

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO – “Professor de Souza Herdy”

UNIGRANRIO - ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Lucas Machado Ramos

Nathália Sousa da Silva

**APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO FITRADEOFF PARA ESCOLHA DE
UM NAVIO ESCOLTA PARA A MARINHA DO BRASIL**

Duque de Caxias - RJ

2020

Lucas Machado Ramos

Nathália Sousa da Silva

**APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO FITRADEOFF PARA ESCOLHA DE
UM NAVIO ESCOLTA PARA A MARINHA DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcos dos Santos

Duque de Caxias - RJ

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UNIGRANRIO - NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECAS

R175a Ramos, Lucas Machado.

Aplicação do método multicritério *FITradeoff* para escolha de um navio escolta para a Marinha do Brasil / Lucas Machado Ramos, Nathália Sousa da Silva. – Duque de Caxias, 2020.
61 f. : il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Escola de Ciência e Tecnologia, 2020.
“Orientador: Prof. Dr. Marcos dos Santos”.
Referências: f. 55-61.

1. Engenharia de produção. 2. Logística. 3. Brasil. Marinha. 4. Construção naval. I. Silva, Nathália Sousa da. II. Santos, Marcos dos. III. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”. IV. Título.

CDD - 658.5

AGRADECIMENTOS

Lucas

Agradeço a Deus pela paciência e persistência que tem me dado para lidar com as adversidades da vida acadêmica e profissional.

Agradeço aos meus pais por estarem sempre ao meu lado.

Agradeço ao amor da minha vida, por estar sempre nos meus momentos mais importantes, me auxiliando e me dando força para acreditar e lutar por um futuro melhor.

E finalmente, agradeço a minha dupla Nathália e ao nosso orientador Marcos dos Santos por todo apoio, disponibilidade, paciência e dedicação na realização desta monografia.

Nathália

Primeiramente agradeço a Deus, por me permitir chegar até esse momento e me capacitar em cada etapa.

À minha família. Meus pais, Samuel e Maria Aparecida, por me ensinarem o valor da educação, por me apoiarem, e proporcionar toda a estrutura necessária para chegar até este momento, por todo amor e carinho.

Ao meu esposo, Luan Ribeiro, por todo amor e paciência nos finais de semana em que tive dedicação exclusiva ao projeto, pelo seu companheirismo e atenção nos momentos de necessidade e por todos os seus conselhos e auxílios nos estudos. Foram muitos os finais de semana onde nós estudamos juntos, lado a lado. Que momentos como estes possam continuar acontecendo, pois é sinal de parceria.

Ao nosso orientador, Marcos dos Santos, por estar sempre a postos e sempre receptivo no esclarecimento de dúvidas no decorrer de todo o projeto. Pela paciência e presteza além de seu dever. Por acreditar no nosso potencial até o fim, sou muito grata.

A minha dupla, Lucas Machado, por toda paciência e dedicação durante esse um ano escrevendo e reescrevendo nossa monografia.

RESUMO

Este estudo de caso tem como objetivo fundamentar a escolha de um navio escolta para Marinha do Brasil, prevendo preencher a lacuna deixada entre a desativação dos navios atuais, que se encontram próximos do fim da vida útil, e a entrada em serviço dos novos navios, através dos seguintes critérios: comprimento, comprimento em linha d'água, boca em linha d'água, calado, deslocamento, velocidade máxima, raio de ação, propulsão, tripulação, artilharias, armamento anti-aéreo, armamento anti-superfície, armamento anti-submarino e aeronaves. O método multicritério FITradeoff é analisado e utilizado em uma aplicação numérica. A flexibilidade e a interatividade do FITradeoff são analisadas na escolha da alternativa, que, neste caso, acontece sem estabelecimento preciso dos pesos dos critérios, reduzindo o esforço cognitivo do decisor e evitando inconsistências que podem comprometer a decisão. Por fim, dentro de oito alternativas, a alternativa mais adequada foi a fragata DDG-51.

Palavras-chave: Marinha do Brasil; Fragata; Multicritério; FITradeoff

ABSTRACT

This case study aims to substantiate the choice of an escort ship for the Brazilian Navy, aiming to fill the gap left between the deactivation of the current ships, which are near the end of their useful life, and the entry into service of the new ships, through the following criteria: length, length in waterline, mouth in waterline, draft, displacement, maximum speed, range, propulsion, crew, artillery, anti-aircraft weaponry, anti-surface weaponry, anti-weaponry submarine and aircraft. The FITradeoff multicriteria method is analyzed and used in a numerical application. FITradeoff's flexibility and interactivity are analyzed in the choice of the alternative, which, in this case, happens without precise establishment of the criteria weights, reducing the cognitive effort of the decision maker and avoiding inconsistencies that can compromise the decision. Finally, within eight alternatives, the most suitable alternative was the frigate DDG-51.

