para as visualizações.

H1: Os tempos de primeira e segunda fixação não são semelhantes para as visualizações.

Os resultados de *p-value* obtidos nos testes estatísticos feitos para os gráficos de barras, com pesos iguais e diferentes, estão expostos na Tabela 21.

Na Tabela 22 estão exibidos os resultados das mesmas análises para visualizações tabulares.

Tabela 21 - Teste de Wilcoxon para visualização do gráfico de barras

	BD_ELIM	BD_SEL	BS_ELIM	BS_SEL
3A4C	<i>P-value: 5.463e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.461e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.463e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$
3A5C	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.455e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.463e-08</i> $\alpha: 0,05$
3A7C	<i>P-value: 5.455e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.459e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.461e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.463e-08</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Tabela 22 - Teste de Wilcoxon para visualizações tabulares

	TD_ELIM	TD_SEL	TS_ELIM	TS_SEL
3A4C	<i>P-value: 5.463e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.461e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$
3A5C	<i>P-value: 5.461e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$
3A7C	<i>P-value: 3.638e-12</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.461e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 8.057e-08</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.457e-08</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Com base no exposto, é possível observar que para todas as formas de visualização, com pesos iguais e diferentes, apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%, levando a rejeição da hipótese nula. Assim, conclui-se que as amostras provêm de populações não similares, ou seja, o tempo que o participante passa para fixar o olhar na primeira área de interesse não é similar ao que ele passa para fixar na segunda área de interesse.

Somado a isso, considerando que o Experimento 2020 foi dividido em duas tarefas – seleção e eliminação – e os *p-values* indicaram uma não similaridade entre o primeiro e segundo tempo de primeira fixação, fez-se uma análise sobre qual critério foi maior em cada tarefa. Assim, a Tabela 23 traz os resultados encontrados para a tarefa de Seleção e a Tabela 24, para tarefa de Eliminação.

Tabela 23 – Comparação dos valores de TFF para Seleção

SELEÇÃO	BD	BS	TD	TS
3A4C	Crit2<Crit1	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
3A5C	Crit2<Crit3	Crit2<Crit3	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
3A7C	Crit2<Crit3	Crit3<Crit2	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2

Fonte: A autora (2022)

Tabela 24 – Comparação dos valores de TFF para Eliminação

ELIMINAÇÃO	BD	BS	TD	TS
3A4C	Crit2<Crit1	Crit2<Crit1	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
3A5C	Crit3<Crit2	Crit3<Crit1	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2
3A7C	Crit2<Crit3	Crit2<Crit3	Crit1<Crit2	Crit1<Crit2

Fonte: A autora (2022)

Assim, em ambas as tarefas, as visualizações tabulares tiveram o critério 1 como tendo o menor tempo de primeira fixação, ou seja, os participantes fixavam mais rapidamente no critério 1. Nas visualizações com gráficos de barras, houve o predomínio do critério 2 como possuidor do menor valor de TFF.

4.2 Duração da Fixação (FD)

A métrica FD mede a duração de cada uma das fixações dentro das AOI's. Se durante a gravação do experimento o participante retornar o olhar para o mesmo elemento de mídia, as novas fixações também são inclusas nos cálculos dessa métrica (TOBII STUDIO, 2016). Além disso, da mesma forma que na métrica TFF, se o participante não fixar o olhar na AOI ao final da gravação, o valor da duração da fixação não é calculado e tal gravação não é inclusa nos cálculos das estatísticas descritivas disponíveis no software.

Assim sendo, utilizou-se da métrica *Fixation Duration* (Duração da fixação) e da estatística descritiva *Sum*, que apresenta a soma de todos os valores de dados, ou seja, a soma dos tempos das fixações que ocorreram em cada AOI de forma individual, visando responder as seguintes questões de pesquisa: “Quais critérios foram mais fixados pelos decisores?” “E quais foram menos fixados?” É importante ressaltar que, para os demais experimentos, a métrica foi avaliada anteriormente e os resultados podem ser consultados em Roselli (2018) e Roselli *et al.* (2018).

Inicialmente, analisou-se os menores tempos de fixações para os gráficos de barras e tabelas com pesos iguais e diferentes. A Tabela 25 apresenta os resultados obtidos da análise feita com relação aos critérios com menores tempos de fixações para todas as combinações de critérios.

Tabela 25 - Menor FD para visualizações com gráficos de barras e tabelas

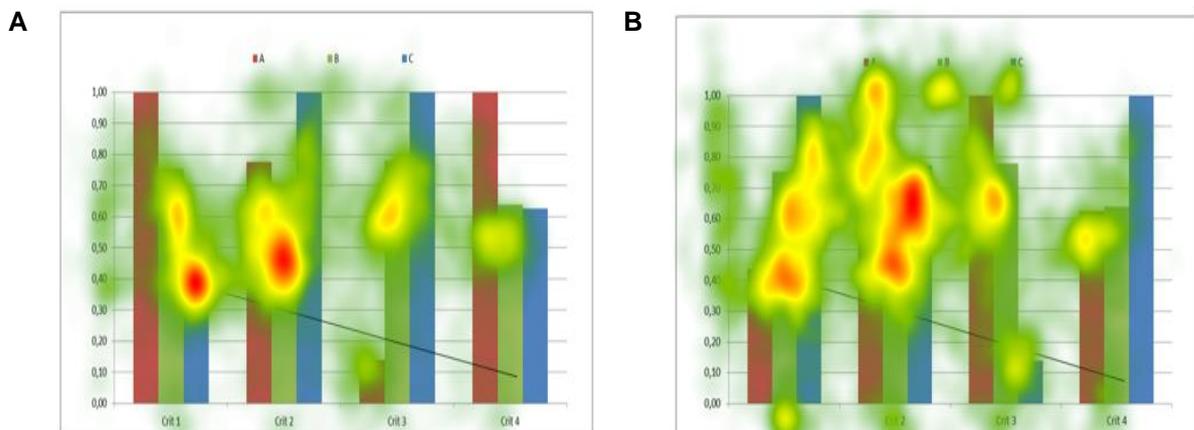
	3A4C	3A5C	3A7C
BD_Elim	Critério 4	Critério 5	Critério 7
BD_Sel	Critério 4	Critério 5	Critério 7
BS_Elim	Critério 4	Critério 5	Critério 7
BS_Sel	Critério 4	Critério 5	Critério 7
TD_Elim	Critério 4	Critério 5	Critério 7
TD_Sel	Critério 4	Critério 5	Critério 7
TS_Elim	Critério 4	Critério 5	Critério 7
TS_Sel	Critério 4	Critério 5	Critério 7

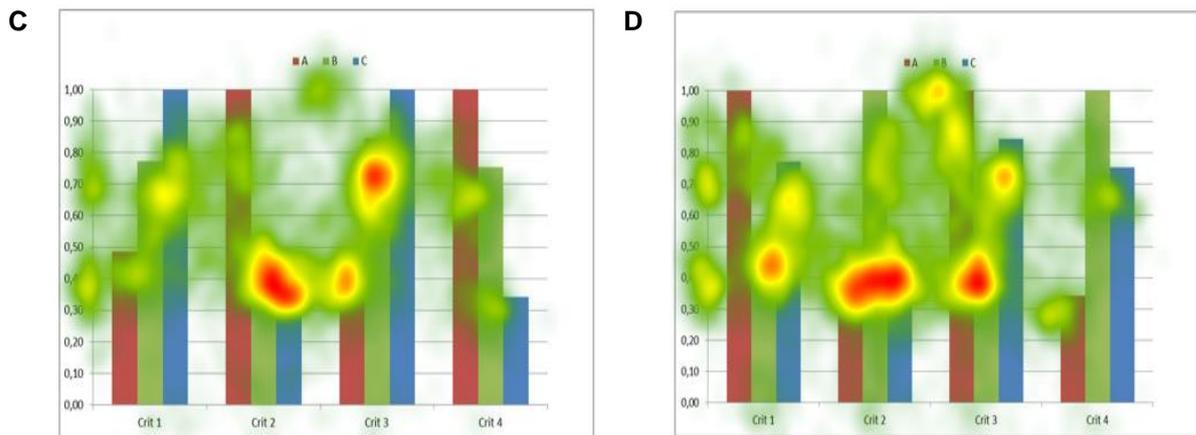
Fonte: A autora (2022)

Como pode-se observar por meio da Tabela 25, na segunda coluna, que contém a combinação com quatro critérios, o menor tempo de fixação obtido foi para o critério quatro. Além disso, pode-se notar que as colunas subsequentes, com cinco e sete critérios, apresentaram os critérios cinco e sete, respectivamente, como sendo os critérios com a menor duração de fixação.

Já para os tempos de maiores durações de fixação, encontrou-se o inverso: os critérios iniciais – critérios 1 e 2 – dos gráficos ou tabelas possuíam a maior duração de fixação dos participantes. Somado a isso, reforça-se os resultados obtidos com a métrica TFF, em que ela apresentou que os critérios iniciais eram vistos primeiramente. O descrito pode ser visualizado por meio da Figura 24 e Figura 25.

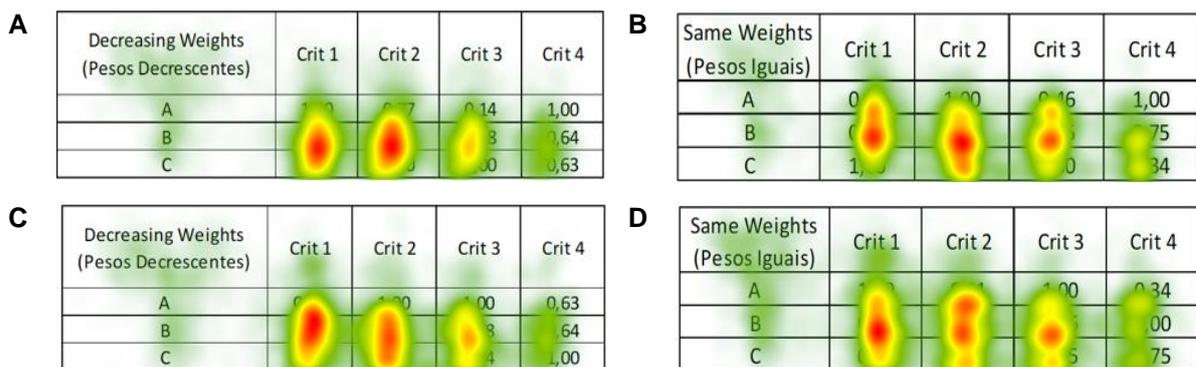
Figura 24 - Heatmaps das visualizações por gráfico de barras. (A): 3A4C_BD_Elim; (B): 3A4C_BD_Sel; (C): 3A4C_BS_Elim; (D): 3A4C_BS_Sel





Fonte: A autora (2022)

Figura 25 - Heatmaps das visualizações tabulares. (A): Combinação 3A4C_TD_Eliminação; (B): Combinação 3A4C_TS_Eliminação; (C): Combinação 3A4C_TD_Seleção; (D): Combinação 3A4C_TS_Seleção

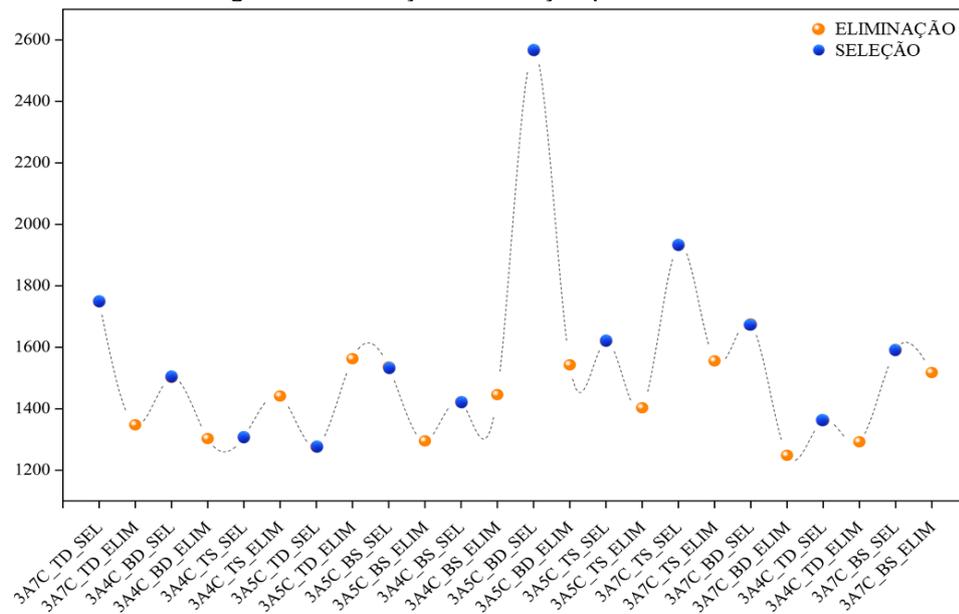


Fonte: A autora (2022)

Com base em cada uma das figuras é possível perceber que, com exceção da Figura 25C os critérios 1 e 2 foram os mais fixados pelos participantes, confirmando a visualização predominante dos critérios laterais esquerdos.

Visando verificar o comportamento da duração da fixação ao longo de todo o experimento, a Figura 26 foi criada, permitindo uma comparação entre as tarefas de Seleção e Eliminação para cada uma das visualizações e contempla a junção de todas as fixações (somatório de todas as fixações dos participantes) da visualização.

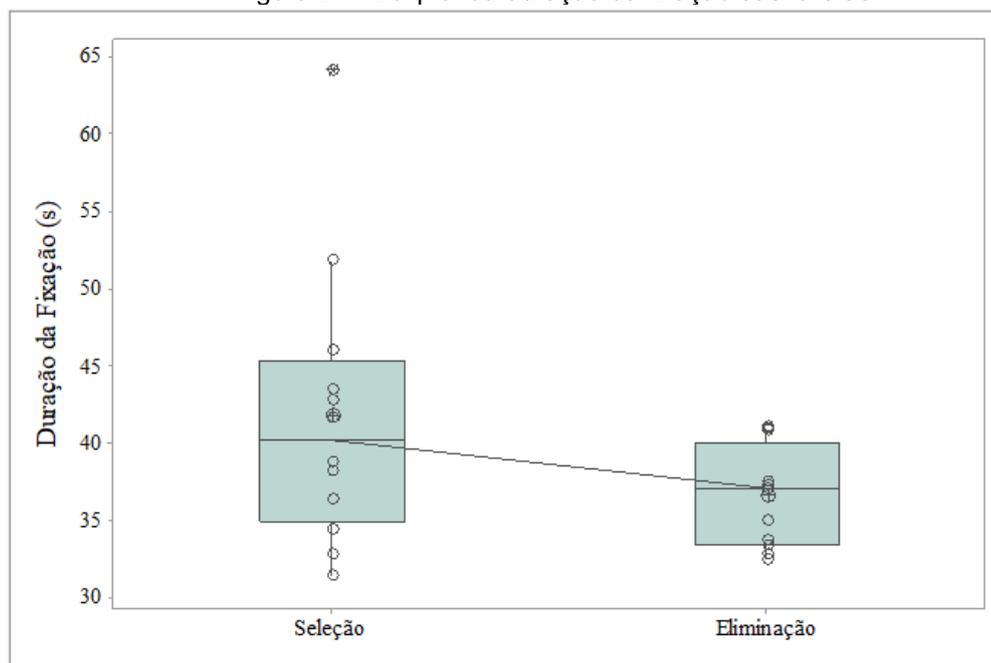
Figura 26 - Duração da Fixação para as tarefas



Fonte: A autora (2022)

Como se pode observar, para algumas visualizações, a tarefa de Seleção possuiu um maior valor de duração da fixação, uma possível indicação de que os participantes fixaram o olhar por mais tempo em algumas visualizações dessa tarefa. A Figura 27 exibe o *boxplot* com o comportamento dos dados para as duas tarefas.

Figura 27 - Boxplot da duração da fixação das tarefas



Fonte: A autora (2022)

Ressalta-se que os círculos dizem respeito a posição de cada um dos dados de diâmetro da pupila e o círculo com uma cruz no centro, representa a média dos diâmetros ilustrados. Assim, a média da duração da fixação na tarefa de Seleção foi de 41,8030s e o da tarefa de Eliminação foi de 36,5889s. O *outlier* registrado na tarefa de Seleção, diz respeito a visualização 3A5C BD SEL, com média de 64,1260s.

4.2.1 Análise Estatística para Duração de Fixação 2020

Para complementar as análises descritivas realizadas, foram realizados testes estatísticos por meio da soma da duração da fixação provenientes das AOI's. Assim, foram coletados valores de duração da fixação para o primeiro e segundo critério mais fixado nas visualizações para verificar se as distribuições de população de dados são semelhantes, sem supor que seguem uma distribuição normal.

Com o propósito de analisar se havia mudança no tempo de duração da primeira e segunda fixação, elaborou-se a questão de pesquisa: "O tempo de fixação varia quando se analisam a primeira e a segunda fixação?" A fim de responder o questionamento, para 24 combinações de alternativas e critérios apresentados por visualização gráfica e tabular, com pesos iguais e diferentes, realizou-se o *Wilcoxon Signed-Rank Test* para amostras pareadas, com alfa correspondente a 5% em cada sequência. As hipóteses testadas nas comparações pareadas entre as combinações de alternativas e critérios foram:

H0: Os tempos de fixação para o primeiro e o segundo critério mais fixado são semelhantes.

H1: Os tempos de fixação para o primeiro e o segundo critério mais fixado não são semelhantes.

A Tabela 26 informa os resultados de *p-value* obtidos nos testes estatísticos feitos para os gráficos de barras com pesos iguais e diferentes para as tarefas de eliminação e seleção.

A Tabela 27 apresenta os resultados obtidos para as formas de visualizações tabulares para pesos iguais e diferentes.

Tabela 26 - Teste de Wilcoxon para visualizações com gráficos de barras

	BD_ELIM	BD_SEL	BS_ELIM	BS_SEL
3A4C	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.586e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$
3A5C	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.584e-07</i> $\alpha: 0,05$
3A7C	<i>P-value: 2.586e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.586e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.586e-07</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Tabela 27 - Teste de Wilcoxon para visualizações tabulares

	TD_ELIM	TD_SEL	TS_ELIM	TS_SEL
3A4C	<i>P-value: 2.585e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 0.01582</i> $\alpha: 0,05$
3A5C	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.585e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 3.819e-07</i> $\alpha: 0,05$
3A7C	<i>P-value: 2.585e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.585e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 2.585e-07</i> $\alpha: 0,05$	<i>P-value: 5.821e-11</i> $\alpha: 0,05$

Fonte: A autora (2022)

Sendo assim, é possível observar que para as duas tarefas (eliminação e seleção), os gráficos de barras e tabelas, com pesos iguais e diferentes, apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%, implicando na rejeição da hipótese nula. Assim, conclui-se que as amostras provêm de populações não similares. Em outras palavras, o tempo que o participante passou com o olhar fixo em um critério não foi similar ao que ele passou fixando em outro critério.

Sendo assim, foi realizada uma análise sobre quais variáveis eram maiores, já que não houve similaridade nos testes realizados. Dessa forma, a Tabela 28, Tabela 29 e Tabela 30, ilustram os resultados da análise das diferenças encontradas para Gráfico de barras e Tabela, Eliminação e Seleção, e Pesos diferentes e pesos iguais, respectivamente.

Tabela 28 – Comparação da métrica FD para gráfico e tabela

COMBINAÇÕES	FD
3A4C	TABELA>BARRAS
3A5C	TABELA<BARRAS
3A7C	TABELA>BARRAS

Fonte: A autora (2022)

Tabela 29 – Comparação da métrica FD para eliminação e seleção

COMBINAÇÕES	FD
3A4C	SELEÇÃO<ELIMINAÇÃO
3A5C	SELEÇÃO>ELIMINAÇÃO
3A7C	SELEÇÃO>ELIMINAÇÃO

Fonte: A autora (2022)

Tabela 30 – Comparação da métrica FD para pesos iguais e diferentes

COMBINAÇÕES	FD
3A4C	PESOS DIFERENTES>PESOSIGUAIS
3A5C	PESOS DIFERENTES>PESOSIGUAIS
3A7C	PESOS DIFERENTES<PESOSIGUAIS

Fonte: A autora (2022)

Pode-se observar que as tabelas possuíram os maiores tempos de fixações, exceto para a combinação com cinco critérios, que teve o maior tempo de fixação no gráfico de barras. A tarefa de Seleção possuiu a maior duração de fixação, com exceção da combinação com quatro critérios e, por fim, as combinações com pesos diferentes possuíram maior FD com exceção da combinação com sete critérios.

4.2.1.1 Análise estatística para o procedimento de seleção e eliminação 2020

Visando complementar as análises das visualizações para o Experimento 2020, foram realizados testes estatísticos por meio das variáveis de fixação referentes ao movimento dos olhos. Assim, verificou-se se havia diferença significativa entre os valores das durações da fixação. Para isso, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: “Há semelhança entre as variáveis de eliminação e as variáveis de seleção?”

Dessa maneira, por meio dos dados das variáveis relacionadas ao movimento dos olhos extraídos das gravações em cada um dos gráficos, foi utilizado a *Sum*, referente a cada um dos participantes. As amostras de dados são combinadas pois vieram de movimentos dos olhos repetidas retiradas do mesmo sujeito. O *Wilcoxon Signed-Rank Test* para amostras pareadas, com alfa correspondente a 5% em cada sequência, foi usado para verificar se as distribuições de população de dados são idênticas, sem supor que seguem uma distribuição normal.

Na primeira análise, a soma da variável de movimento dos olhos foi comparada visando obter mais informações acerca da maneira que os participantes avaliavam os diferentes tipos de visualizações. Assim sendo, elaborou-se as seguintes hipóteses:

H0: Há similaridade entre as variáveis de eliminação e de seleção;

H1: Não há similaridade entre as variáveis de eliminação e de seleção.

A Tabela 31 informa os resultados de *p-value* obtidos nos testes estatísticos.

Tabela 31 - Teste de Wilcoxon para visualizações com gráficos de barras e tabelas

	BD	BS	TD	TS
3A4C	<i>P-value:</i> 0.6156 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.8186 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.9771 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.3209 α : 0,05
3A5C	<i>P-value:</i> 0.0001739 α: 0,05	<i>P-value:</i> 0.1485 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.1748 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.1289 α : 0,05
3A7C	<i>P-value:</i> 0.02432 α: 0,05	<i>P-value:</i> 0.5371 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.1017 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.07425 α : 0,05

Fonte: A autora (2022)

Dessa forma, por meio da Tabela 31, foi possível perceber que para os dois tipos de dados (eliminação e seleção), os gráficos de barras com cinco e seis critérios, ambos com pesos diferentes, foram os que apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%, implicando na rejeição da hipótese nula. Assim, conclui-se que os dados de eliminação e seleção, para estas duas formas de visualizações, são populações não similares. Ademais, em geral, pode-se perceber a similaridade entre os tipos de visualizações apresentados.

Na segunda análise, realizou-se a comparação entre as visualizações com pesos iguais *versus* as visualizações com pesos diferentes, como exemplo: 3A4CBD x 3A4CBS. A Tabela 32 informa os resultados de *p-value* obtidos.

Tabela 32 - Teste de Wilcoxon para visualizações com pesos iguais versus pesos diferentes

	BD <i>versus</i> BS_ELIM	BD <i>versus</i> BS_SEL	TD <i>versus</i> TS_ELIM	TD <i>versus</i> TS_SEL
3A4C	<i>P-value:</i> 0.5183 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.6775 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.1992 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.7524 α : 0,05
3A5C	<i>P-value:</i> 0.1326 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.0003641 α: 0,05	<i>P-value:</i> 0.8075 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.1252 α : 0,05
3A7C	<i>P-value:</i> 0.07186 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.5856 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.3803 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.3574 α : 0,05

Fonte: A autora (2022)

Foi possível observar como resultado apenas um *p-value* menor que o nível de significância, ou seja, a rejeição da hipótese nula. Sendo assim, para o restante dos testes feitos, observou-se similaridade entre os tipos de visualizações apresentadas, indicando a não rejeição da hipótese nula, ou seja, não houve diferença nas formas de análises pelos participantes dos gráficos de barras e tabelas com pesos iguais e pesos diferentes.

A terceira análise baseou-se na comparação entre as visualizações de gráficos de barras *versus* as visualizações com tabelas, como exemplo: 3A4CBD x 3A4CTD. A Tabela 33 apresenta os resultados de *p-value* obtidos nos testes estatísticos feitos para esta análise.

Tabela 33 - Teste de Wilcoxon para visualizações gráficas versus tabulares

	BD versus TD_ELIM	BD versus TD_SEL	BS versus TS_ELIM	BS versus TS_SEL
3A4C	<i>P-value:</i> 0.9771 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.0899 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.5955 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.2934 α : 0,05
3A5C	<i>P-value:</i> 0.4465 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.0000002282 α: 0,05	<i>P-value:</i> 0.3138 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.3728 α : 0,05
3A7C	<i>P-value:</i> 0.8747 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.4998 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.4294 α : 0,05	<i>P-value:</i> 0.1289 α : 0,05

Fonte: A autora (2022)

Como resultado observou-se apenas um *p-value* menor que o nível de significância, ou seja, apenas a combinação de três alternativas e cinco critérios, para a comparação gráfico de barras e tabela com pesos diferentes, teve-se a rejeição da hipótese nula. Exceto este teste, observou-se similaridade entre gráfico de barras *versus* tabela, o que indica a não rejeição da hipótese nula. Portanto, os testes estatísticos apresentaram a não diferenciação nas formas de análises dos gráficos de barras e tabelas pelos participantes.

4.3 Previsão de Escolha

Com o objetivo de investigar se os participantes escolhiam a alternativa em que fixaram o olhar por mais tempo, a métrica de Previsão de Escolha foi executada. Dessa maneira, analisou-se a duração de fixação dos participantes, ou seja, o período em que os olhos estiveram fixos em cada uma das alternativas nos critérios e para

cada tipo de visualização apresentada, sendo a questão de pesquisa elaborada: “Os participantes selecionam a alternativa em que mais fixaram o olhar durante a análise das visualizações?”

Para responder a esta questão, todos os valores de duração da fixação foram capturados pelo *eye-tracking* ao longo de cada gravação. Com o auxílio do *excel* foi possível identificar a alternativa com maior tempo de duração da fixação, por participante, além de comparar o resultado com a alternativa escolhida por ele.

4.3.1 Experimento 2018

Inicialmente, tem-se os resultados obtidos para a métrica Previsão de escolha no experimento do ano de 2018. A Tabela 34 traz as porcentagens para as vinte visualizações inicialmente citadas.

Tabela 34 - Previsão de escolha para visualizações tabulares e gráfico de barras

	TD	TS	BD	BS
3A4C	39,53%	48,78%	42,86%	41,86%
4A3C	13,95%	42,50%	50,00%	34,09%
4A4C	21,43%	47,62%	44,44%	16,28%
4A5C	19,05%	31,58%	47,73%	45,24%
5A4C	18,18%	9,52%	40,00%	18,18%

Fonte: A autora (2022)

Apenas na combinação 4A3C para o gráfico de barras com pesos diferentes, as porcentagens de Previsão de Escolha foi 50% atendida, indicando que em 50% das respostas, os participantes selecionaram a alternativa em que mais fixaram o olhar durante a análise da visualização, já para as demais combinações, não foi possível prever a escolha.

Somado a isso, investigou-se a Previsão de Escolha nas combinações mistas, que possuíam gráfico de barras e tabela em uma mesma tela. A Tabela 35 ilustra os resultados obtidos.

Tabela 35 - Previsão de escolha para visualizações mistas

	Gráfico	Tabela
3A5C	35,90%	28,95%
4A5C	31,58%	25,00%

Fonte: A autora (2022)

4.3.2 Experimento 2019

Com relação ao experimento do ano de 2019, a Tabela 36 traz os resultados das porcentagens de acerto, ou seja, as vezes em que os participantes escolheram a alternativa que mais fixaram o olhar, para as análises das combinações com pesos diferentes.

Tabela 36 - Previsão de escolha para visualizações com pesos diferentes

	BD	RD	TD
2A4C	62,69%	53,62%	55,22%
2A5C	27,94%	71,01%	81,82%
2A6C	60,61%	44,78%	55,22%
2A7C	58,21%	52,94%	37,88%
3A4C	36,76%		
5A4C	52,17%		
4A5C	43,48%		

Fonte: A autora (2022)

Os resultados demonstram que, apenas nas combinações 2A5C para o gráfico de barras com pesos diferentes, combinação 2A6C para o gráfico do tipo radar com pesos diferentes e na combinação 2A7C para tabela com pesos diferentes, as porcentagens de Previsão de Escolha não foram atendidas. Ademais, as porcentagens foram superiores a 50%, indicando que os participantes selecionaram a alternativa em que mais fixaram o olhar durante a análise da visualização.

Para as combinações com duas alternativas e sete critérios e para a combinação com quatro alternativas e três critérios, todas possuíam pesos iguais. A Tabela 37 ilustra o resultado obtido para tais combinações.

Tabela 37 - Previsão de escolha para visualizações com pesos iguais

	BS	RS	TS
2A7C	46,38%	53,62%	28,79%
4A3C	31,88%		

Fonte: A autora (2022)

Assim, percebe-se que apenas para a combinação 2A7C no gráfico do tipo radar, houve uma previsão de escolha com base na duração de fixação. Por fim, foram analisadas as visualizações mistas, ou seja, visualizações que combinavam gráficos de barras e tabelas. A Tabela 38 traz os resultados obtidos com a análise.

Tabela 38 - Previsão de escolha para visualizações mistas

	MD	MS
3A5C	33,33%	33,33%
	25,42%	26,47%
4A5C	38,46%	
	23,44%	

Fonte: A autora (2022)

4.3.3 Experimento 2020

Por fim, tem-se os resultados para o experimento 2020, que foi composto por gráficos de barras e tabelas, de pesos iguais e pesos diferentes. Além disso, continha duas tarefas: seleção e eliminação. Na tarefa de seleção, os participantes deveriam selecionar a melhor alternativa dentre as demais, ou seja, a alternativa com a melhor performance nos critérios. Já na tarefa de eliminação, os participantes deveriam selecionar a pior alternativa, aquela que apresentava o pior desempenho com relação aos critérios. Assim sendo, foi utilizado a métrica *Fixation Duration* e da estatística descritiva *Sum*, com a soma de todos os valores de dados.

A Tabela 39 apresenta os resultados das porcentagens em que os participantes escolheram a alternativa que mais fixaram o olhar nas análises, na tarefa de eliminação e a Tabela 40 na de seleção.

Tabela 39 - Previsão de escolha para visualizações na tarefa de eliminação

	BD	BS	TD	TS
3A4C	64,10%	48,72%	46,15%	43,59%
3A5C	41,03%	48,72%	35,90%	33,33%
3A7C	30,77%	28,21%	41,03%	48,72%

Fonte: A autora (2022)

Tabela 40 - Previsão de escolha para visualizações na tarefa de seleção

	BD	BS	TD	TS
3A4C	48,72%	23,08%	41,03%	46,15%
3A5C	53,85%	48,72%	46,15%	43,59%
3A7C	56,41%	41,03%	28,21%	46,15%

Fonte: A autora (2022)

Os resultados demonstram que, apenas nas combinações 3A5C e 3A7C para os gráficos de barras com pesos diferentes, as porcentagens de Previsão de Escolha foram atendidas em maior porcentagem, ou seja, para essas combinações, houve maiores porcentagens de respostas certas combinadas com a alternativa mais fixada.

4.4 Análise Pupilométrica

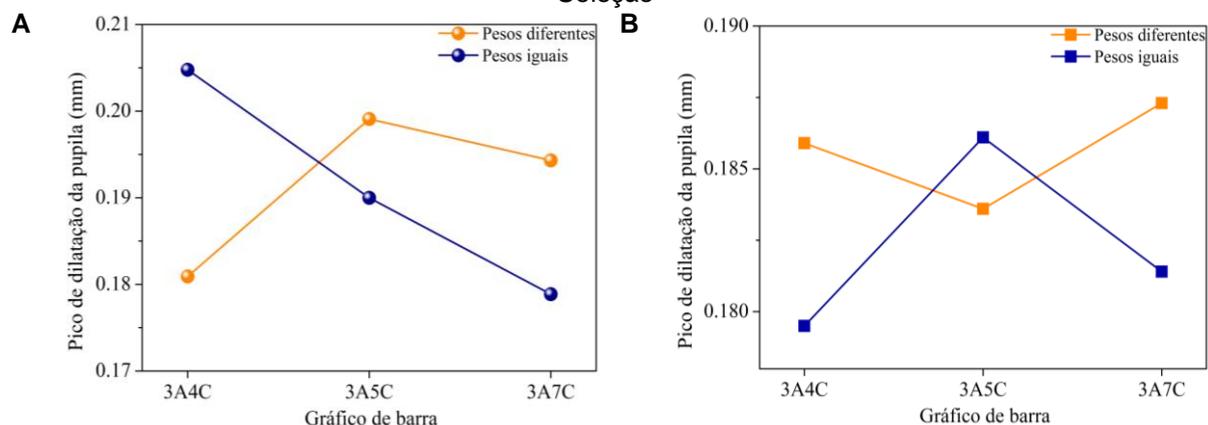
Visando investigar aspectos dos dados de pupila com relação às diversas formas de visualizações apresentadas no Experimento 2020, realizou-se uma análise do pico de dilatação da pupila e dos valores médios do tamanho da pupila dos participantes corrigidos pela *baseline*. É importante ressaltar que, para os demais experimentos, a pupila foi avaliada anteriormente e os resultados podem ser consultados em Roselli *et al.* (2018) e Roselli *et al.* (2019).

4.4.1 Pico de dilatação da Pupila

As análises foram desenvolvidas com base em algumas questões de pesquisa levantadas: “Qual tipo de visualização teve maior valor médio de tamanho da pupila?” “Como se comportaram os valores médios e os picos de dilatação da pupila na tarefa de seleção em comparação a tarefa de eliminação?” “E com relação aos pesos iguais e diferentes, há alguma variação?” “O tamanho da pupila para os gráficos de barras e tabelas sofre variação?”

Inicialmente, tem-se os resultados da avaliação do pico para os gráficos e tarefas de eliminação e seleção. Para que fosse mais bem identificada e padronizada as duas tarefas, foram atribuídos símbolos, dessa forma, a tarefa de eliminação é ilustrada no gráfico por meio da esfera e a tarefa de seleção é representada por um quadrado. A Figura 28 apresenta os resultados obtidos para o pico de dilatação nas duas tarefas.

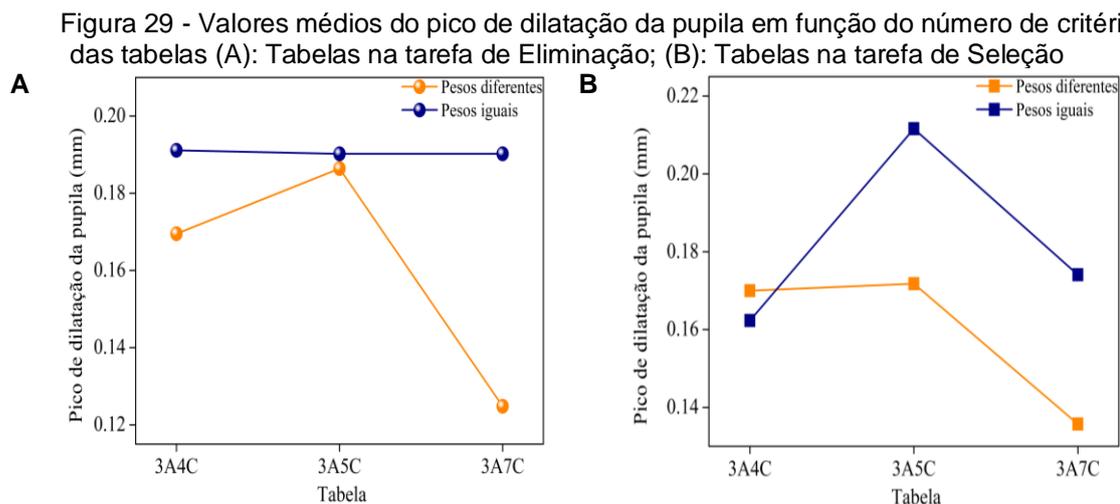
Figura 28 - Valores médios do pico de dilatação da pupila em função do número de critérios dos gráficos de barras (A): Gráfico de barras na tarefa de Eliminação; (B): Gráfico de barras na tarefa de Seleção



Fonte: A autora (2022)

A análise aqui realizada para a Figura 28A sugere que, para a tarefa de eliminação, considerando pesos diferentes, o menor valor de pico se encontra na visualização com quatro critérios (0,1809mm) e o maior pico se deu para o gráfico com cinco critérios (0,1991mm). Já para pesos iguais, na visualização com quatro critérios (0,2048mm) e o menor valor de pico para a combinação com sete critérios (0,1789mm).

Na Figura 28B, que representa o gráfico de barras na tarefa de seleção, o comportamento difere fortemente para pesos diferentes. A visualização com sete critérios e pesos diferentes teve o maior pico registrado para esse gráfico (0,1873mm). Além disso, a combinação com quatro critérios e pesos iguais, possui o menor valor médio do pico de dilatação (0,1795mm). A mesma análise foi realizada para as tabelas, conforme Figura 29 Figura 29 abaixo.



Fonte: A autora (2022)

Na tarefa de eliminação, os valores de pico foram semelhantes para as três combinações de critérios quando se considera pesos iguais (0,1911 para a combinação 3A4C; 0,1902 para a combinação 3A5C e 0,1902 para a combinação 3A7C). No que diz respeito as visualizações com pesos diferentes, a combinação com sete critérios possuiu o menor pico de dilatação da pupila (0,1248mm).

Quando se considera a tarefa de seleção, observa-se que para pesos iguais, o menor pico foi registrado para a combinação com quatro critérios (0,1623mm). Já com

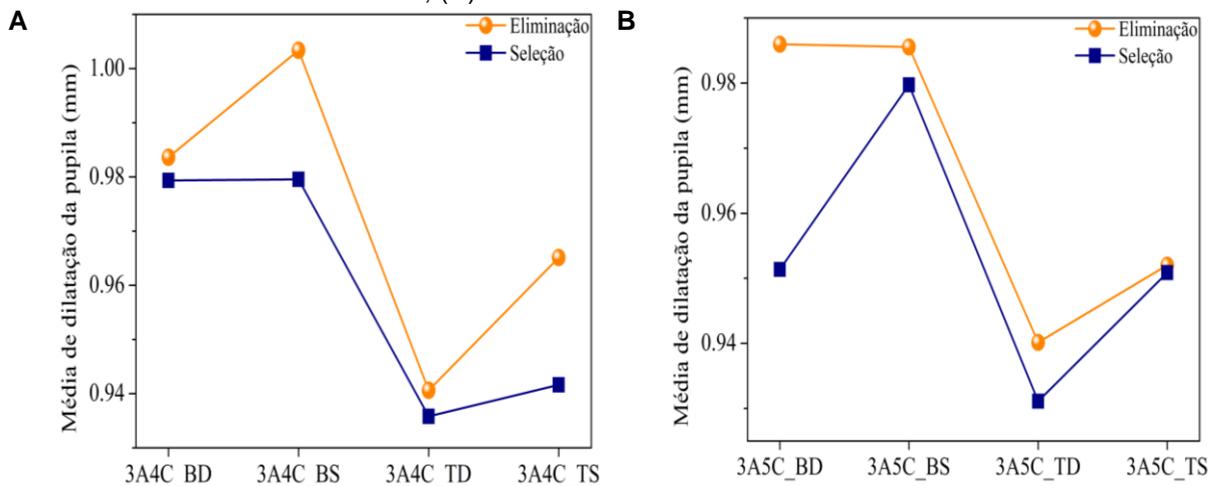
relação as tabelas com pesos diferentes, o menor valor de pico foi registrado para a combinação com sete critérios (0,1357mm).

4.4.2 Tamanho médio da dilatação da pupila

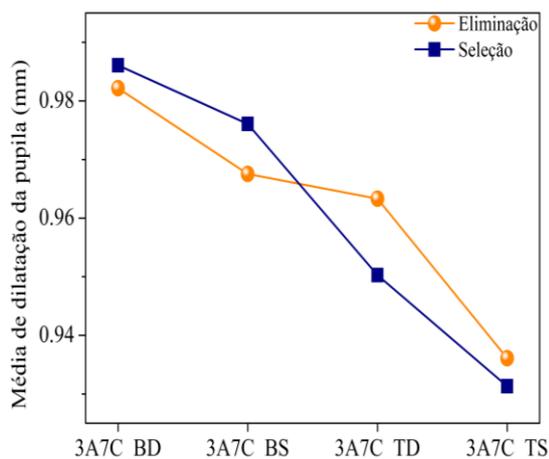
Para esta análise, visando responder as questões de pesquisa levantadas, foram avaliados três blocos de combinações, a saber: Tarefa de eliminação *versus* Tarefa de seleção; Pesos iguais *versus* Pesos diferentes e, por fim, Gráfico de barras *versus* Tabela.

Para as combinações da primeira análise, foram padronizadas as variáveis contidas nos gráficos. Assim, foram atribuídos símbolos e cores para cada tarefa. A tarefa de eliminação é ilustrada no gráfico por meio da esfera e cor laranja e a tarefa de seleção é representada por um quadrado na cor azul. A Figura 30 apresenta os resultados obtidos para a média de dilatação da pupila nas duas tarefas.

Figura 30 - Valores médios de dilatação da pupila em função do número de critérios (A): Tarefa de elim e sel para combinações com quatro critérios; (B): Tarefa de elim e sel para combinações com cinco critérios; (C): Tarefa de elim e sel com sete critérios



C



Fonte: A autora (2022)

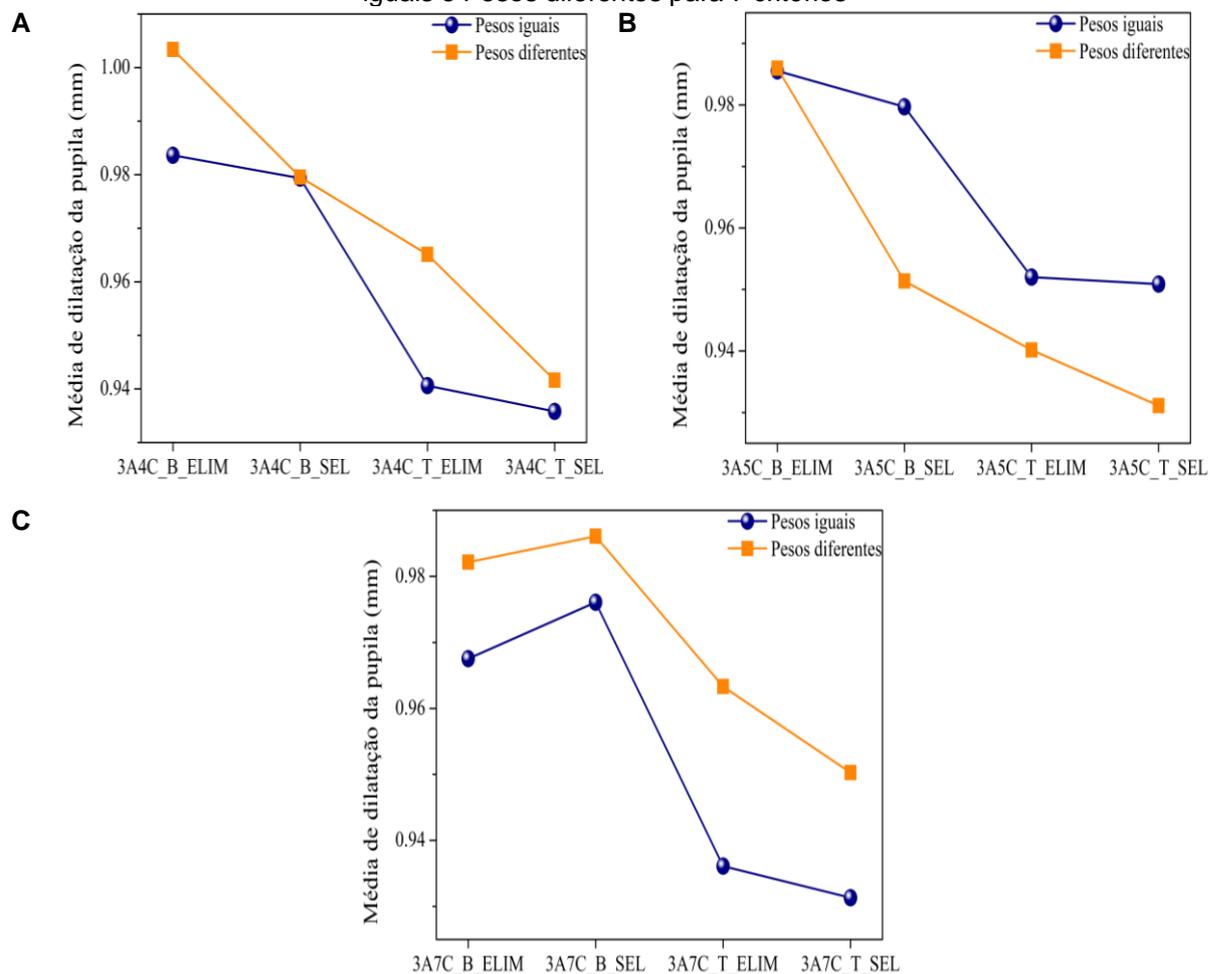
Conforme se pode observar na Figura 30, tanto na tarefa de eliminação quanto na tarefa de seleção, as formas de visualizações tabulares apresentaram menores valores de dilatação da pupila, sendo as tabelas com pesos diferentes, a que apresentou o menor valor médio (3A4C_TD_ELIM: 0,9406mm; 3A4C_TD_SEL: 0,9358mm). Os maiores valores médios foram registrados para o gráfico de barras com pesos iguais, em ambas as tarefas (3A4C_BS_ELIM: 1,0034mm; 3A4C_BS_SEL: 0,9796mm). A Figura 30 segue um padrão semelhante, apenas pela diferença do maior valor médio da tarefa de eliminação, a combinação 3A5C_BD.

Por fim, a Figura 30C seguiu um padrão decrescente nas duas tarefas, onde os maiores valores de média de dilatação da pupila foram obtidos para os gráficos de barras com pesos diferentes (prevalecendo a tarefa de seleção) e os menores valores foram registrados para as tabelas com pesos iguais (com prevalência da tarefa de seleção).

Para a segunda análise, como os pontos centrais dos gráficos não se tratava mais das tarefas e sim da diferença de pesos das visualizações, foi adotado o seguinte padrão para as variáveis: Os pesos iguais são ilustrados no gráfico por meio da esfera e cor azul e os pesos diferentes são representados por um quadrado na cor laranja. No eixo x, foram representadas as combinações de visualização, onde a letra “B” representa os gráficos de barras e a letra “T” representa as tabelas.

A Figura 31 apresenta os resultados obtidos para essa análise.