Keywords: Brazilian Navy; Frigate; Multicriteria; FITradeoff

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fragata Classe Niterói	13
Figura 2 - Fragata Classe Greenhalgh	14
Figura 3 - Etapas para a resolução de problemas usando a PO	25
Figura 4 – Exemplo de aplicação do SODA	37
Figura 5 – Representação dos sete estágios do SSM	38
Figura 6 – Critérios e opções de compra de navios escolta disponíveis	44
Figura 7 – Figura rica	48
Figura 8: Gráfico de barras sem o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios	51
Figura 9: Gráfico de bolhas sem processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios	51
Figura 10: Gráfico radar após o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios	52
Figura 11: Primeira pergunta do processo de elicitação flexível dos pesos dos critérios	53
Figura 12: Redução para duas alternativas não dominadas	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ano x Quantidade de Publicações	20
Gráfico 2: Publicações x Autores	20
Gráfico 3: Publicações x Países	21
Gráfico 4: Publicações x Universidades	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MB – Marinha do Brasil

FA – Forças Armadas

AJB – Águas Jurisdicionais Brasileiras

PO – Pesquisa Operacional

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

SOBRAPO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional

TCA – Teoria dos conjuntos aproximativos

PSM – *Problem Structuring Methods*

SSM- *Soft Sytems Methodology*

SODA – *Strategic Options Development and Analysis*

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2	PROBLEMA.....	12
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>15</i>
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>15</i>
1.3.3	<i>Delimitação do Estudo.....</i>	<i>16</i>
1.4	JUSTIFICATIVA	16
1.5	METODOLOGIA.....	17
1.5.1	<i>Tipo de pesquisa</i>	<i>17</i>
1.5.1.1	QUANTO AOS FINS.....	17
1.5.1.2	QUANTO AOS MEIOS	18
1.5.2	<i>Universo e amostra</i>	<i>18</i>
1.5.3	<i>Seleção dos sujeitos.....</i>	<i>19</i>
1.5.4	<i>Coleta e tratamento de dados</i>	<i>19</i>
1.6	BIBLIOMETRIA	19
1.6.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	19
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	A HISTÓRIA DA MARINHA DO BRASIL	22
2.2	PESQUISA OPERACIONAL.....	24
2.3	APOIO MULTICRITÉRIO À TOMADA DE DECISÃO	26
2.4	MÉTODOS MULTICRITÉRIOS	27
2.4.1	<i>MÉTODO FITRADEOFF</i>	<i>28</i>
2.4.2	<i>MÉTODO THOR.....</i>	<i>30</i>
2.4.3	<i>MÉTODO SAPEVOM.....</i>	<i>32</i>
2.5	PROBLEM STRUCTURING METHODS (PSM).....	32
2.5.1	<i>PO Soft</i>	<i>35</i>
2.5.2	<i>Strategic Options Development and Analysis (SODA)</i>	<i>36</i>
2.5.3	<i>Soft Systems Methodology (SSM)</i>	<i>37</i>

3	ESTUDO DE CASOS	41
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	41
3.2	MODELAGEM DO PROBLEMA.....	43
3.3	POSSÍVEIS ALTERNATIVAS.....	48
3.4	PROPOSTA DE SOLUÇÃO OU MODELO PROPOSTO	49
3.5	RESULTADOS ALCANÇADOS	53
3.5.1	<i>Discussão dos Resultados</i>	<i>54</i>
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Tomar decisões é algo que faz parte do dia a dia de todas as pessoas e são essenciais para que os passos futuros sejam traçados. Em geral, uma decisão pode ser interpretada como a representação da melhor alternativa dentro de um conjunto de possibilidades, procurando atender as necessidades de uma situação qualquer (LEITE e FREITAS, 2012).

O ambiente militar é complexo, precisando decisões nos níveis estratégico, operacional e tático, contendo muitos aspectos variados e diversas vezes conflitantes, alguns dos quais fundamentados em análises subjetivas.

Os métodos multicritério para apoio à decisão têm um caráter científico e, ao mesmo tempo, subjetivo, carregando consigo a capacidade de acrescentar de forma ampla, todas as características consideradas essenciais, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de permitir a transparência e sistemática do processo relativo aos problemas de tomada de decisões.

As decisões do mundo real, entre as quais as decisões relacionadas à área militar, são caracterizadas regularmente por metas conflitantes, questões mal estruturadas ou ambientes dinâmicos (LOUVIERIS *et al.* 2010).

A Estratégia Nacional de Defesa presume que a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional tem como objetivo impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação de interesse para a defesa nacional. Isso acontecerá segundo Santos *et al.* (2016) por intermédio de um planejamento nacional para construção de produtos de alto significado tecnológico, com relação coordenado das instituições científicas e tecnológica (ICT) militares e civis, da universidade e da indústria, com a designação de ramos prioritárias e suas respectivas tecnologias de interesse e a elaboração de instrumentos de ajuda à pesquisa de materiais, equipamentos e sistemas de emprego de defesa ou dual, de modo a permitir uma vanguarda tecnológica e operacional regrada na mobilidade estratégica, na flexibilidade e na possibilidade de dissuadir ou de surpreender. Dentro deste intento apesar de outras adversidades políticas e/ou financeiras, a Marinha do Brasil (MB) vem buscando desenvolver os seus próprios

recursos navais com tecnologia autêntica.