Figura 31 - Valores médios de dilatação da pupila em função do número de critérios (A): Pesos iguais e Pesos diferentes para 4 critérios; (B): Pesos iguais e Pesos diferentes para 5 critérios; (C): Pesos iguais e Pesos diferentes para 7 critérios

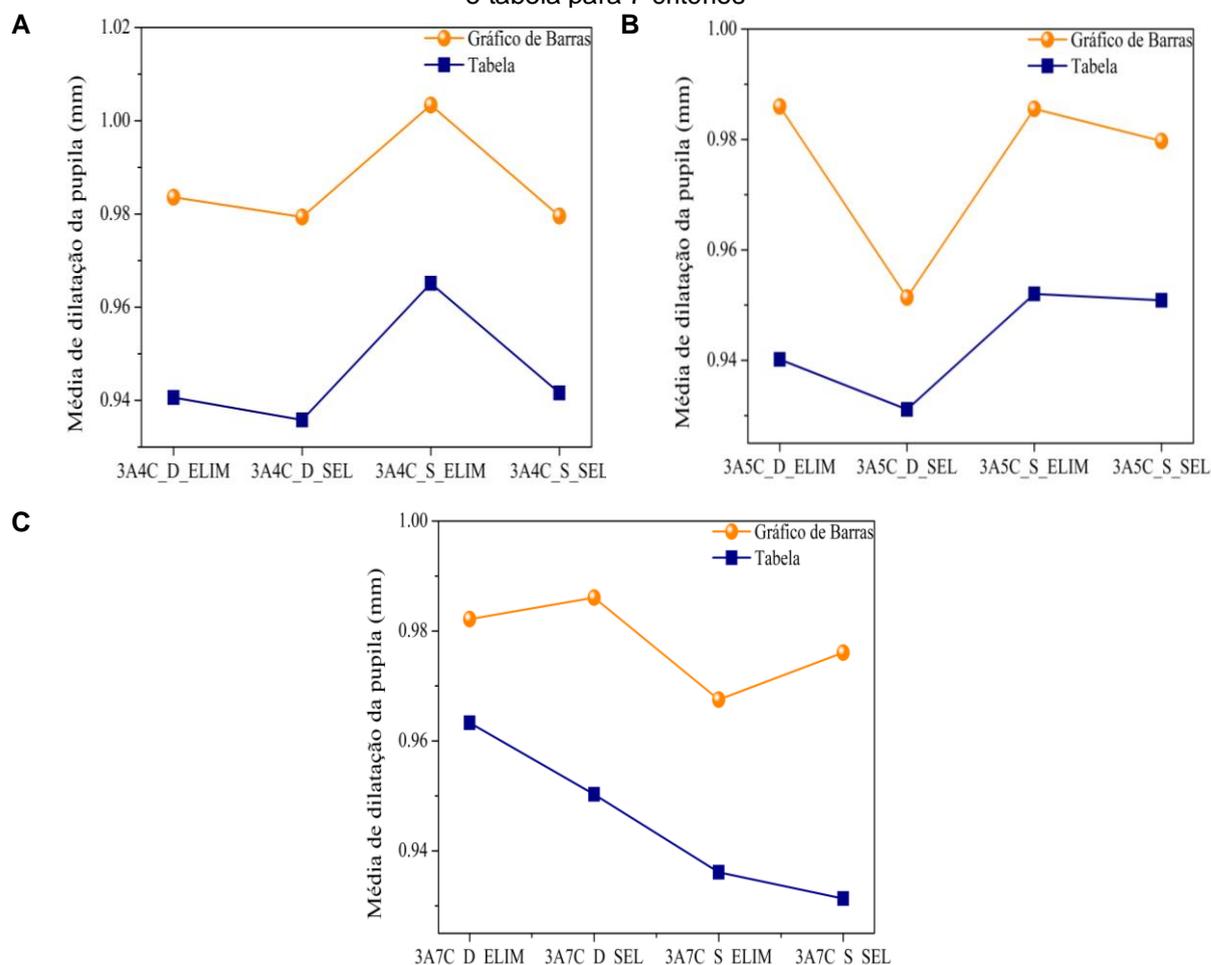


Fonte: A autora (2022)

Na Figura 31A, os valores médios são vistos de forma decrescente para as visualizações com quatro critérios, onde os maiores valores foram registrados nos gráficos de barras e os menores para as tabelas nas duas tarefas de seleção e eliminação. Em consonância com os dados apresentados na Figura 31A, a Figura 31B, apresenta um padrão semelhante no sentido de se observar maiores valores médios de dilatação da pupila nos gráficos de barras e os menores nas tabelas também para visualizações com cinco critérios. Por fim, os dados de dilatação na Figura 31C, para visualizações com sete critérios, indicam maior valor para o gráfico de barras com pesos diferentes para tarefa de seleção e o menor valor médio para a tabela com pesos iguais também na tarefa de seleção.

A análise do tamanho médio de dilatação da pupila também foi feita para comparar gráficos de barras e tabelas. Conforme figuras apresentadas anteriormente, adotou-se um novo padrão para esta análise, tendo em vista que os pontos centrais dos gráficos se trata da comparação entre gráfico de barras e tabelas: Os gráficos de barras são ilustrados no gráfico por meio da esfera e cor laranja e as tabelas são representados por um quadrado na cor azul. No eixo x, foram representadas as combinações de visualização, onde a letra “D” representa pesos diferentes e a letra “S” representa pesos iguais. A Figura 32 apresenta os resultados obtidos para essa análise.

Figura 32 - Valores médios de dilatação da pupila em função do número de critérios (A): Gráfico de barras e tabela para 4 critérios; (B): Gráfico de barras e tabela para 4 critérios; (C): Gráfico de barras e tabela para 7 critérios



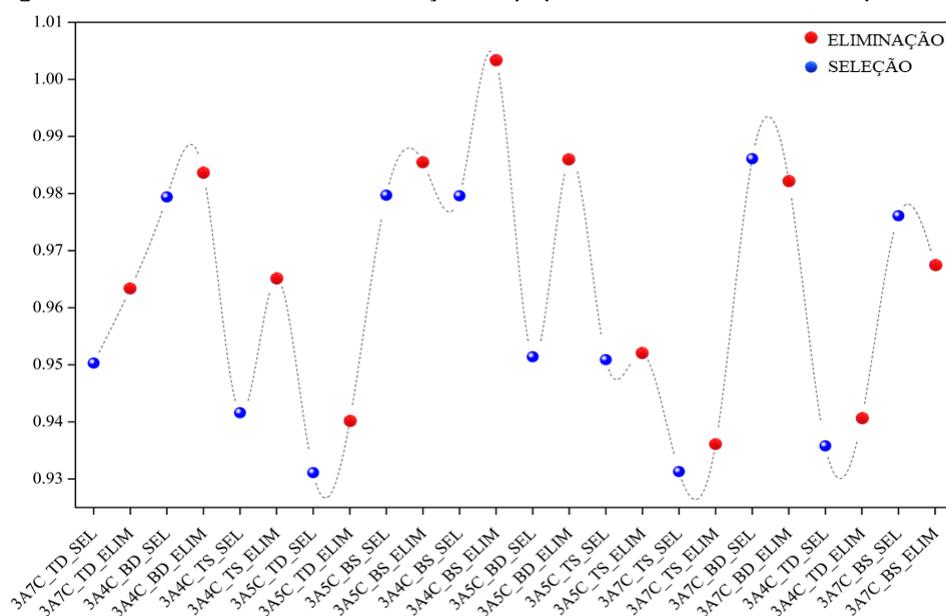
Fonte: A autora (2022)

De maneira geral, a Figura 32 A, B e C apresentaram semelhanças quanto ao comportamento da variação da média da pupila. Além disso, em todas elas, pode-se

verificar maiores valores de média de dilatação para os gráficos de barras e menores valores para as tabelas.

De forma a propiciar uma melhor visualização do comportamento do diâmetro médio da pupila dos participantes durante a apresentação de todas as visualizações, na ordem de aparição, foi criado a Figura 33 que ilustra o comparativo do diâmetro médio pupilar na tarefa de Seleção e Eliminação para as mesmas visualizações.

Figura 33 - Valores médios de dilatação da pupila nas duas tarefas do experimento

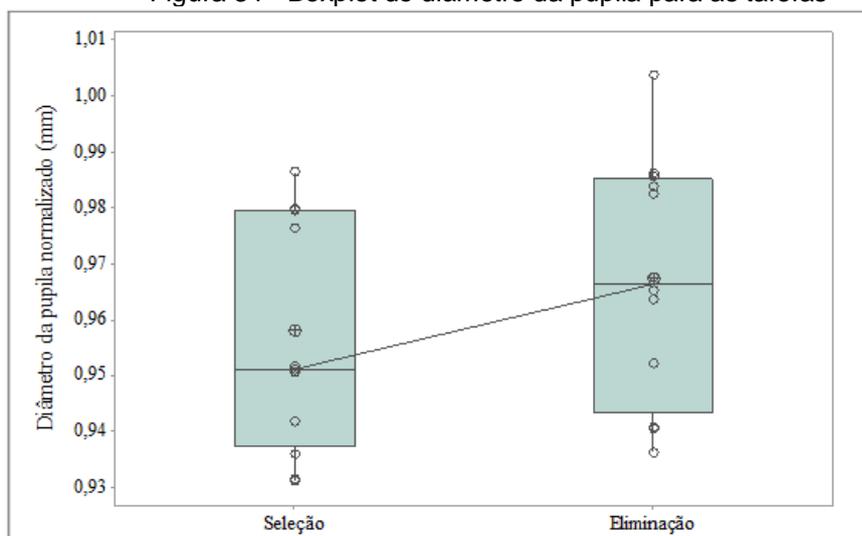


Fonte: A autora (2022)

Observou-se que o diâmetro da pupila foi diferente para as duas tarefas. Assim, em geral foi maior para as visualizações na tarefa de eliminação em comparação com a tarefa de seleção.

A Figura 34 ilustra como os dados referentes ao diâmetro da pupila se comportaram nas duas tarefas, por meio do *boxplot* abaixo. Ressalta-se que os círculos dizem respeito a posição de cada um dos dados de diâmetro da pupila e o círculo com uma cruz no centro, representa a média dos diâmetros ilustrados.

Figura 34 - Boxplot do diâmetro da pupila para as tarefas



Fonte: A autora (2022)

É possível observar que os valores médios do diâmetro da pupila são sempre maiores na tarefa de Eliminação, a média de diâmetro da pupila normalizado na tarefa de Seleção foi de 0,9576mm e na tarefa de Eliminação foi de 0,9671mm, o que pode sugerir maior nível de atenção empregado nessa tarefa, com exceção das visualizações “3A7C_BD” e “3A7C_BS”. Esse resultado é consistente com os achados de Pessoa *et al.* (2021), que realizou estudo de métricas relacionadas ao mesmo experimento (do ano de 2020) deste estudo. Segundo os autores, a Taxa de acerto (*Hit Rate* – HR), que mensura a porcentagem de respostas corretas em cada tarefa do experimento, foi maior para a tarefa de eliminação e o Tempo de Resposta foi menor para a mesma tarefa.

4.4.2.1 Análise estatística para média de dilatação da pupila corrigida por *baseline*

Visando complementar as análises observadas sobre as médias de dilatação da pupila, foram realizados testes estatísticos por meio das variáveis referentes ao diâmetro da pupila normalizados por *baseline*. Para isso, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: “Há similaridade entre as variáveis de pupila na tarefa de eliminação e de seleção?”

O *Wilcoxon Signed-Rank Test* para amostras pareadas, com alfa correspondente a 5% em cada sequência, foi usado para verificar se as distribuições

de população de dados são idênticas, sem supor que seguem uma distribuição normal. Assim sendo, elaborou-se as seguintes hipóteses:

H0: Há similaridade entre as médias de pupila na tarefa de eliminação e de seleção;

H1: Não há similaridade entre as médias de pupila na tarefa de eliminação e de seleção.

A Tabela 41 informa os resultados de *p-value* obtidos nos testes estatísticos feitos.

Tabela 41 - Teste de Wilcoxon para média de pupila na tarefa de eliminação e seleção

	BD	BS	TD	TS
3A4C	<i>P-value</i> = 0.2388 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.001553 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.2731 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.01091 α : 0,05
3A5C	<i>P-value</i> = 0.0397 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.4278 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.2629 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.8488 α : 0,05
3A7C	<i>P-value</i> = 0.6731 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.5284 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.06928 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.4985 α : 0,05

Fonte: A autora (2022)

Dessa forma, foi possível perceber que para os dois tipos de dados (eliminação e seleção), os gráficos de barras com quatro critérios, com pesos iguais, com cinco critérios e pesos diferentes e a tabela com quatro critérios e pesos iguais, foram os que apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%, implicando na rejeição da hipótese nula. Assim, conclui-se que os dados de eliminação e seleção, para estas três formas de visualizações, advém de populações não similares.

Assim, fez-se a análise dessas formas não similares para verificar qual tarefa possuía um maior valor médio de pupila, conforme Tabela 42. É importante ressaltar que os sinais “-“ indicam similaridade entre os valores comparados. Em geral, pode-se perceber a similaridade entre os tipos de visualizações apresentadas.

Tabela 42 – Comparação entre tarefa de Seleção e Eliminação

COMBINAÇÕES	BD	BS	TD	TS
3A4C	-	ELIMINAÇÃO> SELEÇÃO	-	ELIMINAÇÃO> SELEÇÃO
3A5C	-	-	-	-
3A7C	ELIMINAÇÃO> SELEÇÃO	-	-	-

Fonte: A autora (2022)

Como pode-se observar, para as amostras não similares, a tarefa de eliminação possuiu maiores valores para o diâmetro da pupila. Tais resultados sugerem um maior nível de atenção dos participantes nesta tarefa do experimento, para estas combinações.

Na segunda análise, realizou-se a comparação entre as visualizações com pesos iguais *versus* as visualizações com pesos diferentes. A Tabela 43 informa os resultados de *p-value* obtidos.

Tabela 43 - Teste de Wilcoxon para média da pupila com pesos iguais versus pesos diferentes

	BD versus BS_ELIM	BD versus BS_SEL	TD versus TS_ELIM	TD versus TS_SEL
3A4C	<i>P-value</i> = 0.00653 α: 0,05	<i>P-value</i> = 0.9862 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.003484 α: 0,05	<i>P-value</i> = 0.6397 α : 0,05
3A5C	<i>P-value</i> = 0.8852 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.4346 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.1378 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.03855 α: 0,05
3A7C	<i>P-value</i> = 0.0268 α: 0,05	<i>P-value</i> = 0.0472 α: 0,05	<i>P-value</i> = 2.59e-05 α: 0,05	<i>P-value</i> = 0.07302 α : 0,05

Fonte: A autora (2022)

Por meio dos resultados, observou-se que metade das visualizações possuem um *p-value* menor que o nível de significância, ou seja, a rejeição da hipótese nula. Para o restante dos testes feitos, observou-se a similaridade entre os tipos de visualizações apresentadas, indicando a não rejeição da hipótese nula, representando estatisticamente a similaridade nas formas de análises pelos participantes dos gráficos de barras e tabelas com pesos iguais e pesos diferentes.

A Tabela 44 indica os resultados das comparações entre os valores não similares, indicando o maior deles.

Tabela 44 – Comparação entre pesos diferentes e iguais

COMBINAÇÕES	ELIMINAÇÃO	SELEÇÃO	ELIMINAÇÃO	SELEÇÃO
	BDXBS	BDXBS	TDXTS	TDXTS
3A4C	BS>BD	-	TS>TD	-
3A5C	-	-	-	TS>TD
3A7C	BD>BS	BD>BS	TD>TS	-

Fonte: A autora (2022)

Por fim, a terceira análise baseou-se na comparação entre as visualizações de gráficos de barras *versus* tabelas. A Tabela 45 apresenta os resultados de *p-value* obtidos.

Tabela 45 - Teste de Wilcoxon para média de pupila para gráficos *versus* tabelas

	BD <i>versus</i> TD_ELIM	BD <i>versus</i> TD_SEL	BS <i>versus</i> TS_ELIM	BS <i>versus</i> TS_SEL
3A4C	<i>P-value</i> = 2.287e-07 α : 0,05	<i>P-value</i> = 3.873e-07 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.0003549 α : 0,05	<i>P-value</i> = 2.124e-06 α : 0,05
3A5C	<i>P-value</i> = 6.149e-08 α : 0,05	<i>P-value</i> = 2.665e-06 α : 0,05	<i>P-value</i> = 2.59e-05 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.0002468 α : 0,05
3A7C	<i>P-value</i> = 0.02012 α : 0,05	<i>P-value</i> = 0.005187 α : 0,05	<i>P-value</i> = 1.761e-05 α : 0,05	<i>P-value</i> = 9.691e-07 α : 0,05

Fonte: A autora (2022)

Observou-se que todos os *p-value* foram menores que o nível de significância, ou seja, para todas as comparações entre gráfico de barras e tabela, teve-se a rejeição da hipótese nula, ou seja, não há similaridade entre os dados de gráficos de barras e tabelas. Assim, fez-se uma análise comparativa para identificar a forma de visualização com maiores valores de diâmetro da pupila. Os resultados podem ser vistos na Tabela 46.

Tabela 46 – Comparação entre gráfico de barras e tabela

COMBINAÇÕES	DIÂMETRO DA PUPILA
3A4C	BARRAS>TABELA
3A5C	BARRAS>TABELA
3A7C	BARRAS>TABELA

Fonte: A autora (2022)

Como visto, as combinações com gráficos de barras, para todas as combinações, obtiveram maiores valores de diâmetro da pupila, indicando um maior nível de atenção dos participantes ao observar tais visualizações.

4.4.2.2 Análise de Correlação da pupila e duração da fixação

Usando correlação de Spearman (MONTGOMERY *et al.*, 2000) foram correlacionadas a média da pupila corrigida por *baseline* e a soma da duração da fixação de cada participante para cada uma das visualizações. O teste de correlação

de Spearman foi escolhido por se tratar de uma medida não paramétrica da correlação de postos. O coeficiente de correlação de Spearman, ρ , pode ter um valor entre -1 e +1, e se o valor de ρ se aproxima de 0, não se pode afirmar nada acerca da associação entre os dois intervalos.

Os valores de pupila foram corrigidos por *baseline* ($t=100\text{ms}$) e foi obtido a média do diâmetro pupilar para todos os participantes em cada uma das visualizações apresentadas, conforme apresentado na seção 3.1.7. Da mesma forma foi feito com os valores de fixações, onde foi encontrado o valor médio da duração da fixação para cada participante em cada uma das visualizações.

As correlações feitas, abordaram as duas variáveis estudadas nesse trabalho: Dados de fixação e Pupila. No entanto, é necessário ressaltar que outras correlações podem ser realizadas incluindo outras variáveis, tais como: porcentagem de previsão de escolha, tempo de resposta, dentre outras.

Inicialmente, foi feita a correlação da pupila e fixação considerando os mesmos critérios. Assim, por exemplo, os dados de pupila dos gráficos de barras com pesos diferentes, na tarefa de eliminação foram comparados com os dados de fixação dos gráficos de barras com pesos diferentes, na tarefa de eliminação.

Dessa forma, as combinações com quatro, cinco e sete critérios foram incluídos juntos na amostra da pupila e da fixação, ou seja, para o exemplo citado acima, os dados de pupila e de fixação continham todas as visualizações independentemente do número de critérios, pois o objetivo foi analisar a correlação mediante os critérios “gráfico ou tabela”, “peso igual ou peso diferente” e “Eliminação ou Seleção”.

A Tabela 47 contém os resultados obtidos na correlação.

Tabela 47 - Correlação entre pupila e fixação	
VARIÁVEIS	VALOR RHO
Pupila (Gráfico/ Peso Diferente/ Eliminação) X Fixação (Gráfico/ Peso Diferente Eliminação)	0,071
Pupila (Gráfico/ Peso Diferente/ Seleção) X Fixação (Gráfico/ Peso Diferente Seleção)	0,121
Pupila (Gráfico/Peso Igual/ Eliminação) X Fixação (Gráfico/ Peso Igual/Eliminação)	0,057
Pupila (Gráfico/Peso Igual/ Seleção) X Fixação (Gráfico/ Peso Igual/ Seleção)	0,110
Pupila (Tabela/ Peso Diferente/ Eliminação) X Fixação (Tabela/ Peso Diferente Eliminação)	-0,100

Pupila (Tabela/ Peso Diferente/ Seleção) X Fixação (Tabela/ Peso Diferente Seleção)	-0,014
Pupila (Tabela/ Peso Igual/ Eliminação) X Fixação (Tabela/ Peso Igual/Eliminação)	0,071
Pupila (Tabela/ Peso Igual/ Seleção) X Fixação (Tabela/ Peso Igual/ Seleção)	-0,163

Fonte: A autora (2022)

Com base nos valores de correlação acima, pode-se observar valores próximos a 0, o que indica não-correlação entre a pupila e a fixação consumidos na avaliação de cada uma das visualizações. Seguidamente, fez-se a análise considerando todas as visualizações para a tarefa de eliminação e seleção. Além disso, foram agrupados os critérios de forma que os valores da duração da fixação fossem um só conjunto para ser comparado com os valores de pupila, ou seja, foram colocados juntas as visualizações com quatro, cinco e sete critérios. A Tabela 48 traz os resultados encontrados para o coeficiente de Spearman.

Tabela 48 - Correlação entre as variáveis nas tarefas de Seleção e Eliminação

VARIÁVEIS	VALOR RHO
Pupila (Eliminação) X Fixação (Eliminação)	0,006
Pupila (Seleção) X Fixação (Seleção)	0,023

Fonte: A autora (2022)

Como pode-se observar na Tabela 48, foram obtidos valores de correlação próximos de 0, dessa forma, nada se pode concluir quanto a correlação entre as variáveis de pupila e fixação nas tarefas de seleção e eliminação. Ademais, a Tabela 49 ilustra as estatísticas descritivas das variáveis analisadas.

Tabela 49 - Estatísticas descritivas das variáveis na tarefa de Seleção e Eliminação

Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
BASELINE_ELIM	0,96746	0,05151	0,82814	0,96371	1,14378
BASELINE_SEL	0,95891	0,07242	0,00000	0,95924	1,18609
FD_ELIM	10,281	7,875	0,570	7,675	39,000
FD_SEL	11,327	8,249	0,920	9,340	50,300

Fonte: A autora (2022)

Na análise seguinte, foram correlacionados os valores de pupila e duração da fixação levando em consideração as visualizações por meio de gráfico de barras e tabelas. A Tabela 50 contém os resultados do teste de correlação feito.

Tabela 50 - Correlação entre as variáveis nos gráficos de barras e tabelas

VARIÁVEIS	VALOR RHO
Pupila (Gráfico de Barras) X Fixação (Gráfico de Barras)	0,082
Pupila (Tabela) X Fixação (Tabela)	-0,049

Fonte: A autora (2022)

Novamente foram observados baixos valores de correlação para estas variáveis, que mesmo sendo valor negativo para as tabelas, continua sendo muito próximo de 0. Ademais, outras estatísticas descritivas foram coletadas e descritas na Tabela 51.

Tabela 51 - Estatísticas descritivas das variáveis nos gráficos de barras e tabelas

Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
BASE_BARRAS	0,98032	0,07057	0,00000	0,98051	1,18609
BASE_TABELA	0,94605	0,04864	0,81019	0,94290	1,14925
FD_BARRAS	10,750	8,226	0,570	8,375	50,300
FD_TABELA	10,858	7,933	0,920	8,915	48,620

Fonte: A autora (2022)

Quanto a comparação entre visualizações com pesos iguais e pesos diferentes, obteve-se os seguintes valores de correlação ilustrados na Tabela 52.

Tabela 52 - Correlação entre as variáveis para visualizações com pesos iguais e diferentes

VARIÁVEIS	VALOR RHO
Pupila (Peso diferente) X Fixação (Peso diferente)	0,032
Pupila (Peso igual) X Fixação (Peso igual)	-0,008

Fonte: A autora (2022)

Com os resultados apresentados, nada se pode afirmar quanto a relação entre tais variáveis, tendo em vista os baixos valores de ρ obtidos. As estatísticas descritivas dessas variáveis podem ser visualizadas na Tabela 53.

Tabela 53 - Estatísticas descritivas das variáveis para visualizações com pesos iguais e diferentes

Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
BASE_PESODIF	0,96145	0,07047	0,00000	0,96065	1,14925
BASE_PESOIG	0,96493	0,05442	0,81019	0,96192	1,18609
FD_PESODIF	11,271	8,846	0,570	8,680	50,300
FD_PESOIG	10,337	7,206	1,070	8,370	43,380

Fonte: A autora (2022)

Em adição aos testes de correlação feitos acima, fez-se a correlação entre a ordem de aparição das visualizações e a duração da fixação de cada visualização, do diâmetro da pupila normalizado (média dos participantes por visualização) e do pico de dilatação da pupila (média dos participantes por visualização), objetivando analisar se havia correlação entre as variáveis. A tabela 54 indica os resultados obtidos.

Tabela 54 - Correlação com a Ordem de visualização

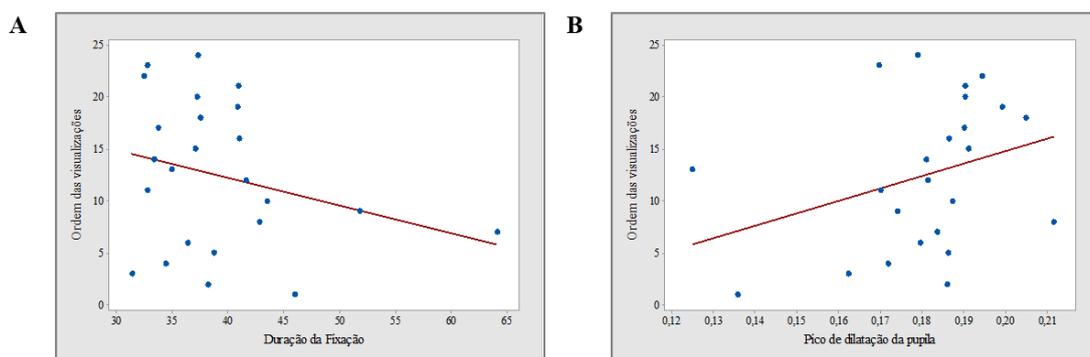
VARIÁVEIS	VALOR RHO
Ordem das visualizações x Duração da Fixação	-0,244
Ordem das visualizações x Diâmetro da pupila	0,195
Ordem das visualizações x Pico de dilatação	0,382

Fonte: A autora (2022)

Os resultados obtidos sugerem uma correlação negativa fraca entre a ordem das visualizações e a duração da fixação. A correlação forte negativa entre essas duas variáveis poderia confirmar que elas são inversas, o que indicaria que à medida em que se avançava na ordem, a duração da fixação diminuía, sugerindo que os participantes estariam cansados ao longo do avanço do experimento, ou que houve uma curva de aprendizado ao longo da tarefa, assim os participantes já teriam aprendido a dinâmica e demorariam menos tempo fixando as visualizações para realizar suas escolhas. No entanto, o valor de correlação encontrado entre as variáveis sugere apenas uma correlação fraca, sendo assim, a duração da fixação é influenciada por outros fatores, sendo necessário avaliar outras variáveis.

Com relação ao diâmetro da pupila e a ordem das visualizações, foi encontrado um valor de 0,195, sugerindo uma correlação positiva fraca entre as variáveis. O cálculo da correlação também foi feito para o pico de dilatação da pupila, sendo obtido o valor de 0,382, o que sugere uma correlação positiva fraca. A Figura 35 ilustra o gráfico de dispersão da ordem das visualizações e da duração da fixação e do pico de dilatação da pupila.

Figura 35 - Gráfico de dispersão da Ordem (A): Ordem x Duração da Fixação; (B): Ordem x Pico de dilatação da pupila



Fonte: A autora (2022)

4.5 Discussão de Resultados

Nesta seção serão discutidos os resultados obtidos nos três experimentos analisados. Inicialmente, tem-se a discussão dos resultados para a métrica Tempo de Primeira Fixação, seguido pela métrica Duração da Fixação, métrica Previsão de Escolha, por fim, Análise pupilométrica.

4.5.1 Tempo de Primeira Fixação (TFF)

Retornando a questão de pesquisa levantada dos resultados, tem-se: Quais critérios receberam a primeira fixação e quais foram fixados por último, considerando a métrica Tempo de Primeira Fixação? A questão de pesquisa foi respondida em cada experimento, conforme seção 4.1.

4.5.1.1 Experimento 2018

Para as visualizações tabulares, tanto para pesos diferentes quanto para pesos iguais, o critério 1 foi o visto primeiramente em todas as combinações de alternativas e critérios. Somado a isso, o critério visto por último seguiu o número de critérios contidos na combinação, conforme pode ser visto na Tabela 4 e Tabela 5.

Nas visualizações gráficas, com relação ao critério visto primeiramente, em geral, houve predomínio do critério 1 em todas as combinações de alternativas e critérios, tanto para pesos iguais quanto pesos diferentes, com exceção da

combinação “4A5C” com pesos iguais, que teve o critério 2 como sendo o visto primeiramente, e da combinação “5A4C” com pesos diferentes, que também apresentou o critério 2 como sendo o critério visto primeiramente dentre os demais critérios apresentados no gráfico.

No que diz respeito as visualizações mistas, quanto ao critério visto primeiramente, na forma tabular, o critério 2 teve predomínio, no entanto, com relação a visualização em gráfico de barras, na combinação “3A5C”, nada se pôde afirmar uma vez que o critério 2 e o critério 3 ficaram empatados, como ilustrado na Tabela 6, já na combinação “4A5C”, o critério 3 foi visto primeiramente.

Para complementar os resultados da métrica TFF, análises para duração da fixação foram realizadas. Com relação ao critério com menor duração de fixação, os resultados expressaram os critérios laterais-direito como sendo os critérios com menor duração de fixação, corroborando com os obtidos na métrica TFF, em que os critérios vistos por último eram os critérios contidos na combinação de alternativas e critérios, ou seja, os critérios laterais-direito.

Para os tempos de maiores durações de fixação, foi obtido o inverso: os critérios iniciais, ou laterais esquerdo – critérios 1 e 2 – dos gráficos ou tabelas possuíam a maior duração de fixação dos participantes.

Por fim, os resultados obtidos no teste estatístico realizado, nas Tabela 7 e Tabela 8, apresentaram *p-value* menor que o nível de significância de 5%. Com isso, pode-se concluir que o tempo que o participante passa para fixar o olhar na primeira área de interesse não é similar ao que ele passa para fixar na segunda área de interesse. Por meio das análises complementares, percebeu-se que o critério 1, predominantemente, foi o critério em que o participante fixa primeiramente.

Dessa forma, é possível perceber que a forma que os pesos estão distribuídos nos gráficos, está coerente com os locais onde os decisores prestam mais e menos atenção nos gráficos e tabelas. Mais uma vez, assim como apresentado em Roselli (2018) e Roselli (2019), confirma-se que a distribuição dos pesos da esquerda para a direita está adequada. Assim sendo, pode-se obter uma recomendação para o analista, uma vez que no SAD do FITradeoff, a distribuição dos pesos já é detectada, tanto para pesos iguais quanto para pesos diferentes, na primeira questão de elicitação (de Almeida *et al.*, 2016), logo depois da ordenação dos critérios. O analista pode receber a informação acima mediante uma mudança de desenho no SAD.

4.5.1.2 Experimento 2019

Neste experimento, para o gráfico de barras com pesos diferentes, o critério visto primeiramente foi o critério 2 para todas as combinações de critérios apresentadas. Com relação ao critério visto por último, os resultados seguiram o mesmo padrão observado no Experimento 2018: os critérios vistos por último obedecem ao critério contido na combinação.

Da mesma forma, quanto a sequência mista, o critério 2 permaneceu como visto primeiramente e o critério 5 sendo o último critério visto, sendo esse também o critério contido na combinação, confirmando o mesmo padrão já observado.

Somado a essa análise, investigou-se a métrica FD para as visualizações apresentadas, onde se pôde notar que as combinações com cinco, seis e sete critérios, apresentaram os critérios cinco, seis (com exceção do Gráfico Radar) e sete (com exceção do Gráfico Radar), respectivamente, como sendo os critérios com a menor duração de fixação. Estas análises reforçam os resultados obtidos na métrica TFF apresentada na seção 4.1, em que os critérios vistos por último eram os critérios contidos na combinação de alternativas e critérios, da mesma forma os critérios laterais-direitos possuíram a menor duração de fixação.

Com relação aos tempos de maiores durações de fixação, reforçam-se também os resultados obtidos com a métrica TFF, em que os critérios laterais esquerdos eram vistos primeiramente, com predominância do critério dois como sendo o critério com maior duração da fixação. Por fim, com relação às combinações mistas, os critérios laterais-esquerdos foram os critérios com maior duração de fixação, com predomínio do critério 1 e 2.

As Tabelas 14, Tabela 15 e Tabela 16 trazem os resultados do teste estatístico para os dados de primeira e segunda fixação, que apresentaram *p-value* menores que o nível de significância. Concluindo que as amostras provêm de populações não similares. Após análises complementares, observou-se que o critério 1 possuiu maior valor para as visualizações tabulares e para gráfico radar. Ademais, para os gráficos de barras, o critério 2 possuiu o menor tempo de primeira fixação. Assim, nessas visualizações, como o critério 1 e 2 foram os mais rapidamente observados, o analista deve informar ao decisor, de forma a reforçar sua atenção quanto a performance das alternativas não apenas para o critério de maior peso, mas para o critério de segundo

maior peso também, quando os pesos forem diferentes ou “*skewed*” (DE ALMEIDA *et al.*, 2016).

Além disso, os gráficos de barras apresentaram menor tempo de fixação, com exceção da combinação com duas alternativas e sete critérios, pois nesse caso, o gráfico radar possuiu o menor tempo de primeira fixação.

4.5.1.3 Experimento 2020

Os resultados do experimento 2020 para a métrica TFF, reforçaram o padrão encontrado nos experimentos anteriores: os critérios vistos por último eram os critérios contidos na combinação de alternativas e critérios contidos no gráfico ou tabela. Dessa forma, se o gráfico apresentava quatro critérios, por exemplo, o último critério – o critério quatro – era o critério visto por último e com menor duração de fixação.

No que diz respeito aos critérios vistos primeiramente, pode-se observar um resultado igual nas duas tarefas (eliminação e seleção), ou seja, não houve diferença de resultados para as tarefas de eliminação e seleção para os gráficos de barras com pesos iguais. Na forma tabular, em geral, os critérios vistos primeiramente são os critérios iniciais, critérios 1, 2 e 3, e dentre estes, houve predominância do critério 1.

Por fim, analisou-se a métrica FD. Com tais análises feitas, reforçaram-se os resultados obtidos na métrica TFF: os critérios vistos por último foram os critérios contidos na combinação de alternativas e critérios. Da mesma forma, os critérios com menor duração de fixação foram os últimos critérios contidos no gráfico ou tabela. Já para os tempos de maiores durações de fixação, encontrou-se o inverso: os critérios iniciais – critérios 1 e 2 – dos gráficos ou tabelas possuíam a maior duração de fixação dos participantes.

Os resultados das análises estatísticas da Tabela 21 e Tabela 22 ressaltam que os gráficos de barras possuíam o critério 2 como tendo o menor tempo de primeira fixação, ou seja, os participantes fixavam mais rapidamente no critério 2 quando se tratava de gráficos de barras, tanto na tarefa de seleção quanto na de eliminação. Já com relação as visualizações tabulares, o critério 1 apresentou o menor tempo de primeira fixação, sendo considerado maior que o critério 2.

4.5.2 Duração da Fixação (FD)

Visando responder à questão de pesquisa “Quais critérios foram mais fixados pelos decisores? E quais foram menos fixados?”, os resultados obtidos para o experimento 2020 forneceram indicativos de que os critérios iniciais da visualização - ou laterais esquerdos (critérios 1 e 2) tendem a ser os critérios com maior duração de fixação, ou seja, os critérios que os participantes passaram maior período com o olho relativamente imóvel. Esse resultado pode sugerir um maior nível de processamento cognitivo empregado na avaliação dos critérios iniciais da visualização, sendo esses os critérios em que os participantes despendem mais tempo realizando suas análises. Já os critérios finais da visualização ou laterais direito (critérios 6 e 7) tendem a ser os critérios com menor duração de fixação.

Da mesma forma, essa métrica corrobora o resultado de que os critérios laterais-esquerdos são aqueles que recebem a maior quantidade de fixações. Estes critérios, são também aqueles que tem os maiores pesos, em problemas de distribuição de pesos tipo “*skewed*”. Esse resultado reforça então que a forma como os gráficos estão desenhados para mostrar as alternativas, com critérios de maiores pesos da esquerda para a direita estão adequados aos resultados encontrados nos estudos comportamentais. Assim como, o método FITradeoff e seu SAD apresentam as visualizações de forma adequada.

Além disso, os resultados da Tabela 26 e Tabela 27 indicam que para as duas tarefas (eliminação e seleção), os gráficos de barras e tabelas, com pesos iguais e diferentes, o tempo que o participante passa com o olhar fixo em um critério não é similar ao que ele passa fixando em outro critério. A Tabela 30 demonstra que as visualizações com pesos diferentes são as que possuem maior valor, o que pode estar relacionado ao fato de que as visualizações com pesos diferentes podem requerer maior esforço e nível de atenção do decisor. Assim, o analista deve se atentar para situações com pesos diferentes, sugerindo que o decisor dedique o tempo necessário na análise dessas visualizações durante a avaliação holística.

Na Tabela 29, pode-se observar que a tarefa de seleção obteve maior valor para as combinações com 5 e 7 critérios, enquanto nas visualizações com 4 critérios, a tarefa de eliminação foi maior. Isso pode sugerir que com o número reduzido de critérios da combinação com 4 critérios facilite a eliminação da melhor alternativa do

conjunto. Ademais, quando o número de critérios aumenta, a atenção empregada pelo decisor pode estar sendo voltada para selecionar a melhor alternativa do conjunto.

De maneira geral, o resultado observado com a duração da fixação, sugere um maior nível de processamento cognitivo durante a tarefa de Seleção, ou seja, uma possível indicação de que os participantes estavam tentando identificar o conteúdo e realizar o processamento cognitivo dessas informações nessa primeira tarefa do experimento. Em complemento a isso, o resultado é condizente com outros estudos que relatam os efeitos da aprendizagem sobre a atenção, sugerindo que os participantes reduzem o número de fixações no decorrer de tarefas decisórias repetidas (BIALKOVA; VAN TRIJP, 2011; FIEDLER; GLÖCKNER, 2012; KNOEPFLE *et al.*, 2009; MEIBNER; DECKER, 2010; MUELLER LOOSE; ORQUIN, 2012; TOUBIA *et al.*, 2012).

Somado a isso, as tabelas possuíram os maiores tempos de fixações, exceto para a combinação com cinco critérios, que teve o maior tempo de fixação no gráfico de barras. Isso traz à tona a recomendação de que o analista deve estar atento em instruir o decisor com relação a tendência de fixar mais nas tabelas, sugerindo que há menor esforço para analisar os gráficos de barras e tendência de acomodação talvez pelo fato do decisor considerar mais fácil a análise destes. Assim, o analista deve instruir o decisor e lembrá-lo sobre esses aspectos, objetivando aumentar a atenção para as demais visualizações e de modo a fazer a melhor escolha.

As análises acerca da investigação de similaridade entre as variáveis de seleção e eliminação, exibidos na Tabela 31, indicaram semelhanças entre os tipos de visualizações apresentados, com exceção dos gráficos de barras com cinco e sete critérios, ambos com pesos diferentes. Com relação a semelhança entre as visualizações com pesos iguais e diferentes, conforme Tabela 32, os resultados representam estatisticamente a não diferença nas formas de análises pelos participantes dos gráficos de barras e tabelas com pesos iguais e pesos diferentes. Por fim, a Tabela 33, mostrou a não diferenciação nas formas de análises dos gráficos de barras e tabelas pelos participantes.

É válido ressaltar que, a taxa de acerto, ou seja, a porcentagem de acertos quando comparadas as respostas da escolha dos participantes com o gabarito de cada visualização, obtidas na tarefa de eliminação indicam que os participantes, em sua maioria, eliminaram a alternativa correta (PESSOA *et al.*, 2021), com exceção de três

combinações: 3A4C para o gráfico de barras com pesos iguais, 3A5C para gráfico de barras com pesos diferentes e 3A5C para tabela com pesos diferentes.

Com relação à análise da taxa de acerto para a tarefa de seleção, os participantes, em sua maioria, selecionavam a alternativa correta (PESSOA *et al.*, 2021), com exceção de três combinações: 3A4C para o gráfico de barras com pesos diferentes, 3A4C para tabela com pesos diferentes e 3A7C para tabela com pesos diferentes (esta combinação possuiu a segunda menor taxa de Previsão de Escolha).

4.5.3 Previsão de Escolha

Os resultados abordados na seção 4.3 tornaram possível responder a questão de pesquisa elaborada: “Os participantes selecionam a alternativa em que mais fixaram o olhar durante a análise das visualizações?” Para isso, as seções 4.5.3.1, 4.5.3.2 e 4.5.3.3 abaixo, discutem os resultados para os experimentos.

Os resultados encontrados sugerem que a duração da fixação não tem efeito a jusante na escolha final do decisor, ou seja, fixar o olhar por mais tempo em uma alternativa não aumentou a escolha dos decisores por ela. Não houve um ciclo de feedback positivo entre a fixação dos decisores e suas escolhas finais. Sendo assim, outras medidas precisam ser estudadas quanto ao papel na previsão da escolha do decisor e o analista deve alertar o decisor quanto a importância de analisar com cuidado a performance das alternativas que ele passa mais tempo fixando o olhar durante a avaliação holística no SAD, a fim de que faça uma escolha assertiva, tendo em vista os baixos valores de porcentagens obtidos quando se tentou prever a escolha do decisor com base na duração da fixação.

4.5.3.1 Experimento 2018

Os resultados das porcentagens do experimento 2018 obtidos na Tabela 34 e Tabela 35 indicam que a previsão de escolha não foi atendida nas combinações, com exceção da combinação 4A3C_BD. Com relação à análise da taxa de acerto (PESSOA *et al.*, 2021), as combinações com menor taxas de acertos foram das combinações 3A4C, 4A4C e 4A5C, para pesos diferentes, seja em forma de

visualização gráfica ou tabular, e da combinação 4A3C para pesos iguais, tanto na forma de Gráfico de Barras, quanto na forma tabular.

Ademais, a escolha não pôde ser prevista por meio da duração da fixação, ou seja, para a maior parte dos participantes nas combinações gráficas, tabulares e mistas, a alternativa mais fixada durante a análise da visualização, não foi a alternativa escolhida.

Por fim, no que diz respeito à taxa de acerto (ROSELLI, 2018) das visualizações mistas, em ambas as combinações, tanto o Gráfico de Barras, quanto a Tabela teve percentuais de acerto maiores que 50%, ou seja, a maior parte dos participantes marcou a alternativa correta após a análise das visualizações mistas.

Isso é interessante e pode indicar que devido a maior quantidade de informação trazida nas visualizações mistas (gráfico de barras + tabelas), os decisores tiveram maiores taxas de acertos. Este resultado pode sugerir a possibilidade de inclusão de forma mista dentro do SAD do FITradeoff, trazendo ainda mais flexibilidade ao decisor para expressar preferências durante o processo decisório.

4.5.3.2 Experimento 2019

O experimento 2019 trouxe uma maior porcentagem atendida da previsão de escolha, conforme Tabela 36 e Tabela 37. Isso é bem coerente dado que este experimento contou com visualizações com apenas 2 alternativas. Sendo assim, pela menor quantidade de alternativas, fica sugerido uma maior taxa de previsão de escolha.

Vale ressaltar que as combinações que não atenderam a Previsão de Escolha estão inclusas nas combinações com menor percentual de taxa de acerto. Assim, as combinações 2A5C_BD, 2A6C_RD e 2A7C_TD obtiveram um percentual de acerto de 33,33%, 37,50% e 27,78%, respectivamente. Esse resultado também é coerente, sendo estas combinações aquelas com maior número de critério, onde a quantidade de consequências que os decisores precisam avaliar para escolher a maior alternativa já é bem maior.

Para as combinações 3A4C e 4A5C, a maior parte dos participantes não escolheram a alternativa em que mais fixaram o olhar durante a análise da visualização. Além disso, para todas as combinações apresentadas, o percentual de

acerto foi menor que 50%, indicando que, para estas combinações de visualização do gráfico de barras, os participantes não selecionaram a alternativa correta.

Para as visualizações com pesos iguais, exibidas na Tabela 37, apenas para a combinação exibida no gráfico do tipo radar, houve uma previsão de escolha com base na duração de fixação. Para todas as outras combinações, não se pôde prever a escolha para a maioria dos participantes. Com relação à taxa de acerto (ROSELLI, 2020), apenas a combinação 4A3C obteve uma menor taxa. Ademais, todas as combinações de duas alternativas e sete critérios, obtiveram um percentual de acerto maior que 50%, indicando que os participantes selecionaram a alternativa correta nessas visualizações.

Por fim, para as visualizações mistas, ilustradas na Tabela 38, para todas estas combinações, os participantes não escolheram a alternativa em que mais fixaram o olhar durante a análise feita por eles. Na análise da taxa de acerto para as visualizações mistas, apenas para a combinação 3A5C_MD obteve um percentual de acerto menor que 50%.

De forma geral, a fixação dos olhos em uma dada alternativa não foi um indicativo prévio de que o participante iria selecionar esta alternativa como a melhor, e nem que ele estava fixando na alternativa correta, para as visualizações utilizadas no experimento de 2019. Este resultado é interessante para apoiar o analista em seu processo de aconselhamento junto ao decisor, indicando que o decisor deve ter cautela e observar todas as alternativas presentes na avaliação holística, buscando realmente considerar as compensações que existem entre elas.

4.5.3.3 Experimento 2020

No experimento 2020, as porcentagens exibidas na Tabela 39 foram inferiores a 50% indicando que a Previsão de Escolha não foi atendida nas visualizações do experimento em análise. Apenas a combinação 3A4C para o gráfico de barras com pesos diferentes obteve 64,10% indicando que, para este valor de porcentagem, a maior parte dos participantes selecionaram a alternativa em que passaram mais tempo com o olhar fixado.

Para a tarefa de seleção, as porcentagens foram inferiores a 50%, indicando que a maior parte dos participantes não selecionaram a alternativa que mais fixaram o olhar, com exceção de duas combinações, conforme Tabela 40.

Mais uma vez, não há previsão de escolha com base na fixação dos decisores nas alternativas. No entanto, esse resultado é interessante e pode trazer sugestões para apoiar o analista em seu processo de aconselhamento junto ao decisor. O analista pode indicar ao decisor que tenha cautela e observe todas as alternativas presentes na avaliação holística, buscando realmente considerar as compensações existentes, buscando não expressar preferência somente levando em consideração a alternativa que mais fixa o olhar, ele precisa inclusive ficar atento a esse viés cognitivo, pois alternativas que ele não olhou, podem ser aquelas que para ele sejam preferíveis as demais. Em suma, o decisor deve olhar com cautela todas as alternativas que estiverem sendo comparadas.

4.5.4 Análise Pupilométrica

Conforme já mencionado na seção 2.1.4, os estudos de respostas da pupila ocasionadas pela realização de tarefas confirmaram que o diâmetro da pupila reflete o esforço mental empregado na tarefa e entre as tarefas (BEATTY, 1982) e pode medir o grau de carga cognitiva da tarefa (ZHAO; SIAU, 2016). Assim, objetivou-se analisar os processos cognitivos durante a escolha no processo de tomada de decisão por meio dos dados de pupila coletados dos participantes.

4.5.4.1 Pico de dilatação da Pupila

A comparação exibida na Figura 28 A e B, ressalta diferenças entre os picos de dilatação da pupila nos gráficos de barras e tabelas. Para os gráficos de barras, os maiores picos foram registrados para visualizações com pesos diferentes, tanto na tarefa de eliminação quanto seleção. Isso sugere uma tendência de maior nível de atenção desprendida pelo decisor na avaliação de gráficos com pesos diferentes, talvez por ser mais difícil de avaliar se comparado com pesos iguais. O analista pode reforçar para o decisor que a análise deve ser realizada com cautela, considerando o desempenho de todos os critérios contidos na visualização e não apenas os critérios

de maior peso, ou seja, os critérios laterais-direitos. Com relação as tabelas apresentadas na Figura 29 A e B, observou-se o padrão inverso: os maiores valores de picos foram encontrados para visualizações com pesos iguais. Esse resultado pode indicar uma tendência de aumento de fadiga mental do decisor para os pesos diferentes, talvez por serem visualizações que requerem mais esforço cognitivo para avaliação e comparação do desempenho das alternativas. O analista pode reforçar ao decisor essa tendência durante as análises de visualizações tabulares e buscar incentivá-lo a fim de aumentar o nível de atenção e engajamento do decisor.

De maneira geral, os picos de dilatação da pupila foram maiores na tarefa de eliminação do que na tarefa de seleção. Somado a isso, os resultados indicaram maiores picos para os gráficos de barras do que nas tabelas. Os maiores picos se deram em visualizações com combinação de cinco critérios. Com tais resultados, sugere-se um aumento na fadiga mental associado a tarefa de seleção a partir da diminuição do pico de dilatação da pupila nessa tarefa. Sugere-se também um maior nível de atenção empregado nas análises de gráficos de barras do que nas visualizações tabulares.

Em função disso, pode-se sugerir que o decisor tenha empregado mais atenção ao eliminar a pior alternativa do conjunto do que para selecionar a melhor, uma vez que ao selecionar, os resultados indicaram uma diminuição dos picos de dilatação da pupila. Assim, o analista pode recomendar ao decisor optar por eliminar a pior alternativa durante a avaliação holística, tendo em vista que o SAD já contém as duas opções: seleção da melhor alternativa e eliminação da pior alternativa.

4.5.4.2 Tamanho médio de dilatação da pupila

Para as análises da comparação da tarefa de eliminação *versus* seleção, para combinação com quatro e cinco critérios, os valores médios de dilatação da pupila foram maiores na tarefa de eliminação. Já na combinação com sete critérios, os maiores valores foram registrados na tarefa de seleção. Isso sugere que à medida em que o número de critérios é maior, o decisor dedicou mais atenção para selecionar a melhor alternativa do que eliminar a pior alternativa. Assim, o analista pode usar essa informação para recomendar ao decisor que este alterne entre selecionar a melhor

alternativa e eliminar a pior alternativa a partir do número de critérios, não esquecendo de dedicar atenção na análise comparativa das alternativas de forma geral.

De maneira geral, foi possível observar que os valores médios do diâmetro da pupila foram maiores na tarefa de Eliminação, o que pode sugerir maior nível de atenção empregado nessa tarefa. Esse resultado é consistente com os achados de Pessoa *et al.* (2021), que realizou estudo de métricas relacionadas ao mesmo experimento (do ano de 2020) deste estudo. Segundo os autores, a Taxa de acerto (*Hit Rate* – HR), que mensura a porcentagem de respostas corretas em cada tarefa do experimento, foi maior para a tarefa de eliminação e o Tempo de Resposta foi menor para a mesma tarefa. Uma possível sugestão para o aumento do tamanho médio de dilatação da pupila na tarefa de eliminação, é a possível indicação de maior nível de atenção empregado (MATHÔT *et al.*, 2013) e esforço mental (KAHNEMAN; BEATTY, 1966). No entanto, atenção e esforço empregado não são os únicos processos mentais que podem ter influência no tamanho da pupila (EBITZ; MOORE, 2019). Os achados de Jepma e Nieuwenhuis (2011) indicaram que o diâmetro intermediário dos valores da pupila está relacionado com o engajamento nas tarefas. Além disso, sugerem também que os valores maiores do tamanho da pupila estariam relacionados a distração. Assim, o diâmetro de pupila maior pode corresponder ao estado de cansaço, reação consequente da sequência apresentada, já que a tarefa de eliminação foi apresentada na etapa final do experimento.

Quanto as análises de pesos iguais *versus* pesos diferentes, para as combinações com quatro e sete critérios, os maiores valores médios de dilatação da pupila foram encontrados para pesos diferentes. Em oposição a isso, para a combinação com cinco critérios, os maiores valores foram registrados para pesos iguais. Novamente aqui se ressalta a sugestão de tendência do emprego de maior nível de atenção para as análises de visualizações com pesos diferentes, talvez pela dificuldade maior quando comparado a pesos iguais. Dessa forma, uma vez que no SAD do FITradeoff, a distribuição dos pesos já é detectada, tanto para pesos iguais quanto para pesos diferentes, na primeira questão de elicitación (DE ALMEIDA *et al.*, 2016), logo depois da ordenação dos critérios, o analista pode receber a informação acima mediante uma mudança de desenho no SAD e alertar o decisor quanto a analisar todos os critérios da combinação apresentada, tendo em vista a tendência

observada com relação a predominância de atenção para os critérios laterais-direitos também para essa distribuição de pesos.

Por fim, quanto as análises de gráficos de barras *versus* tabelas, para todas as combinações de critérios, os gráficos de barras obtiveram maiores valores médios de dilatação da pupila, indicando um maior nível de atenção pelos participantes. Esse resultado é consistente com os demais achados anteriormente e isso pode indicar uma tendência de acomodação do decisor para análise das tabelas, talvez por parecerem mais fáceis. Assim, o analista pode informar o decisor sobre essa tendência e sugerir que o decisor analise outras formas de visualizações, como o gráfico de barras, no qual obteve maior nível de atenção, aumentando assim a chance de escolher a alternativa preferida.

No que diz respeito aos resultados das Tabela 41, quando se compara as tarefas de seleção e eliminação, em geral, pode-se perceber a similaridade entre os tipos de visualizações apresentadas, com exceção das três combinações ilustradas. Conforme ilustra a Tabela 42, para as visualizações não similares, os valores médios do tamanho da pupila foram maiores na tarefa de eliminação do que na tarefa de seleção. Com relação aos pesos, foi observado a similaridade de algumas das formas de análises pelos participantes dos gráficos de barras e tabelas com pesos iguais e pesos diferentes, conforme Tabela 43. Para as combinações não similares com quatro e cinco critérios, as visualizações com pesos iguais possuíram maior valor de tamanho médio da pupila quando comparadas com visualizações com pesos diferentes. No entanto, para as visualizações com sete critérios, as visualizações com pesos diferentes possuíram maior valor médio de pupila, conforme Tabela 44. Esse resultado sugere que um aumento no número de critérios requer um maior nível de atenção e engajamento do decisor para ponderar o desempenho das alternativas. Por fim, não houve similaridade entre os dados de gráficos de barras e tabelas, como se pode ver na Tabela 45, sendo o gráfico de barras o tipo de visualização com maior valor médio do tamanho da pupila, conforme Tabela 46.

De maneira geral, os valores médios de dilatação da pupila indicaram maiores valores na tarefa de eliminação, conforme Figura 33, o que pode indicar um maior nível de atenção dos participantes nesta tarefa. Uma recomendação pode ser extraída para o analista, no que diz respeito a sugerir ao decisor que utilize a opção já disponível do SAD, de eliminar a pior alternativa do conjunto, objetivando que o

decisor dedique um maior nível de atenção nas análises. No que diz respeito aos testes de correlação realizados entre os valores de pupila e duração da fixação, nada se pode inferir tendo em vista os baixos valores de rho obtidos nos testes realizados e apresentados por meio da Tabela 47, Tabela 48, Tabela 50 e Tabela 52.

4.6 Síntese dos Resultados dos Experimentos 2018-2020

As métricas usadas nesse estudo permitiram interpretar os resultados de movimentos oculares. Assim, vale ressaltar o que cada métrica avaliou nos experimentos em estudo. A métrica de Tempo de Primeira Fixação indica a rapidez com que uma área é fixada após o início do estímulo. Sobre a Duração da Fixação, o aumento da métrica sugere um maior nível de processamento cognitivo durante a tarefa, ou seja, uma possível indicação de que os participantes estavam tentando identificar o conteúdo e realizar o processamento cognitivo de informações. Já a métrica Previsão de Escolha, avalia se a alternativa mais fixada foi a alternativa escolhida, ou seja, tenta prever a escolha do decisor a partir da máxima duração de fixação. Quando se consideram os dados pupilométricos, o Tamanho Médio de Dilatação da Pupila visa avaliar o aumento e a relação da atenção durante uma tarefa. Por fim, a medição do Pico de Dilatação da Pupila está associada a fadiga mental e engajamento, assim, uma diminuição na métrica relaciona-se com o aumento da fadiga mental.

De maneira a sintetizar os resultados discutidos com a análise das métricas, esse tópico foi elaborado. Assim, obteve-se os seguintes resultados:

- a) De maneira geral, os critérios vistos primeiramente tendem a ser os critérios laterais esquerdos (critérios 1 e 2) e possuem a maior duração de fixação, e os critérios vistos por último tendem a ser os critérios laterais direitos, ou seja, a visualização tende a seguir na posição da lateral esquerda para lateral direita;
- b) Com relação ao critério visto por último, estes relacionam-se com a quantidade de critério contido na combinação, independente da forma de visualização (seja gráfica ou tabular) e do tipo de tarefa (seja caso de eliminação ou caso de seleção). Além disso, tendem a ser os critérios com menor duração de fixação;

- c) Foi possível perceber que a forma que os pesos estão distribuídos nos gráficos, está coerente com os locais onde os decisores prestam mais e menos atenção nos gráficos e tabelas. Mais uma vez, assim como apresentado em Roselli (2018) e Roselli (2019), confirma-se que a distribuição dos pesos da esquerda para a direita está adequada;
- d) Em geral, para a métrica duração da fixação, as tabelas possuíram os maiores tempos de fixações. Isso traz à tona a recomendação de que o analista deve estar atento em instruir o decisor com relação a tendência de fixar mais nas tabelas, sugerindo que há menor esforço para analisar os gráficos de barras e tendência de acomodação talvez pelo fato do decisor considerar mais fácil a análise destes. Assim, o analista deve instruir o decisor e lembrá-lo sobre esses aspectos, objetivando aumentar a atenção para as demais visualizações e de modo a fazer a melhor escolha;
- e) Ainda sobre a duração da fixação, o resultado observado sugere um maior nível de processamento cognitivo durante a tarefa de Seleção, ou seja, uma possível indicação de que os participantes estavam tentando identificar o conteúdo e realizar o processamento cognitivo dessas informações nessa primeira tarefa do experimento. Em complemento a isso, o resultado é condizente com outros estudos que relatam os efeitos da aprendizagem sobre a atenção, sugerindo que os participantes reduzem o número de fixações no decorrer de tarefas decisórias repetidas (BIALKOVA; VAN TRIJP, 2011; FIEDLER; GLÖCKNER, 2012; KNOEPFLE *et al.*, 2009; MEIBNER; DECKER, 2010; MUELLER LOOSE; ORQUIN, 2012; TOUBIA *et al.*, 2012).
- f) Em geral, a Previsão de Escolha não foi atendida na maior parte das combinações dos três experimentos, assim sendo, os participantes, em sua maioria, não selecionam a alternativa em que passam mais tempo com o olhar fixado durante as análises. Os resultados encontrados sugerem que a duração da fixação não tem efeito a jusante na escolha final do decisor, ou seja, fixar o olhar por mais tempo em uma alternativa não aumentou a escolha dos decisores por ela. Várias outras variáveis (como a primeira e última alternativa fixada, por exemplo) ainda precisam ser analisadas quanto ao seu papel na previsão da escolha do decisor em investigações futuras;

- g) Ainda com relação a métrica Previsão de Escolha, o analista deve ressaltar para o decisor a importância de ficar atento ao viés cognitivo de atentar-se somente para as alternativas mais fixadas, pois alternativas que ele não olhou, podem ser aquelas que para ele sejam preferíveis as demais. Em suma, o decisor deve olhar com cautela todas as alternativas que estiverem sendo comparadas;
- h) Os resultados dos picos de dilatação da pupila sugerem uma diminuição no nível de atenção na tarefa de seleção a partir da diminuição do pico de dilatação da pupila. Em função disso, sugere-se que o decisor tenha empregado mais atenção ao eliminar a pior alternativa do conjunto do que para selecionar a melhor, uma vez que ao selecionar, os resultados pareceram indicar um menor esforço. Assim, o analista pode recomendar ao decisor optar por eliminar a pior alternativa durante a avaliação holística, tendo em vista que o SAD já contém as duas opções: seleção da melhor alternativa e eliminação da pior alternativa;
- i) Para os gráficos de barras, os maiores picos foram registrados para visualizações com pesos diferentes, tanto na tarefa de eliminação quanto seleção. Isso sugere uma tendência de maior nível de atenção despendida pelo decisor na avaliação de gráficos com pesos diferentes, talvez por ser mais difícil de avaliar se comparado com pesos iguais. O analista pode reforçar para o decisor que a análise deve ser realizada com cautela, considerando o desempenho de todos os critérios contidos na visualização e não apenas os critérios de maior peso, ou seja, os critérios laterais-esquerdos;
- j) Com relação as tabelas, observou-se o padrão inverso: os maiores valores de picos foram encontrados para visualizações com pesos iguais. Esse resultado pode indicar uma tendência de diminuição de nível de atenção do decisor para os pesos diferentes, talvez por serem visualizações que requerem mais esforço cognitivo para avaliação e comparação do desempenho das alternativas. O analista pode reforçar ao decisor essa tendência durante as análises de visualizações tabulares e buscar incentivá-lo a fim de aumentar o nível de atenção e engajamento do decisor;
- k) De maneira geral, foi possível observar que os valores médios do diâmetro da pupila foram maiores na tarefa de Eliminação. Esse resultado corrobora com o obtido no pico de dilatação, que registrou diminuição do pico de dilatação da

pupila na tarefa de Seleção, o que pode sugerir maior nível de atenção empregado nessa tarefa. Esse resultado é consistente com os achados de Pessoa *et al.* (2021), segundo os autores, o HR foi maior para a tarefa de eliminação e o Tempo de Resposta foi menor para a mesma tarefa. Uma possível sugestão para o aumento do tamanho médio de dilatação da pupila na tarefa de eliminação, é a possível indicação de maior nível de atenção empregado (MATHÔT *et al.*, 2013) e esforço mental (KAHNEMAN; BEATTY, 1966);

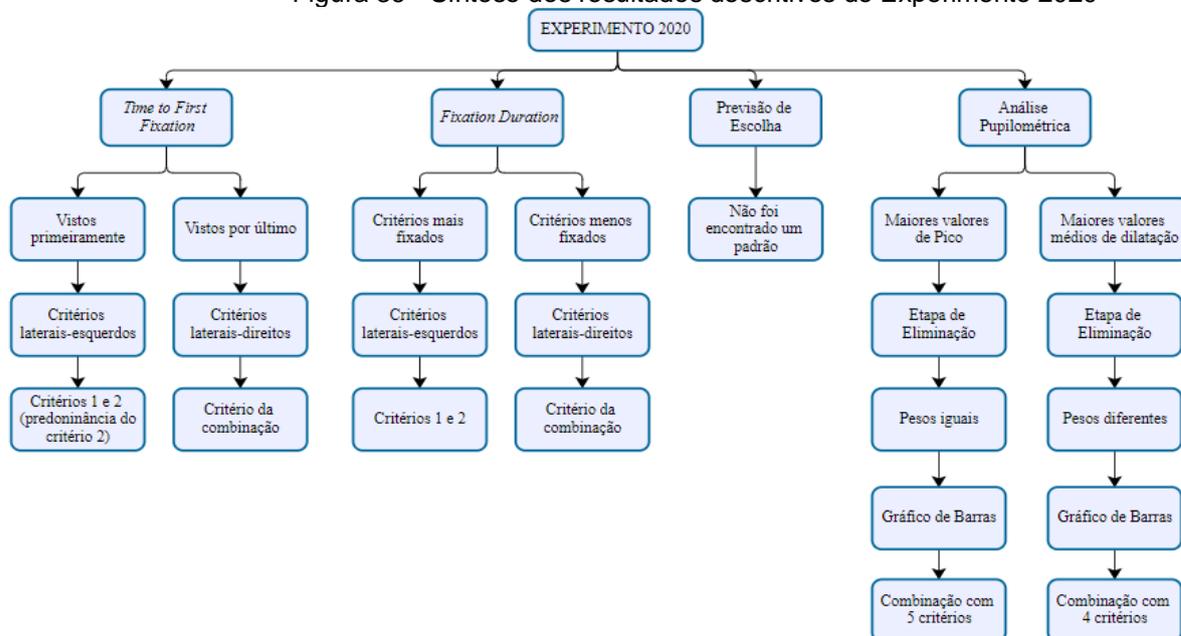
- l) Os resultados sugerem ainda que à medida em que o número de critérios é maior, o decisor pareceu dedicar mais atenção para selecionar a melhor alternativa do que eliminar a pior alternativa. Assim, o analista pode usar essa informação para recomendar ao decisor que este alterne entre selecionar a melhor alternativa e eliminar a pior alternativa a partir do número de critérios, não esquecendo de dedicar atenção na análise comparativa das alternativas de forma geral;
- m) Com relação a comparação dos valores médios de dilatação da pupila para pesos iguais *versus* pesos diferentes, maiores valores foram encontrados para pesos diferentes. Novamente aqui se ressalta a sugestão de tendência do emprego de maior nível de atenção para as análises de visualizações com pesos diferentes, talvez pela dificuldade maior quando comparado a pesos iguais. Dessa forma, uma vez que no SAD do FITradeoff, a distribuição dos pesos já é detectada, tanto para pesos iguais quanto para pesos diferentes, na primeira questão de elicitación (DE ALMEIDA *et al.*, 2016), logo depois da ordenação dos critérios, o analista pode receber a informação acima mediante uma mudança de desenho no SAD e alertar o decisor quanto a analisar todos os critérios da combinação apresentada, tendo em vista a tendência observada com relação a predominância de atenção para os critérios laterais-esquerdos também para essa distribuição de pesos;
- n) Os testes estatísticos realizados para as variáveis de média do tamanho da pupila sobre similaridade entre as variáveis de pesos diferentes e pesos iguais, para as combinações não similares com quatro e cinco critérios, as visualizações com pesos iguais possuíram maior valor de tamanho médio da pupila quando comparadas com visualizações com pesos diferentes. No

entanto, para as visualizações com sete critérios, as visualizações com pesos diferentes possuíram maior valor médio de pupila. Esse resultado sugere que um aumento no número de critérios requer um maior nível de atenção e engajamento do decisor para ponderar o desempenho das alternativas;

- o) Para todas as combinações de critérios, os gráficos de barras obtiveram maiores valores médios de dilatação da pupila. Além disso, o maior valor médio foi registrado para a combinação com quatro critérios. Esse resultado é consistente com os demais achados anteriormente e isso pode indicar uma tendência de acomodação do decisor para análise das tabelas. Assim, o analista pode informar o decisor sobre essa tendência e sugerir que o decisor analise outras formas de visualizações, como o gráfico de barras, no qual obteve maior nível de atenção, aumentando assim a chance de escolher a alternativa preferida.

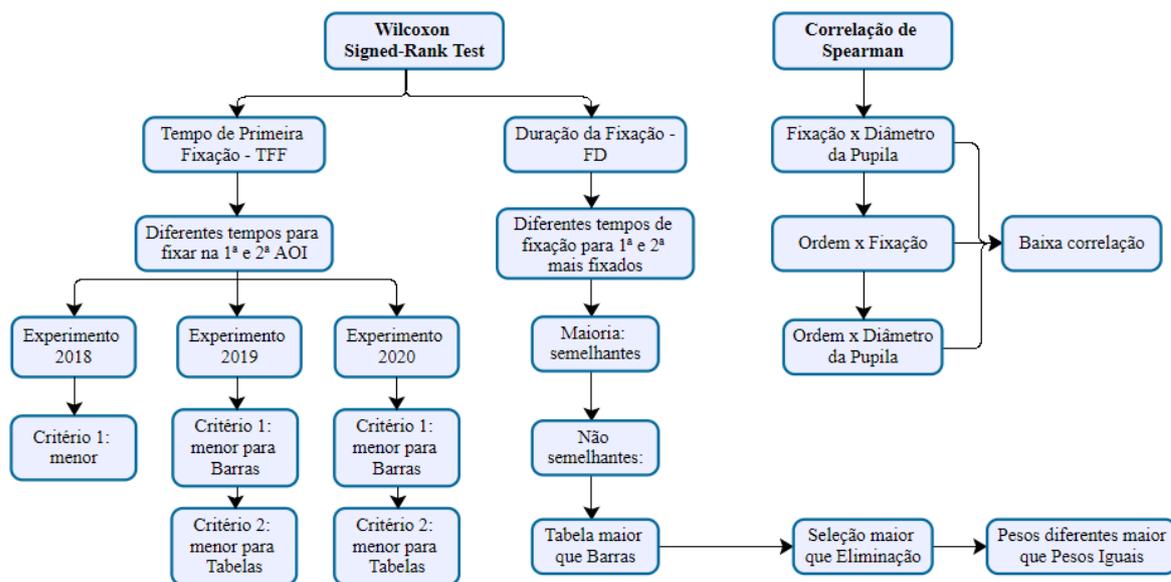
Os resultados das análises descritivas descritos acima estão ilustrados na Figura 36 e os resultados dos testes estatísticos estão ilustrados na Figura 37.

Figura 36 - Síntese dos resultados descritivos do Experimento 2020



Fonte: A autora (2022)

Figura 37 - Síntese dos testes estatísticos dos Experimentos



Fonte: A autora (2022)

5 USO DOS RESULTADOS EM UMA APLICAÇÃO COM O FITRADEOFF

Nesta seção é descrito e apresentado o problema de seleção de inversores para um sistema de energia solar relacionado ao estudo apresentado em Ferreira *et al.* (2021 a).

5.1 Descrição do Problema

A aplicação escolhida é apresentada em Ferreira *et al.* (2021 a) e se refere a um problema de seleção de inversor para uma empresa do ramo alimentício. Nesse problema, treze alternativas com opções de inversores foram avaliadas em dez critérios por meio da aplicação do método FITradeoff para problemática de ordenação. Nesse estudo, o dono do estabelecimento foi o único decisor do processo decisório a definir suas preferências. No entanto, pode-se ressaltar que o mesmo problema de decisão pode ser desenvolvido considerando uma decisão em grupo. Por meio dos resultados gerados por esta pesquisa, apoiados pelo uso da neurociência, podem auxiliar o processo de decisão e melhorar a relação analista-decisor por meio dos *insights* que se tem quanto às análises das visualizações na avaliação holística do FITradeoff.

A seguir, os resultados discutidos no Capítulo 4 são reforçados com base nessa aplicação para a problemática de ordenação.

5.2 Resolução do Problema usando o FITradeoff

Usando então o SAD do FITradeoff, o decisor fez uso dos dois paradigmas de modelagem de preferências para encontrar o ranking dos inversores: a elicitación por decomposição e a avaliação holística.

Na primeira etapa do método FITradeoff, o decisor realizou a ordenação dos critérios considerando sua importância relativa. Portanto, para esta situação, considerando as preferências do decisor, a ordenação dos critérios é definida em (4)

Kcusto > Keficiência > Kpotência > Kgarantia > Kquantidade de mppt >
 Kfator de proteção > Kruído > Kfacilidade de rastreamento > Kmanutenção > (4)
 Kvida útil

Por meio dessa ordem obtida, cria-se a primeira desigualdade do modelo, sendo inserida no Problema de Programação Linear – PPL, usado na problemática de ordenação (FREJ *et al.*, 2019), objetivando encontrar uma solução. É importante ressaltar que cada nova preferência do decisor fica inclusa no PPL como restrição. Nesse contexto, após atualizar o modelo PPL, todas as alternativas ficaram na mesma posição do ranking. Assim, o número de alternativas para serem avaliadas não sofreu redução em sua quantidade, o que dificulta a avaliação de desempenho por meio do uso de visualização gráfica. Sendo assim, o decisor decidiu continuar o processo pela elicitación por decomposição visando reduzir o espaço de pesos. Com isso, as consequências eram comparadas par a par de acordo com a Figura 38.

Figura 38 - Comparação par a par das consequências

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

Consequence A

C1	W1:12647.07
C2	X2:96.7
C3	W3:4000
C4	W4:2
C5	W5:2
C6	W6:64
C7	W7:5
C8	W8:0
C9	W9:0
C10	W10:10

Consequence B

C1	W1:12647.07
C2	W2:93
C3	B3:6000
C4	W4:2
C5	W5:2
C6	W6:64
C7	W7:5
C8	W8:0
C9	W9:0
C10	W10:10

Note:
 Wi is the worst outcome of criterion Ci
 Xi is a outcome in between best and worst o criterion Ci
 Bi is the best outcome of criterion Ci

Options:
 Consequence A
 Consequence B
 Indifferent
 No Answer
 Inconsistency

OK

Number of Questions Answered: 2
 Number of levels: 1

Show Current Results

Stop Elicitation

Chosen Order:
 C1 - C1
 C2 - C7
 C3 - C2
 C4 - C5
 C5 - C6
 C6 - C4
 C7 - C8
 C8 - C3
 C9 - C10

Fonte: Ferreira *et al.* (2021)

Por meio da Figura 38, pode-se perceber a comparação de uma consequência intermediária no Critério C2 (eficiência), nomeada por Consequência A no SAD, sendo comparada com o melhor valor de consequência para o Critério C3 (potência), nomeada por Consequência B. Para esta questão de elicitación, o decisor optou pela

Consequência A. Por meio dessa preferência, a inequação ilustrada em (5) foi inserida no PPL do método.

$$0.5 * K_{\text{eficiência}} < K_{\text{potência}} \quad (5)$$

Seguidamente, mais comparações par a par foram realizadas e o ranking com as opções de inversores do sistema ficou em três posições, conforme ilustrado pela Figura 39.

Figura 39 - Ranking das alternativas

FU-TXMMO-WF1

Bar Graph Bubble Graph Radar Graph

Ranking	
Ranking Position	Alternatives
1	[3]
2	[11][12][13]
3	[5][6][7][1][4][2][10][8][9]

Fonte: Ferreira *et al.* (2021)

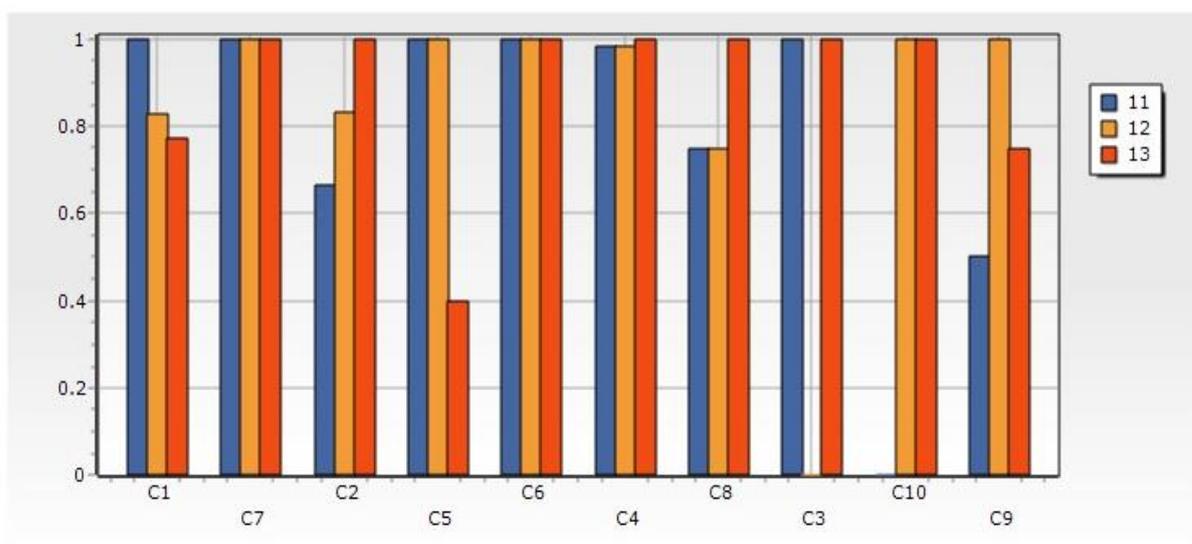
O método FITradeoff possibilita que, em paralelo ao processo de elicitación por decomposição, o decisor tenha acesso a visualização gráfica. Assim, conforme analisado na seção 2.1.2 do Capítulo 2, o decisor pode selecionar uma alternativa do grupo antes que o modelo PPL encontre uma alternativa final. As opções de gráficos disponíveis na avaliação holística do SAD são: o gráfico de barras, o gráfico de bolhas e o gráfico radar.

Continuando o procedimento, o decisor optou por analisar as alternativas que se encontravam na posição 2 do ranking até o momento, visando utilizar as visualizações gráficas da avaliação holística, uma vez que estas demonstram o desempenho das alternativas.

Seguidamente, o analista optou pelo gráfico de barras, uma vez que possui maior probabilidade de sucesso, conforme ressaltam Roselli e de Almeida (2021). Assim, conforme gráfico de barras da Figura 40, o decisor pôde observar que a alternativa 13 apresentou desempenho favorável nos critérios C2, e C8 e por isso foi considerada como preferível em relação as alternativas 11 e 12.

Figura 40 - Gráfico de barras com alternativas da posição 2 do ranking

Bar Graph



Fonte: A autora (2022)

Com isso, relações de dominância foram definidas na avaliação holística mediante as preferências do decisor, o que acarretou na atualização do ranking de inversores para 4 posições. É importante ressaltar que, conforme resultados expressos no Capítulo 4, o decisor tende a fixar o olhar nos critérios centro-laterais esquerdos, nesse momento o analista pode sugerir que o decisor avalie com cautela a performance das alternativas nesses critérios, buscando realmente considerar as compensações que existem entre elas. O decisor não deve expressar preferência somente levando em consideração a alternativa que mais olhar, ele deve inclusive ficara tento a este viés cognitivo, pois alternativas que ele não olhou, podem ser aquelas que para ele sejam preferíveis a demais.

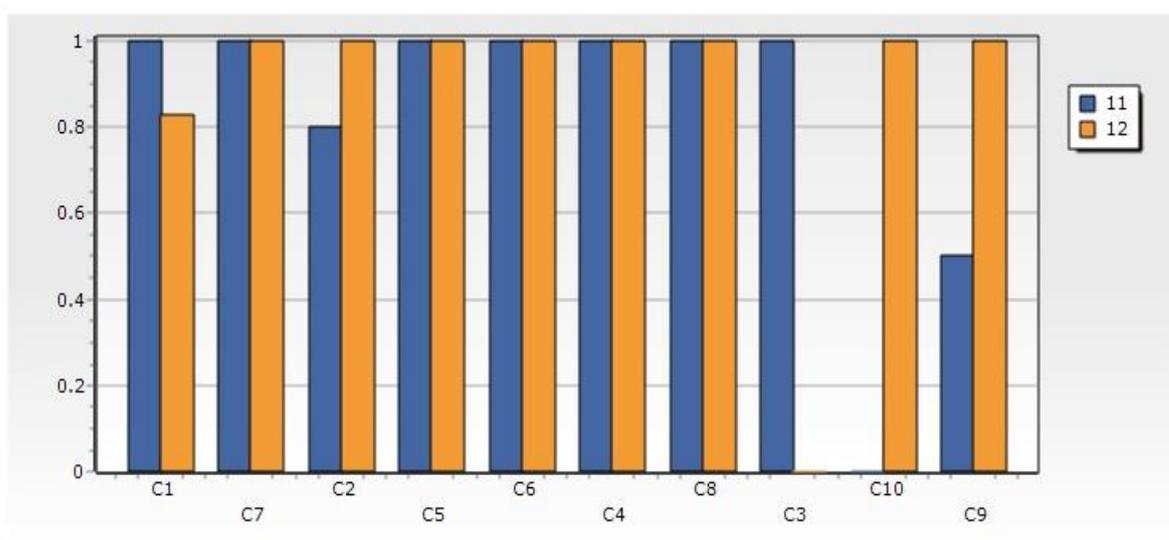
Com a incomparabilidade das alternativas 11 e 12 na mesma posição do ranking, o decisor optou por seguir na avaliação holística expressando relações de

dominância entre as alternativas. Nesse ponto, o gráfico de barras pode ser eficiente tendo em vista o reduzido número de alternativas a serem visualizadas.

Dessa forma, o decisor comparou as duas alternativas com relação aos dez critérios, conforme Figura 41. Analisando o gráfico de barras pode-se perceber que a alternativa A11 apresenta um desempenho melhor no critério de maior constante de escala. Os resultados do capítulo 4 trazem reforço, por meio da fixação, de que o decisor fixará o olhar no sentido esquerda-direita, o que confirma o peso dos critérios. Nesse momento, o decisor optou por escolher a alternativa A12, com melhor desempenho em outros três critérios, como sendo dominante se comparada com a alternativa A11.

Figura 41 - Gráfico de barras com alternativas da posição 3 do ranking

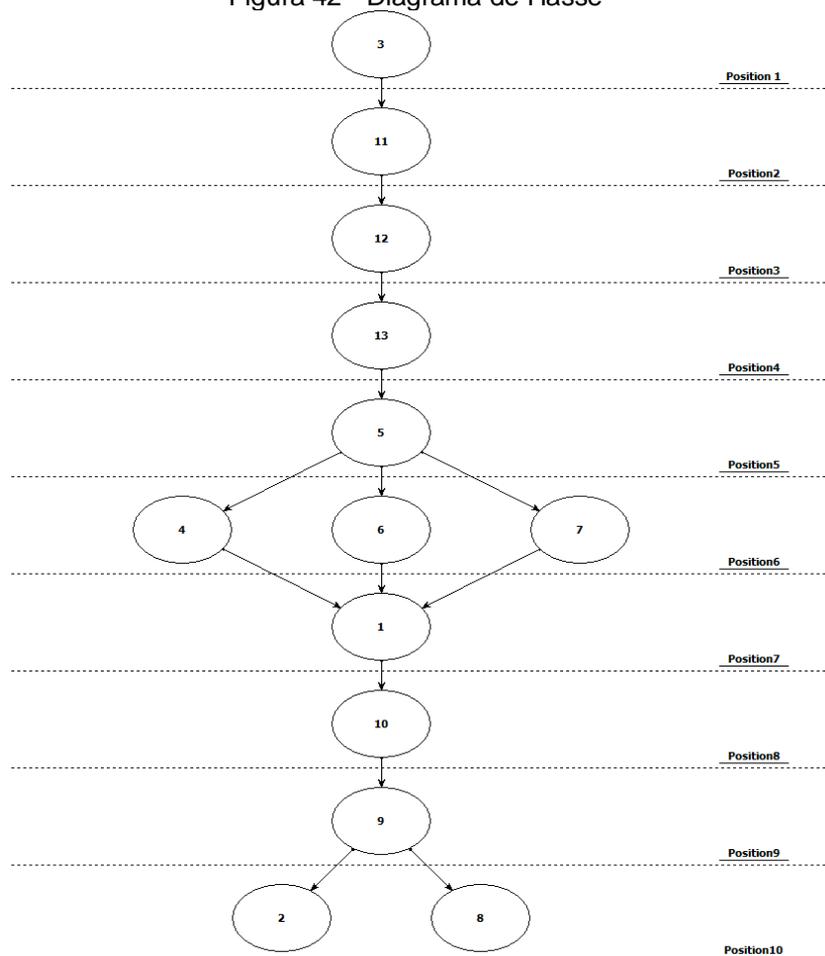
Bar Graph



Fonte: A autora (2022)

Com tais análises feitas, o decisor preferiu concluir o processo uma vez que as 5 posições iniciais no ranking já estavam definidas e as alternativas 4, 6, 7 e as alternativas 2, 8 permaneciam incomparáveis na sexta e última posição, respectivamente, até o dado momento, conforme pode-se observar no Diagrama de Hasse ilustrado na Figura 42.

Figura 42 - Diagrama de Hasse



Fonte: A autora (2022)

Após a obtenção do resultado, realizou-se a análise de sensibilidade contida no SAD, onde se percebeu que as três alternativas iniciais do ranking obtido permaneceram na posição original na maioria das vezes. Dessa forma, a alternativa 3 foi a mais indicada para implementação, tendo em vista que obteve um maior percentual de permanecer na posição original do ranking.

Portanto, o estudo comprova a vantagem obtida com a presença de visualização gráfica no SAD do método FITradeoff, uma vez que oferece flexibilidade ao decisor durante todo o processo de tomada de decisão.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais desse trabalho. São realizadas ainda sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

O estudo desenvolvido pretendeu utilizar a neurociência no processo de tomada de decisão multicritério, objetivando analisar o comportamento do decisor na avaliação holística, para obtenção de *insights* para melhoramento do processo decisório e do SAD do método FITradeoff. Desse modo, foram analisados dados referentes aos movimentos oculares coletados nos experimentos de 2018 a 2020, por meio do uso da ferramenta de neurociência, *Eye-tracking*, e desenvolvidas métricas.

Por meio da investigação das AOI's, a métrica de Tempo de Primeira Fixação mostrou que para o menor tempo, os critérios laterais-esquerdos foram evidenciados. Já para o maior tempo, os critérios laterais-direitos apareceram. Além disso, os últimos critérios fixados foram os critérios da combinação apresentada, ou seja, se a combinação possuía sete critérios, o último critério fixado era o critério sete. Em concordância a esse padrão, a duração da fixação foi maior para os critérios 1 e 2, e menor para os critérios laterais-direitos.

A análise da métrica Previsão de Escolha, não permitiu a observação de padrões quanto a relação entre a duração da fixação e a escolha final dos participantes. O que se pôde melhor supor, foram os dados analisados do Experimento 2019, que possuiu uma taxa de Previsão de Escolha de cinquenta por cento. Ademais, a hipótese precisa de maiores análises, com uma amostra diversa e mais ampla.

Por fim, a análise dos dados pupilares permitiu calcular o pico e a média de dilatação da pupila dos usuários. Os dados referentes ao pico de dilatação da pupila foram maiores na tarefa de eliminação. Somado a isso, os resultados indicaram maiores picos para os gráficos de barras do que nas tabelas, e com pesos iguais. Os maiores picos também se deram em visualizações com combinação de cinco critérios. Diante disso, pode-se supor um maior nível de atenção e processamento cognitivo para esses parâmetros encontrados com maior pico. Com relação aos maiores valores

médios de dilatação da pupila, estes foram registrados na tarefa de eliminação e para visualizações com pesos diferentes. Além do relatado, para todas as combinações de critérios, os gráficos de barras obtiveram maiores valores médios de dilatação da pupila e o maior valor médio também foi registrado para a combinação com quatro critérios.

Os impactos deste trabalho se relacionam com a investigação dos movimentos oculares dentro do Sistema de Apoio a Decisão (SAD) construído para o método FITradeoff. Assim sendo, esse estudo objetiva promover o conhecimento sobre o processo cognitivo dos decisores, com base em movimentos oculares, ao interagir com o SAD do FITradeoff, em especial durante a avaliação holística. Dessa forma, por meio da melhoria do processo decisório com o FITradeoff, esse método pode ser ainda mais aplicado para a resolução de problemas sociais, ambientais e econômicos do nosso país. Diversas aplicações já estão presentes na literatura, em termos sociais e ambientais, por exemplo, tem-se os estudos desenvolvidos por Carrillo *et al.* (2018), o qual usou o método FITradeoff para selecionar melhores tecnologias para o setor agrícola, Monte e Morais (2019), que usaram o método para apoiar a gestão hídrica, da Cunha *et al.* (2020), usaram tal método para ordenação das operações especiais da Polícia Federal do Brasil. Na área da saúde, o método já foi utilizado para avaliar protocolos de triagem do sistema de saúde da cidade de Natal – Brasil (CAMILO *et al.*, 2020). Em estudos na área econômica, Fossile *et al.* (2020) usaram o método para selecionar o melhor tipo de energia renovável para o Brasil, assim como Kang *et al.* (2018) aplicaram o método para avaliar a melhor tecnologia para a geração de energia elétrica. Por fim, em termos industriais, por exemplo, a seleção de fornecedores para indústrias brasileiras foi investigada em Santos *et al.* (2021) e Frej *et al.* (2017).

Portanto, o desenvolvimento do experimento 2020 e dos demais experimentos realizados (2017-2019) contribuiu para o levantamento de hipóteses e questões a serem investigadas em profundidade. Os resultados foram achados necessários e importantes para o desenvolvimento de estudos futuros e melhorados. Além disso, serviram como respostas valiosas para o analista e sua relação com o decisor e para o melhoramento do SAD do FITradeoff.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Com base nos resultados obtidos com a realização das análises somado ao caráter exploratório do estudo, diversas são as sugestões para o desenvolvimento de pesquisas futuras. Inicialmente, pesquisas futuras podem desenvolver experimentos com uma amostra maior, visando a amplitude e confiança dos resultados, podendo ser realizadas análises com as métricas aqui estudadas, objetivando confirmar os padrões obtidos. Além disso, a métrica Previsão de Escolha, que não pôde ser prevista com os dados usados nesses experimentos estudados, podem ser novamente investigadas, podendo também ser investigada a seguinte questão de pesquisa: A primeira alternativa fixada foi a alternativa escolhida pelo decisor? Tocante ao exposto, a questão de pesquisa serviria para comprovar o fato descrito no estudo de Van der Laan *et al.* (2015), em que ressaltam a importância da localização da primeira fixação, tendo em vista sua vantagem inicial no processo de decisão pelo mero efeito de exposição (SIMION; SHIMOJO, 2006). Somado a isso, sugere-se investigar se a alternativa que teve a segunda maior duração da fixação foi escolhida pelo decisor, visando analisar as alternativas em que o decisor mais fixou, se ele estava com dúvida sobre o desempenho das duas alternativas antes de fazer sua escolha final, além de investigar se os decisores terão sua última fixação na alternativa escolhida antes da sua escolha final (KRAJBICH; RANGEL, 2011; KRAJBICH *et al.*, 2012).

Pesquisas futuras podem analisar também se existe diferença nos tempos de fixação quando gráficos e tabelas são analisados. Somado a isso, as visualizações do tipo mista, ou seja, com gráfico e tabelas na mesma tela, que não foram investigadas nesse estudo, poderiam ser analisadas com foco em descobrir qual o tipo de visualização é primeiramente visualizado para esse tipo de visualização. Além disso, investigar se a combinação de gráfico e tabela corroboram para maiores taxas de acerto. Ademais, poderia ser investigado demais combinações de alternativa com critérios.

Outras pesquisas podem ainda investigar o uso do gráfico de barras horizontal, além de visualização por meio de novas formas gráficas, tal como o gráfico de linha. Os efeitos podem ser comparados com os resultados obtidos nos experimentos desse estudo. Outra sugestão seria investigar novas cores para as barras presentes do

gráfico de barras, partindo da premissa de DeSanctis (1984) de que nem sempre as cores possibilitarão a compreensão e a sobrecarga com muitas informações de cores pode recair sobre o decisor no momento de decisão.

Somado às sugestões acima, ressalta-se a importância de se realizar um experimento com as tarefas em ordem inversa, ou seja, tarefa de eliminação sendo a primeira atividade e depois a tarefa de seleção, a fim de investigar se a ordem das tarefas altera os resultados obtidos com relação ao nível de atenção e engajamento encontrados. Ainda no contexto de novos experimentos, sugere-se avaliar as variáveis pessoais e preferenciais dos participantes visando avaliar suas preferências descritas e comparar com as informações obtidas com as ferramentas de neurociência.

Por fim, as pesquisas futuras poderiam usar outras ferramentas de neurociência como o Eletroencefalograma – EEG, por exemplo. Assim, medidas de potência cerebral poderiam ser combinadas aos dados de movimentos oculares para compreensão do comportamento do decisor durante a avaliação holística.

REFERÊNCIAS

- ANNERER-WALCHER, S. *et al.* How Reliably Do Eye Parameters Indicate Internal Versus External Attentional Focus?. **Cognitive Science**, v. 45, n. 4, p. e12977, 2021.
- ARMEL, K. C.; BEAUMEL, A.; RANGEL, A. “Biasing Simple Choices by Manipulating Relative Visual Attention.” **Judgment and Decision Making**, v. 3, n. 5, p. 396–403, 2008.
- BARBOSA, A. A. L.; DE MOURA, J. A.; DE MEDEIROS, D. D. Positioning of design elements on the packaging of frozen convenience food and consumers’ levels of attention: An experiment using pizza boxes. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104044, 2021.
- BEATTY, J. Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. **Psychological Bulletin**, v. 91, p. 276–292, 1982.
- BIALKOVA, S.; VAN TRIJP, H. C. M. An efficient methodology for assessing attention to and effect of nutrition information displayed front-of-pack. **Food Quality and Preference**, v. 22, n. 6, p. 592–601, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.03.010>.
- BRADLEY, M. M. *et al.* The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. **Psychophysiology**, v. 45, n. 4, p. 602-607, 2008.
- BURKE, S. E. *et al.* Task-based cognitive fatigability for older adults and validation of mental fatigability subscore of pittsburgh fatigability scale. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 10, p. 1– 7, 2018. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00327>
- CARRASCO, M. Visual attention: The past 25 years. **Vision research**, v. 51, n. 13, p. 1484-1525, 2011.
- DA SILVA, A. L. C. L. S.; COSTA, A. P. C. S.; DE ALMEIDA, A. T. Exploring cognitive aspects of FITradeoff method using neuroscience tools. **Annals of Operations Research**, p. 1-23, 2021.
- DA SILVA, L. B. L. *et al.* GIS-based multidimensional decision model for enhancing flood risk prioritization in urban areas. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 48, p. 101582, 2020.
- DALMASO, M. *et al.* Microsaccadic rate and pupil size dynamics in pro-/anti-saccade preparation: the impact of intermixed vs. blocked trial administration. **Psychological Research**, 2019. doi:10.1007/s00426-018-01141-7
- DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P. Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. **Central European Journal of Operations Research**, v. 29, n. 1, p. 7-47, 2021.

DE ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C. **Decisão em grupo e negociação: métodos e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2019.

DE ALMEIDA, A. T.; ROSELLI, L. R. P. Visualization for decision support in FITradeoff method: exploring its evaluation with cognitive neuroscience. In: **International Conference on Decision Support System Technology**. Springer, Cham, p. 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 Criteria Weights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, p. 179-191, 2016.

DE ALMEIDA, A. T. *et al.* Multicriteria and Multi-objective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. **International Series in Operations Research & Management Science**, v. 231. New York: Springer, 2015.

DE ALMEIDA, A.T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo. Editora Atlas, 2013.

DELL'OVO, M. *et al.* Multicriteria decision making for healthcare facilities location with visualization based on FITradeoff method. In: **International conference on decision support system technology**. Springer, p. 32-44, 2017.

DESANCTIS, G. Computer Graphics as Decision Aids: Directions for Research. **Decision Sciences**, v. 15, p. 463-487, 1984. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1984.tb01236.x>

DIMOKA, A. *et al.* On the Use of Neurophysiological Tools in IS Research: Developing a Research Agenda for NeuroIS. **MIS Quarterly**, v. 36, n. 3, p. 679–702, 2012.

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

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

EBITZ, R. B.; MOORE, T. Both a gauge and a filter: Cognitive modulations of pupil size. **Frontiers in neurology**, v. 9, p. 1190, 2019.

EDWARDS, W.; BARRON, F.H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. **Organizational behavior and human decision processes**, v. 60, n. 3, p. 306-325, 1994.

FERREIRA, E. B.; ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A.T. Uso do VFT para estruturação de problema de seleção de inversores de sistema de energia solar. In: **LIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO)**. SBPO, 2021 (a).

FERREIRA, E. B.; ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T. Síntese de Análises Oculares em Visualizações Gráficas e Tabulares para Avaliação Holística no FITradeoff. In: **INnovation for Systems Information and Decision meeting**. INSID, 2021 (b).

FIEDLER, S.; GLÖCKNER, A. The dynamics of decision making in risky choice: An eye-tracking analysis. **Frontiers in Psychology**, v. 3, p. 1–18, 2012. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00335>.

FONSECA, Vitor da. Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, v. 31, n. 96, p. 236-253, 2014.

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

FREJ, E. A., EKEL, P., & DE ALMEIDA, A. T. A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. **Information Sciences**, v. 545, p. 487-498, 2021.

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A.T.; COSTA, A. P. C. S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. **Operational Research**, v. 19, p. 909–931, 2019.

FREJ, E. A. *et al.* A multicriteria decision model for supplier selection in a food industry based on FITradeoff method. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 1-9, 2017.

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

GLÖCKNER, A.; HERBOLD, A. K. An eye-tracking study on information processing in risky decisions: Evidence for compensatory strategies based on automatic processes. **Journal of Behavioral Decision Making**, v. 24, n. 1, p. 71–98, 2011. doi:10.1002/bdm.684

GOFMAN, A.; MOSKOWITZ, H.R.; FYRBJORK, J.; MOSKOWITZ, D.; METS, T. Extending rule developing experimentation to perception of food packages with eye tracking. **The Open Food Science Journal**, v. 3, n. 1, p. 66-78, 2009.

GOLDWATER, B. C. Psychological significance of pupillary movements. **Psychological Bulletin**, v. 77, n. 5, p. 340–355, 1972. doi:10.1037/h0032456

GONÇALVES, J. M. S.; DAHER, S. F. D.; MORAIS, D. C. Analysis of GAIA-PROMETHEE visualization using a psychophysiological tool. In: **2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)**. IEEE, 2019. p. 1524-1529, 2019.

GOYAL, S.; MIYAPURAM, K. P.; LAHIRI, U. Predicting consumer's behavior using eye tracking data. In: **2015 Second International Conference on Soft Computing and Machine Intelligence (ISCMI)**. IEEE, 2015. p. 126-129, 2015.

GUO, F. *et al.* Distinguishing and quantifying the visual aesthetics of a product: An integrated approach of eye-tracking and EEG. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.71, p. 47–56, 2019. doi:10.1016/j.ergon.2019.02.006.

GUSMAO, A. P. H.; MEDEIROS, C. P. A model for selecting a strategic information system using the FITradeoff. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2016, 2016.

HESS, E. H.; POLT, J. M. Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. **Science**, v. 143, p. 1190-1192, 1964.

HOPSTAKEN, J. F. *et al.* Shifts in attention during mental fatigue: Evidence from subjective, behavioral, physiological, and eye-tracking data. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 42, n. 6, p. 878– 889, 2016.

HOPSTAKEN, J. F. *et al.* The window of my eyes: Task disengagement and mental fatigue covary with pupil dynamics. **Biological Psychology**, v. 110, p. 100–106, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.06.013>

HU, X.; LODEWIJKS, G. Detecting fatigue in car drivers and aircraft pilots by using non-invasive measures: The value of differentiation of sleepiness and mental fatigue. **Journal of Safety Research**, 2020. doi:10.1016/j.jsr.2019.12.015

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

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

KAHNEMAN, D. **Thinking fast and slow**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2013.

KAHNEMAN, D.; BEATTY, J. Pupil Diameter and Load on Memory. **Science**, v. 154, n. 3756, p. 1583–1585, 1996. doi:10.1126/science.154.3756.1583

KAJAN, R.; HEROUT, A.; BEDNARIK, R.; POVOLNÝ, F. PeepList: Adapting ex-post interaction with pervasive display content using eye tracking. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 30, p. 71–83, 2016. doi:10.1016/j.pmcj.2015.12.004

KANG, T. H. A., FREJ, E. A., & DE ALMEIDA, A. T. Flexible and Interactive Tradeoff Elicitation for Multicriteria Sorting Problems. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 37, n. 5, 2050020, 2020.

KANG, T.; JÚNIOR, A. M. C. S.; DE ALMEIDA, A. T. Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method. **Energy**, v. 165, p. 10-20, 2018.

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

KELLER, G.B; BONHOEFFER, T.; HÜBENER, M. Sensorimotor Mismatch Signals in Primary Visual Cortex of the Behaving Mouse. **Neuron**, v. 74, p. 809–815, 2012.

KNOEPFLE, D. T. *et al.* Studying learning in games using eye-tracking. **Journal of the European Economic Association**, v. 7, n. 2/3, p. 388–398, 2009.

KORHONEN, P.; WALLENIOUS, J. Behavioural Issues in MCDM: Neglected Research Questions. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v.5, n. 3, p. 178–182, 1996.

KRAJBICH, I. *et al.* The attentional drift-diffusion model extends to simple purchasing decisions. **Frontiers in Psychology**, 3, 2012. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00193>

KRAJBICH, I. *et al.* The role of visual attention in the computation and comparison of economic values. **Unpublished manuscript**, Pasadena, 2008.

KRAJBICH, I.; RANGEL, A. Multialternative drift-diffusion model predicts the relationship between visual fixations and choice in value-based decisions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 33, p. 13852–13857, 2011.

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

KUCEWICZ, M. T. *et al.* Pupil size reflects successful encoding and recall of memory in humans. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–7, 2018.

LAENG, B.; VERMEER, O.; SULUTVEDT, U. Is beauty in the face of the beholder?. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. e68395, 2013.

LOEWENFELD, I. E. The Pupil. **Anatomy, Physiology, and Clinical Applications**, University of Iowa Press, 1993.

MARANDI, R. Z. *et al.* An oculometrics-based biofeedback system to impede fatigue development during computer work: A proof-of-concept study. **PLoS One**, v. 14, n. 5, e0213704, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213704>.

MARANDI, R. Z. *et al.* Eye movement characteristics reflected fatigue development in both young and elderly individuals. **Scientific Reports**, v. 8, n.1, p. 1–10, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31577-1>.

- MARANDI, R. Z.; SABZPOUSHAN, S. H. Qualitative modeling of the decision-making process using electrooculography. **Behavior research methods**, v. 47, n. 4, p. 1404-1412, 2015.
- MARTINS, M. A. *et al.* Multicriteria Model Based on FITradeoff Method for Prioritizing Sections of Brazilian Roads by Criticality. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2020, 2020.
- MATHÔT, S. *et al.* Safe and sensible preprocessing and baseline correction of pupil-size data. **Behav Res**, v. 50, p. 94–106, 2018. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-1007-2>
- MATHÔT, S. *et al.* The pupillary light response reflects exogenous attention and inhibition of return. **Journal of Vision**, v. 4, n. 14, p. 7–7, 2014. doi:10.1167/14.14.7
- MATHÔT, S. *et al.* The Pupillary Light Response Reveals the Focus of Covert Visual Attention. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, p. e78168, 2013. doi:10.1371/journal.pone.0078168
- MCGARRIGLE, R. *et al.* Pupillometry reveals changes in physiological arousal during a sustained listening task. **Psychophysiology**, v. 54, n. 2, p. 193–203, 2017. <https://doi.org/10.1111/psyp.12772>
- MEIBNER, M.; DECKER, R. Eye-tracking information processing in choice based conjoint analysis. **International Journal of Market Research**, v. 52, n. 5, p. 591–610, 2010. <http://dx.doi.org/10.2501/s147078531020151x>.
- MEIBNER, M.; MUSALEM, A.; HUBER, J. Eye Tracking Reveals Processes That Enable Conjoint Choices to Become Increasingly Efficient with Practice. **Journal of Marketing Research**, v. 53, n. 1, p. 1–17, 2016. doi:10.1509/jmr.13.0467
- MIETTINEN, K. Survey of methods to visualize alternatives in multiple criteria decision-making problems. **OR Spectr**, v. 36, n. 1, p. 3–37, 2014.
- MIGUEL, C. A. P; FLEURY, A; MELLO, P. H. C; NAKONO, H. D; DE LIMA, P. E; TURRIONI, B. J. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012.
- MONTE, M. B. S.; MORAIS, D. C. A decision model for identifying and solving problems in an urban water supply system. **Water Resources Management**, v. 33, n. 14, p. 4835-4848, 2019.
- MONTGOMERY, D. C. *et al.* **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. Brasil: Grupo Gen-LTC, 2000.
- MUELLER LOOSE, S.; ORQUIN, J. How stimuli presentation format affects visual attention and choice outcomes in choice experiments. **Paper presented at the Australian and New Zealand Marketing Academy Conference**, Adelaide, 2012.

ORQUIN, J. L.; LOOSE, S. M. Attention and choice: A review on eye movements in decision making. **Acta psychologica**, v. 144, n. 1, p. 190-206, 2013. doi:10.1016/j.actpsy.2013.06.003

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

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

PESCHEL, A. O. *et al.* Increasing consumers' attention capture and food choice through bottom-up effects. **Appetite**, 2018. doi:10.1016/j.appet.2018.09.015

PESCHEL, A. O.; ORQUIN, J. L. A review of the findings and theories on surface size effects on visual attention. **Frontiers in Psychology**, 4, 2013. doi:10.3389/fpsyg.2013.00902

PESSOA, M. E. B. T. *et al.* A neuroscience experiment to investigate the selection decision process versus the elimination decision process in the FITradeoff method. In: EWG-DSS 7th International Conference on Decision Support System Technology, 2021, Loughborough, United Kingdom. **2021 International Conference on Decision Support System Technology (ICDSST 2021)**, 2021.

PIRES, W. *et al.* Influence of Emotional Stimuli on Human Pupillary Behavior. **II Latin American Workshop on Computational Neuroscience**. São João del-Rei. September, p. 18-20, 2019.

REUTSKAJA, E. *et al.* Search Dynamics in Consumer Choice under Time Pressure: An Eye-Tracking Study. **American Economic Review**, v. 101, n. 2, p. 900–926, 2011. doi:10.1257/aer.101.2.900

ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T. The use of the success-based decision rule to support the holistic evaluation process in FITradeoff. **International Transactions in Operational Research**, 2021. doi:10.1111/itor.12958

ROSELLI, L. R. P. **Uso de neurociência em decisão para modular métodos de decisão multicritério com visualização gráfica e tabular com aplicações no desenho e análise do FITradeoff**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 263. 2020.

ROSELLI, L. R. P. *et al.* Utility-based multicriteria model for screening patients under the COVID-19 pandemic. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**, v. 2020, 2020.

ROSELLI, L. R. P. *et al.* Neuroscience experiment applied to investigate decision-maker behavior in the tradeoff elicitation procedure. **Annals of Operations Research**, p. 1-18, 2019 (a).

ROSELLI, L. R. P. *et al.* Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. **Operational Research**, v. 19, n. 4, p. 933-953, 2019 (b).

ROSELLI, L. R. P. *et al.* Investigating Graphical Visualization in FITradeoff method with Neuroscience using EEG and Eye-tracker. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUP DECISION AND NEGOTIATION, 19, 2019, Loughborough, UK. **Proceedings** [...]. Loughborough, UK, 2019 (c).

ROSELLI, L. R. P. **Avaliação de Aspectos Comportamentais no desenho e análise do FITradeoff com apoio de Neurociência em Decisão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 102. 2018.

ROSELLI, L. R. P.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System. In: **International Conference on Group Decision and Negotiation**. Springer, Cham, p. 56-69, 2018.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Berlim: Kluwer Academic Publishers, 1996.

SALO, A.A.; HÄMÄLÄINEN, R.P. Preference assessment by imprecise ratio statements. **Operations Research**, v. 40, n. 6, p. 1053-1061, 1992.

SCHLEICHER, R.; GALLEY, N., BRIEST, S.; GALLEY, L. Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired? **Ergonomics**, v. 51, p. 982–1010, 2008.

SHARMA, N.; GEDEON, T. Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 108, n. 3, p. 1287–1301, 2012.

SIMION, C.; SHIMOJO, S. Early interactions between orienting, visual sampling and decision making in facial preference. **Vision Research**, v. 46, n. 20, p. 3331–3335, 2006. doi:10.1016/j.visres.2006.04.019

SLANZI G., BALAZS J., VELÁSQUEZ J. D. Predicting Web user click intention using pupil dilation and electroencephalogram analysis. In: **2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web intelligence (WI)**. IEEE, p. 417-420, 2016.

SMITH, David V.; HUETTEL, Scott A. Decision neuroscience: neuroeconomics. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science**, v. 1, n. 6, p. 854-871, 2010.

SORENSEN, H.S.; CLEMENT, J.; GABRIELSEN, G. Food labels – an exploratory study into label information and what consumers see and understand. **The**

International Review of Retail, Distribution and Consumer Research, v. 22, n. 1, p. 101-114, 2012.

SÜTTERLIN, B.; BRUNNER, T. A.; OPWIS, K. Eye-tracking the cancellation and focus model for preference judgments. **Journal of Experimental Social Psychology**, v. 44, n. 3, p. 904–911, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jesp.2007.09.003>

TOBII MANUAL. **User manual** – Tobii Studio User's. Manual version 3.4.5. 01/2016. Tobii Technology AB. Disponível em: [http:// www.tobii.com](http://www.tobii.com)

TOUBIA, O. *et al.* Measuring consumer preferences using conjoint poker. **Marketing Science**, v. 31, n. 1, p. 138–156, 2012. <http://dx.doi.org/10.1287/mksc.1110.0672>.

TVERSKY, A; KAHNEMAN, D. “Judgment under uncertainty: heuristics and biases”. **Science, New Series**, v.85, n. 4157, p. 1124-1131, 1974.

UNGUREANU, F.; LUPU, R. G.; CADAR, A.; PRODAN, A. Neuromarketing and visual attention study using eye tracking techniques. **2017 21st International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)**. IEEE, p. 553-557, 2017. doi:10.1109/icstcc.2017.8107093

VAN DER LAAN, L. N.; HOOGE, I. T. C.; DE RIDDER, D. T. D.; VIERGEVER, M. A.; SMEETS, P. A. M. Do you like what you see? The role of first fixation and total fixation duration in consumer choice. **Food Quality and Preference**, v. 39, p. 46–55, 2015. doi:10.1016/j.foodqual.2014.06.015

VIDAL, L.; ANTÚNEZ, L.; SAPOLINSKI, A.; GIMÉNEZ, A.; MAICHE, A.; ARES, G. Can eye-tracking techniques overcome a limitation of conjoint analysis? Case study on healthfulness perception of yogurt labels: combination of eye-tracking and conjoint analysis. **Journal of Sensory Studies**, v. 28, n. 5, p. 370-380, 2013.

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

VON WINTERFELDT, D.; EDWARDS, W. **Decision analysis and behavioral research**, 1986.

WHO - World Health Organization. **WHO Director-General's Remarks at the Media Briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020**, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>. Acesso em: 20 set. 2021.

ZHAO, Y *et al.* Does Elicitation Method Matter? Behavioral and Neuroimaging Evidence from Capacity Allocation Game. **Production and Operations Management**, v. 25, n. 5, p. 919-934, 2016.

ZHAO, Y.; SIAU, K. Cognitive neuroscience in information systems research.
Journal of Database Management (JDM), v. 27, n. 1, p. 58-73, 2016.

APÊNDICE A - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2018

GABARITO	CP	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	LU	CP	CP	LU	XY	CP	CP	LU	LU	LU	LU	LU	CP
Participante	4A5 C TD	5A4 C GD	4A4 C TS	5A4 C GS	5A4 C TS	4A3 C TS	4A3 C TD	3A4 C TS	5A4 C TD	4A4 C GD	4A5 C GD	4A3 C GD	3A4 C TD	4A3 C GS	4A5 C TS	4A5 C GS	3A4 C GD	4A4 C TD	3A4 C GS	4A4 C GS	3A5 C MS	4A5 C MS
Usuário 1	LU	LU	XY	XY	XY	LU	CP	LU	LU	CP	LU	CP	XY	LU	CP	CP	XY	LU	LU	LU	LU	CP
Usuário 3	LU	LU	LU	XY	XY	LU	CP	LU	AD	LU	LU	XY	LU	XY	CP	CP	LU	XY	LU	LU	LU	CP
Usuário 4	CP	AD	LU	LU	XY	LU	CP	LU	LU	AD	CP	XY	LU	LU	CP	CP	LU	AD	LU	LU	XY	CP
Usuário 5	XY	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	LU	CP	CP	CP	LU	XY	CP	CP	XY	XY	LU	XY	LU	CP
Usuário 6	LU	LU	CP	RR	XY	XY	XY	XY	AD	LU	LU	CP	XY	LU	CP	LU	LU	CP	XY	LU	LU	CP
Usuário 8	CP	AD	LU	XY	XY	XY	XY	LU	XY	LU	CP	XY	LU	XY	AD	XY	LU	LU	LU	LU	AD	CP
Usuário 9	CP	AD	LU	XY	XY	LU	CP	LU	LU	CP	LU	CP	XY	AD	CP	CP	XY	CP	LU	LU	LU	CP
Usuário 10	XY	AD	XY	XY	XY	XY	AD	LU	AD	CP	LU	AD	XY	XY	CP	CP	XY	CP	LU	LU	LU	CP
Usuário 11	CP	XY	CP	XY	XY	LU	CP	LU	AD	CP	LU	CP	LU	LU	CP	CP	AD	AD	LU	LU	LU	LU
Usuário 12	CP	AD	LU	XY	XY	LU	CP	LU	AD	AD	LU	CP	XY	AD	CP	CP	LU	AD	LU	XY	LU	CP
Usuário 13	LU	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	AD	CP	CP	XY	LU	CP	CP	XY	CP	LU	LU	LU	CP
Usuário 14	CP	AD	XY	XY	XY	LU	CP	LU	AD	CP	LU	CP	LU	LU	CP	LU	LU	AD	LU	LU	XY	LU
Usuário 15	LU	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	AD	CP	CP	LU	LU	CP	CP	LU	LU	LU	LU	LU	CP
Usuário 16	XY	AD	AD	XY	XY	XY	XY	LU	AD	AD	XY	CP	LU	AD	CP	CP	LU	LU	LU	CP	LU	CP
Usuário 17	CP	CP	CP	XY	XY	LU	XY	AD	LU	AD	CP	LU	LU	XY	AD	AD	LU	CP	LU	LU	XY	LU
Usuário 18	LU	LU	XY	LU	LU	AD	CP	LU	AD	CP	CP	AD	AD	LU	CP	LU	AD	CP	LU	LU	AD	CP
Usuário 19	LU	AD	LU	XY	XY	LU	CP	LU	AD	CP	CP	CP	XY	LU	CP	CP	AD	LU	LU	XY	XY	CP
Usuário 20	LU	LU	LU	LU	LU	AD	XY	LU	XY	XY	CP	CP	LU	AD	XY	CP	LU	AD	LU	LU	XY	CP
Usuário 21	LU	AD	XY	XY	LU	XY	CP	LU	XY	CP	XY	AD	LU	XY	CP	CP	AD	LU	LU	XY	XY	LU
Usuário 22	CP	AD	LU	XY	LU	AD	XY	LU	LU	CP	XY	AD	LU	LU	LU	CP	XY	LU	LU	XY	XY	CP
Usuário 23	CP	AD	LU	XY	XY	CP	CP	LU	AD	AD	LU	AD	XY	XY	CP	LU	XY	CP	LU	LU	LU	CP

GABARITO	CP	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	LU	CP	CP	LU	XY	CP	CP	LU	LU	LU	LU	LU	CP
Participant e	4A5 C TD	5A4 C GD	4A4 C TS	5A4 C GS	5A4 C TS	4A3 C TS	4A3 C TD	3A4 C TS	5A4 C TD	4A4 C GD	4A5 C GD	4A3 C GD	3A4 C TD	4A3 C GS	4A5 C TS	4A5 C GS	3A4 C GD	4A4 C TD	3A4 C GS	4A4 C GS	3A5 C MS	4A5 C MS
Usuário 24	CP	AD	XY	LU	LU	LU	CP	LU	AD	AD	CP	XY	LU	LU	CP	CP	LU	AD	LU	LU	XY	CP
Usuário 25	CP	AD	LU	LU	LU	LU	XY	LU	XY	AD	CP	CP	XY	XY	CP	CP	XY	AD	LU	LU	AD	CP
Usuário 26	CP	AD	XY	LU	LU	LU	CP	LU	AD	AD	CP	XY	LU	LU	CP	CP	LU	AD	LU	XY	XY	CP
Usuário 27	LU	LU	XY	XY	XY	XY	CP	LU	AD	CP	LU	CP	LU	XY	CP	CP	XY	CP	LU	XY	LU	LU
Usuário 28	AD	AD	CP	LU	AD	CP	CP	LU	LU	AD	AD	CP	AD	AD	LU	CP	XY	XY	LU	XY	AD	LU
Usuário 29	CP	AD	XY	XY	XY	LU	XY	LU	XY	LU	LU	CP	AD	XY	CP	CP	LU	AD	LU	LU	LU	CP
Usuário 30	LU	LU	LU	LU	XY	LU	CP	LU	AD	XY	CP	CP	XY	LU	CP	CP	XY	CP	LU	LU	LU	CP
Usuário 31	LU	AD	XY	XY	XY	XY	AD	LU	AD	CP	LU	AD	AD	AD	CP	CP	AD	CP	LU	CP	LU	CP
Usuário 32	CP	AD	LU	XY	LU	XY	LU	AD	LU	CP	CP	AD	XY	AD	CP	CP	AD	CP	AD	CP	LU	LU
Usuário 33	CP	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	LU	LU	CP	XY	LU	CP	CP	AD	XY	LU	LU	LU	CP
Usuário 34	LU	AD	XY	XY	XY	XY	LU	LU	XY	LU	CP	CP	XY	LU	CP	CP	LU	AD	LU	LU	LU	LU
Usuário 35	CP	AD	LU	XY	XY	LU	CP	LU	LU	CP	CP	XY	XY	LU	CP	CP	XY	AD	LU	XY	LU	XY
Usuário 36	LU	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	CP	CP	CP	XY	LU	CP	CP	XY	AD	LU	LU	LU	CP
Usuário 37	LU	AD	LU	XY	XY	LU	XY	LU	AD	AD	LU	XY	XY	XY	CP	CP	XY	AD	LU	LU	LU	CP
Usuário 38	LU	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	CP	LU	CP	XY	XY	CP	CP	LU	CP	LU	LU	LU	CP
Usuário 39	CP	LU	LU	XY	XY	LU	CP	LU	AD	AD	CP	CP	AD	LU	CP	CP	LU	LU	LU	LU	LU	CP
Usuário 40	LU	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	AD	CP	CP	LU	XY	CP	CP	LU	AD	LU	LU	LU	LU
Usuário 41	LU	LU	CP	LU	LU	AD	CP	LU	AD	LU	LU	AD	XY	LU	CP	CP	XY	CP	LU	LU	LU	CP
Usuário 42	XY	AD	XY	XY	XY	XY	CP	LU	AD	AD	CP	CP	LU	AD	CP	AD	LU	AD	LU	CP	LU	LU
Usuário 43	CP	LU	LU	RR	XY	LU	AD	LU	XY	CP	LU	LU	LU	LU	XY	CP	LU	AD	LU	CP	LU	CP
Usuário 44	CP	XY)	XY	LU	LU	LU	CP	LU	LU	CP	CP	LU	XY	LU	CP	CP	XY	LU	LU	LU	LU	CP
Usuário 45	CP	AD	XY	XY	XY	LU	CP	LU	LU	CP	LU	CP	LU	LU	CP	AD	XY	CP	LU	LU	XY	CP

GABARITO	CP	AD	LU	XY	XY	XY	CP	LU	AD	LU	CP	CP	LU	XY	CP	CP	LU	LU	LU	LU	LU	CP
Participant e	4A5 C TD	5A4 C GD	4A4 C TS	5A4 C GS	5A4 C TS	4A3 C TS	4A3 C TD	3A4 C TS	5A4 C TD	4A4 C GD	4A5 C GD	4A3 C GD	3A4 C TD	4A3 C GS	4A5 C TS	4A5 C GS	3A4 C GD	4A4 C TD	3A4 C GS	4A4 C GS	3A5 C MS	4A5 C MS
Usuário 46	CP	AD	LU	XY	XY	LU	XY	LU	LU	AD	CP	CP	LU	LU	CP	CP	LU	AD	LU	LU	XY	CP
Usuário 47	CP	AD	XY	XY	XY	XY	XY	LU	AD	CP	CP	XY	LU	AD	AD	CP	AD	XY	LU	LU	LU	LU
Usuário 48	CP	AD	LU	XY	XY	AD	CP	LU	AD	XY	LU	CP	AD	AD	CP	CP	AD	AD	LU	CP	LU	LU
Usuário 49	CP	XY	LU	CP	LU	AD	XY	AD	XY	AD	CP	CP	LU	LU	XY	LU	LU	LU	LU	LU	XY	CP
Usuário 50	AD	XY	CP	XY	LU	CP	CP	XY	RR	XY	AD	LU	LU	LU	LU	LU	LU	CP	LU	XY	XY	CP
Usuário 51	XY	LU	LU	XY	XY	XY	XY	LU	LU	AD	LU	CP	LU	LU	CP	CP	XY	AD	AD	LU	LU	CP
Usuário 52	LU	AD	CP	XY	XY	XY	XY	AD	LU	CP	LU	XY	XY	XY	CP	AD	XY	AD	LU	LU	AD	LU

APÊNDICE B - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2019

GABARITO	C	B	A	E	A	A	D	A	A	C	B	A	A	A	A	C	A	B	C	B	B	B
Participante	4A5 C BD	2A5 C BD	2A7 C RS	5A4 C BD	2A6 C TD	2A7 C BS	4A3 C BS	2A4 C RD	2A6 C RD	3A4 C BD	2A5 C TD	2A7 C TS	3A5 C MS	2A4 C TD	2A6 C BD	4A5 C MD	2A4 C BD	2A7 C BD	3A5 C MD	2A7 C RD	2A7 C TD	2A5 C RD
Usuário 1	B	B	B	C	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	B	C	A	B	C	B	B	B
Usuário 2	B	B	A	C	B	A	B	B	B	A	A	B	A	B	B	C	A	B	A	B	B	B
Usuário 3	C	B	A	C	A	A	D	A	A	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	B
Usuário 4	C	B	A	C	B	A	B	A	B	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A	B	B	B
Usuário 5	B	B	A	C	A	A	B	A	A	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	B	A	B
Usuário 6	B	B	A	C	A	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A
Usuário 7	C	B	A	C	B	A	B	A	B	C	B	A	A	A	B	C	A	B	C	A	A	B
Usuário 8	C	B	A	C	B	A	B	A	B	A	B	B	A	B	A	C	A	B	A	B	B	B
Usuário 9	B	B	A	B	A	A	B	A	A	C	B	B	C	B	A	C	A	A	A	A	A	B
Usuário 10	C	B	A	C	A	A	B	B	A	B	B	A	B	A	A	C	B	A	A	A	A	B
Usuário 11	B	B	A	C	A	A	D	A	A	A	B	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A	B
Usuário 12	C	B	A	C	A	B	D	A	B	C	B	B	A	B	B	D	A	A	C	A	A	B
Usuário 13	A	B	B	C	A	B	A	A	A	B	B	A	A	A	A	C	A	B	A	A	A	B
Usuário 14	C	A	B	C	B	A	D	B	A	B	B	A	A	B	A	D	A	A	A	B	A	A
Usuário 15	C	B	B	C	A	A	B	A	A	B	B	A	A	A	A	C	A	B	A	A	B	B
Usuário 16	B	B	A	C	A	A	A	B	B	B	B	A	C	B	A	C	A	A	A	A	A	B
Usuário 17	C	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	B	C	A	B	D	A	A	A	A	A	B
Usuário 19	C	B	A	C	A	A	D	A	A	B	B	B	B	A	A	C	A	A	A	B	A	B
Usuário 20	C	B	A	C	B	A	D	A	B	C	B	B	C	B	B	C	A	A	C	B	A	A
Usuário 21	C	A	B	B	B	B	D	B	B	C	B	A	A	A	B	C	B	B	C	B	B	B
Usuário 22	A	A	B	D	B	A	C	B	B	C	B	B	A	B	B	C	B	B	C	B	B	B

GABARITO	C	B	A	E	A	A	D	A	A	C	B	A	A	A	A	C	A	B	C	B	B	B	
Participant e	4A5 C BD	2A5 C BD	2A7 C RS	5A4 C BD	2A6 C TD	2A7 C BS	4A3 C BS	2A4 C RD	2A6 C RD	3A4 C BD	2A5 C TD	2A7 C TS	3A5 C MS	2A4 C TD	2A6 C BD	4A5 C MD	2A4 C BD	2A7 C BD	3A5 C MD	2A7 C RD	2A7 C TD	2A5 C RD	
Usuário 23	C	B	A	C	A	A	D	B	B	C	B	A	A	A	A	D	A	B	C	A	B	B	
Usuário 24	C	B	A	C	A	B	A	B	B	B	B	B	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 25	B	B	A	C	B	A	D	A	B	A	B	A	A	B	B	C	A	A	C	A	A	A	B
Usuário 26	C	B	B	E	B	A	B	B	B	C	B	B	C	B	B	D	B	B	C	B	B	B	A
Usuário 27	C	B	A	C	A	A	B	B	A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	A	B	A	A	A
Usuário 28	C	B	A	C	B	A	D	B	B	B	B	A	A	A	B	C	B	A	C	B	B	B	B
Usuário 30	B	B	A	C	A	A	B	A	A	C	B	A	C	B	A	C	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 31	A	B	A	C	B	A	B	B	B	C	B	A	C	B	A	D	B	A	B	A	A	A	B
Usuário 32	B	B	A	C	B	A	A	B	A	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	B	A	A	B
Usuário 33	B	B	A	B	A	A	C	B	A	C	B	A	A	B	B	D	B	B	C	B	B	B	A
Usuário 34	B	B	A	C	A	A	B	A	A	C	B	A	A	B	A	C	A	A	A	B	B	B	B
Usuário 36	C	B	A	C	A	A	D	B	B	C	B	A	C	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A
Usuário 37	B	B	A	C	B	A	D	B	B	B	B	A	C	A	B	C	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 38	B	B	A	C	B	A	D	A	B	A	B	A	B	B	B	C	A	B	C	B	B	B	B
Usuário 39	C	B	A	C	B	A	B	B	B	A	B	A	A	A	B	C	A	A	A	B	B	B	B
Usuário 41	B	B	B	C	A	A	D	B	A	B	B	B	A	A	A	C	A	B	A	A	A	A	B
Usuário 42	B	B	B	C	B	A	B	A	A	C	B	A	C	B	B	C	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 43	B	B	A	C	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 44	C	B	A	C	A	A	B	B	B	B	B	A	C	B	A	C	A	A	C	A	A	A	B

GABARITO	C	B	A	E	A	A	D	A	A	C	B	A	A	A	A	C	A	B	C	B	B	B
Participant e	4A5 C BD	2A5 C BD	2A7 C RS	5A4 C BD	2A6 C TD	2A7 C BS	4A3 C BS	2A4 C RD	2A6 C RD	3A4 C BD	2A5 C TD	2A7 C TS	3A5 C MS	2A4 C TD	2A6 C BD	4A5 C MD	2A4 C BD	2A7 C BD	3A5 C MD	2A7 C RD	2A7 C TD	2A5 C RD
Usuário 45	B	B	A	C	A	A	B	A	A	C	B	A	C	B	A	D	A	A	A	A	A	B
Usuário 46	C	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	B	A	B	A	A	B
Usuário 47	C	B	A	C	B	A	B	A	B	C	B	A	C	B	B	C	B	A	C	B	B	B
Usuário 48	A	B	A	C	A	A	D	A	A	B	B	A	A	A	B	C	A	B	A	B	A	B
Usuário 49	C	B	B	C	B	A	D	A	A	C	B	B	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A
Usuário 50	B	B	A	C	A	A	B	A	A	C	B	A	A	A	A	D	A	A	A	B	A	B
Usuário 51	B	B	A	C	B	A	D	A	B	A	B	B	A	B	B	C	A	B	C	A	A	A
Usuário 52	A	B	A	C	B	A	D	B	B	A	B	A	C	A	A	A	B	B	A	B	A	B
Usuário 53	C	B	A	C	A	A	A	A	A	C	B	A	C	A	A	C	A	A	C	A	A	B
Usuário 54	C	B	A	C	B	A	D	A	B	C	B	A	C	B	B	D	B	A	C	A	A	B
Usuário 55	A	B	B	C	B	A	A	B	B	B	B	A	C	B	B	C	A	A	B	A	B	B
Usuário 56	A	B	A	A	B	A	C	A	B	B	B	B	A	A	A	D	B	A	C	B	A	B
Usuário 57	C	A	B	C	B	A	D	B	B	C	B	A	A	A	A	C	A	B	A	B	B	B
Usuário 58	C	B	A	B	B	A	B	B	B	C	B	A	C	B	B	A	B	A	C	A	A	A
Usuário 59	C	B	A	C	A	A	D	B	A	A	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Usuário 60	C	B	A	C	B	A	A	A	B	A	B	A	A	A	B	D	B	B	C	A	A	B
Usuário 61	B	B	A	C	A	A	D	A	A	B	B	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	B
Usuário 63	A	A	A	C	B	A	B	B	B	C	B	A	A	A	B	C	A	A	C	B	A	B
Usuário 64	B	B	B	C	A	A	D	A	A	B	B	A	C	A	B	C	A	A	A	B	A	B
Usuário 65	C	B	A	B	B	A	B	B	A	A	B	A	B	A	A	C	A	A	A	B	A	B
Usuário 66	C	B	A	C	B	A	D	B	B	C	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 67	C	B	A	C	A	A	D	A	B	C	A	A	A	A	A	D	A	A	C	A	A	A

GABARITO	C	B	A	E	A	A	D	A	A	C	B	A	A	A	A	C	A	B	C	B	B	B
Participant e	4A5 C BD	2A5 C BD	2A7 C RS	5A4 C BD	2A6 C TD	2A7 C BS	4A3 C BS	2A4 C RD	2A6 C RD	3A4 C BD	2A5 C TD	2A7 C TS	3A5 C MS	2A4 C TD	2A6 C BD	4A5 C MD	2A4 C BD	2A7 C BD	3A5 C MD	2A7 C RD	2A7 C TD	2A5 C RD
Usuário 68	B	A	A	C	B	A	D	A	B	C	B	A	A	A	A	C	A	B	A	A	A	B
Usuário 69	B	B	A	B	B	A	D	B	B	C	A	A	C	B	A	B	A	B	A	A	A	A
Usuário 70	C	B	A	B	A	A	B	B	B	C	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B
Usuário 71	C	B	A	C	B	A	B	B	B	A	B	A	A	B	B	A	A	A	C	B	B	B
Usuário 72	C	B	A	C	A	A	B	B	B	B	A	A	C	A	B	C	B	A	A	A	A	B
Usuário 73	C	B	A	C	A	A	D	A	A	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	B	A	B
Usuário 74	D	B	A	C	B	A	D	A	A	A	B	B	C	B	B	C	A	B	A	B	B	A
Usuário 75	B	B	B	B	B	A	B	A	B	C	B	A	C	A	A	A	A	A	A	B	A	B
Usuário 76	B	B	A	C	A	A	B	A	A	B	B	A	C	A	A	C	A	B	C	B	A	B
Usuário 77	A	B	A	C	B	A	B	B	B	C	B	A	A	B	B	C	B	B	C	B	B	A

APÊNDICE C - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2020 (TAREFA SELEÇÃO)

GABARITO	C	A	B	B	A	B	C	B	C	A	A	C
Participante	3A7C_TD_SEL	3A4C_TS_SEL	3A5C_BS_SEL	3A5C_BD_SEL	3A7C_TS_SEL	3A4C_TD_SEL	3A4C_BD_SEL	3A5C_TD_SEL	3A4C_BS_SEL	3A5C_TS_SEL	3A7C_BD_SEL	3A7C_BS_SEL
Usuário 1	A	A	B	A	A	A	C	A	A	B	A	C
Usuário 2	B	C	B	B	C	B	C	C	C	A	A	C
Usuário 3	C	A	B	B	A	B	C	B	B	B	A	B
Usuário 4	B	B	C	B	A	C	C	B	A	B	B	B
Usuário 5	C	C	B	B	A	C	C	C	C	A	A	C
Usuário 6	A	A	B	B	C	B	C	B	B	B	A	C
Usuário 7	C	C	B	B	C	C	A	B	C	B	A	B
Usuário 8	C	A	C	B	A	C	C	B	A	B	C	A
Usuário 9	A	A	B	B	C	B	A	B	B	B	A	B
Usuário 10	C	C	B	B	A	B	C	B	C	A	A	B
Usuário 11	C	A	B	C	A	C	B	B	A	B	A	C
Usuário 12	C	B	B	B	C	B	C	B	C	A	A	B
Usuário 13	B	C	B	B	A	A	C	C	C	A	A	A
Usuário 14	B	A	B	B	A	B	C	B	B	B	B	B
Usuário 15	B	C	C	C	A	B	A	B	B	B	A	B
Usuário 16	C	C	B	A	B	C	C	B	B	A	A	C
Usuário 17	B	C	B	B	A	B	C	B	B	A	A	B
Usuário 18	B	C	C	B	A	A	C	B	B	B	B	C
Usuário 19	B	A	A	B	B	B	B	A	B	A	C	C
Usuário 20	C	C	C	B	B	A	C	B	B	B	A	B

GABARITO	C	A	B	B	A	B	C	B	C	A	A	C
Participante	3A7C_TD_SEL	3A4C_TS_SEL	3A5C_BS_SEL	3A5C_BD_SEL	3A7C_TS_SEL	3A4C_TD_SEL	3A4C_BD_SEL	3A5C_TD_SEL	3A4C_BS_SEL	3A5C_TS_SEL	3A7C_BD_SEL	3A7C_BS_SEL
Usuário 21	C	C	B	B	A	B	C	B	C	A	B	B
Usuário 22	C	C	B	B	A	B	C	B	B	B	A	B
Usuário 23	A	A	B	C	A	B	A	A	C	B	A	C
Usuário 24	C	B	C	A	C	C	C	B	C	A	A	C
Usuário 25	C	C	B	B	A	B	C	B	C	A	A	C
Usuário 26	A	B	B	B	A	B	B	B	B	A	A	C
Usuário 27	C	A	B	B	A	B	C	B	C	B	A	B
Usuário 28	A	A	B	C	A	C	A	B	C	B	A	A
Usuário 29	C	A	B	B	A	B	C	B	C	B	A	C
Usuário 30	A	A	C	B	A	A	C	B	B	B	A	B
Usuário 31	B	C	B	B	A	B	C	B	C	B	A	C
Usuário 32	C	B	B	B	C	B	C	B	C	A	A	B
Usuário 33	C	C	B	B	A	B	C	B	C	B	B	C
Usuário 34	C	A	C	A	B	C	C	A	C	A	C	B
Usuário 35	A	C	B	C	A	B	A	B	B	B	A	C
Usuário 36	A	A	C	B	A	B	A	B	C	B	A	B
Usuário 37	A	C	B	A	A	B	C	C	C	C	A	B
Usuário 38	B	B	B	B	A	B	C	B	C	A	A	C
Usuário 39	C	C	B	B	A	B	A	B	B	C	A	B
Usuário 40	A	A	C	C	A	C	A	A	C	B	A	B
Usuário 41	C	C	C	B	A	B	C	B	B	B	A	B
Usuário 42	B	C	B	B	A	C	C	B	B	B	A	B

GABARITO	C	A	B	B	A	B	C	B	C	A	A	C
Participante	3A7C_TD_SEL	3A4C_TS_SEL	3A5C_BS_SEL	3A5C_BD_SEL	3A7C_TS_SEL	3A4C_TD_SEL	3A4C_BD_SEL	3A5C_TD_SEL	3A4C_BS_SEL	3A5C_TS_SEL	3A7C_BD_SEL	3A7C_BS_SEL
Usuário 43	B	C	B	B	A	B	C	B	C	A	A	C
Usuário 44	C	C	B	B	A	B	C	B	B	A	A	B
Usuário 45	A	C	B	C	C	B	B	B	B	B	A	B
Usuário 46	A	A	C	A	C	B	A	B	C	B	A	C

APÊNDICE D - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES PARA O EXPERIMENTO 2020 (TAREFA ELIMINAÇÃO)

GABARITO	B	A	B	C	A	B	A	A	B	C	B	B
Participante	3A7C_TD _ELIM	3A4C_TS _ELIM	3A5C_BS _ELIM	3A5C_BD _ELIM	3A7C_TS _ELIM	3A4C_TD _ELIM	3A4C_BD _ELIM	3A5C_TD _ELIM	3A4C_BS _ELIM	3A5C_TS _ELIM	3A7C_BD _ELIM	3A7C_BS _ELIM
Usuário 1	A	C	B	A	B	B	B	A	B	C	B	B
Usuário 2	B	A	B	C	C	B	A	A	A	C	B	B
Usuário 3	B	C	A	B	A	A	B	A	B	C	B	B
Usuário 4	A	C	B	B	A	B	B	A	B	A	A	B
Usuário 5	B	C	B	C	B	A	A	A	B	C	A	B
Usuário 6	A	A	B	C	C	A	C	A	B	B	B	B
Usuário 7	B	A	A	B	C	A	B	B	C	C	C	B
Usuário 8	A	B	C	C	B	B	B	B	B	C	C	B
Usuário 9	B	C	B	B	C	B	B	A	B	C	B	B
Usuário 10	B	C	B	C	C	B	A	A	B	C	C	B
Usuário 11	B	C	B	C	A	B	A	A	B	B	B	B
Usuário 12	B	A	B	C	C	A	B	A	B	C	B	B
Usuário 13	B	A	A	C	C	A	A	A	C	C	C	B
Usuário 14	B	A	A	C	C	B	B	A	B	C	B	B
Usuário 15	B	C	B	A	A	C	B	A	C	A	B	A
Usuário 16	B	A	B	C	A	B	A	A	B	B	B	B
Usuário 17	B	A	A	C	C	A	A	A	A	C	C	B
Usuário 18	B	A	A	C	B	B	A	A	A	C	B	A
Usuário 19	A	C	C	A	B	C	C	B	C	A	B	C
Usuário 20	B	A	C	C	C	A	B	A	B	C	B	B

GABARITO	B	A	B	C	A	B	A	A	B	C	B	B
Participante	3A7C_TD _ELIM	3A4C_TS _ELIM	3A5C_BS _ELIM	3A5C_BD _ELIM	3A7C_TS _ELIM	3A4C_TD _ELIM	3A4C_BD _ELIM	3A5C_TD _ELIM	3A4C_BS _ELIM	3A5C_TS _ELIM	3A7C_BD _ELIM	3A7C_BS _ELIM
Usuário 21	B	C	B	C	C	C	A	A	B	C	B	A
Usuário 22	B	A	A	C	C	A	A	A	C	C	B	B
Usuário 23	C	C	B	A	A	A	B	A	B	B	B	B
Usuário 24	B	A	B	C	C	B	C	A	B	C	B	B
Usuário 25	B	C	B	C	A	A	A	A	B	C	B	A
Usuário 26	B	A	B	C	C	B	A	A	B	C	A	B
Usuário 27	B	C	B	B	C	A	A	C	B	C	B	B
Usuário 28	B	C	B	C	A	C	C	A	C	B	B	A
Usuário 29	B	A	A	C	C	B	B	A	B	A	B	B
Usuário 30	B	B	B	C	C	B	B	A	C	C	B	C
Usuário 31	B	A	A	C	C	B	B	A	B	C	B	B
Usuário 32	B	A	B	C	C	B	A	A	C	C	C	C
Usuário 33	B	A	B	B	C	B	A	A	B	B	C	C
Usuário 34	A	C	B	C	B	C	C	C	C	C	C	C
Usuário 35	C	C	A	A	A	A	B	A	B	A	B	B
Usuário 36	C	A	B	A	C	A	B	A	B	B	B	B
Usuário 37	B	A	B	C	A	B	A	A	A	C	B	C
Usuário 38	B	A	B	B	C	B	A	A	B	C	C	A
Usuário 39	B	A	A	C	A	B	A	A	B	C	B	B
Usuário 40	B	C	B	A	A	C	B	A	C	A	A	C
Usuário 41	A	C	B	C	B	B	A	A	A	A	B	B
Usuário 42	B	A	A	C	C	A	B	A	B	C	B	B

GABARITO	B	A	B	C	A	B	A	A	B	C	B	B
Participante	3A7C_TD _ELIM	3A4C_TS _ELIM	3A5C_BS _ELIM	3A5C_BD _ELIM	3A7C_TS _ELIM	3A4C_TD _ELIM	3A4C_BD _ELIM	3A5C_TD _ELIM	3A4C_BS _ELIM	3A5C_TS _ELIM	3A7C_BD _ELIM	3A7C_BS _ELIM
Usuário 43	B	A	A	C	C	B	A	A	B	C	C	C
Usuário 44	B	C	B	C	A	B	B	A	C	C	B	B
Usuário 45	A	C	A	A	A	A	B	A	B	B	B	B
Usuário 46	C	A	B	B	B	B	B	C	C	B	A	A