Em contrapartida, entende-se que, mesmo nos processos decisórios fundamentados na corrente filosófica racional, o decisor está exposto a processos cognitivos comportamentais que podem atrapalhar ou até mesmo impedir a escolha de melhor opção. Isto acontece porque os rumos a que os decisores estão submetidos, relacionam-se a aptidão humana limitada de colher e organizar informações (HILLMAN, 2000).

De fato, se não muito esclarecido na esfera militar, há informes positivos em outras campos da aproximação do tomador de decisão à modelagem do problema, resaltando como vantagens a diminuição da desconfiança em relação aos pesquisadores, e o aumento da aceitação do modelo (KOTIADIS *et al.* 2014), (PESSÔA *et al.* 2015).

O artigo 142 da Constituição Federal do Brasil, de 1988, indica a meta das Forças Armadas (FA) no Brasil: “As FA, constituídas pela Marinha, pelo Exército e pela Aeronáutica, são instituições nacionais permanentes e regulares, organizadas com base na hierarquia e na disciplina, sob autoridade suprema do Presidente da República e destinam-se à defesa da Pátria, à garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem”.

Alinhada a essa meta, a Marinha do Brasil (MB) levou para si a seguinte missão: “Preparar e empregar o Poder Naval, a fim de contribuir para a defesa da Pátria. Estar pronta para atuar na garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem; atuar em ações sob a égide de organismos internacionais e em apoio à política externa do País; e cumprir as atribuições subsidiárias previstas em Lei, com ênfase naquelas relacionadas à Autoridade Marítima, a fim de contribuir para a salvaguarda dos interesses nacionais”.

1.2 PROBLEMA

O problema apresentado neste trabalho é o de escolha hipotética de um navio escolta para o uso da Marinha do Brasil. As fragatas utilizadas pela Marinha do Brasil são as das classes Niterói, que possui um total de seis fragatas, e as da classe Greenhalgh, que possui duas fragatas, totalizando em oito fragatas para

cobrir uma área aquática com uma fronteira de mais de 8500 km.

“As fragatas da classe “Niterói” (Vosper Mk.10) começaram a entrar em serviço na segunda metade da década de 70 e são até hoje a espinha dorsal da Esquadra brasileira. Esses navios, que representaram um salto tecnológico de 30 anos em relação ao material flutuante então existente no Brasil, foram os primeiros equipados com computadores digitais táticos, turbinas a gás aeroderivadas e mísseis anti- submarino, entre outros avanços. Projetadas pelo estaleiro britânico Vosper Thornycroft especialmente para atender às especificações da Marinha do Brasil.”

Figura 1 – Fragata Classe Niterói



Fonte: <https://www.marinha.mil.br/fragatas-classe-niteroi> (2020)

Categoria: Meios da Esquadra

São Navios-Escolta. Podem localizar e destruir aeronaves, navios de superfície e submarinos inimigos, além de efetuar patrulhas nas nossas águas.

Já as fragatas da classe *Greenhalgh* foram construídas nos estaleiros *Yarrow Shipbuilders*, da Escócia, e adquiridas da Marinha Real Britânica e foram incorporados à Marinha do Brasil no dia 30 de agosto de 1996, em um projeto em que foram adquiridas quatro fragatas, porém duas destas já foram postas fora de

serviço, uma em 2003 e outra em 2015.

Figura 2 - Fragata Classe Greenhalgh



Fonte: <https://www.marinha.mil.br/fragatas-classe-greenhalgh> (2020)

Categoria: Meios da Esquadra

São Navios-Escorta. Podem localizar e destruir aeronaves, navios de superfície e submarinos inimigos, além de efetuar patrulhas nas nossas águas.

O ponto a ser analisado é que todas as fragatas presentes na Marinha do Brasil atualmente foram construídas por volta da década de 1970 e, portanto, tem aproximadamente cinquenta anos e são muito antigas.

O Brasil possui diversos motivos para cuidar do aprestamento (preparação de navio ou força naval para realizar determinada missão) da sua Força Naval. Entre os cruciais estão a dependência de seu comércio marítimo e a necessidade crescente de defender seus recursos nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) e a precaução de defender sua posição estratégica mediante as forças navais dos demais países da região. Desse modo a tarefa que vem construindo a missão da MB

há mais de 25 anos permanece incontestável e preponderante. Essa tarefa envolve trabalho do Poder Naval nas águas interiores e em todo o mar, a começar de a linha de costa até onde dispuser interesses do país (SANTOS *et al.* 2016).

Na falta de condições orçamentárias mais convenientes o planejamento da qualificação e do uso das Forças Armadas de um país não poderá prescindir de soluções criativas que atestem um mínimo de segurança à sua capacidade militar. A Marinha do Brasil sempre buscou manter um Poder Naval diversificado e polivalente, capaz de influir no mar ou em águas interiores, no cumprimento das funções básicas de comando de área marítima, negação do uso do mar, influência de poder sobre terra e colaboração para a dissuasão (REVISTA MARÍTIMA -2018).

A sequela natural é a deterioração do aprestamento dos meios navais. Por conseguinte, reduz-se a capacidade da MB de colaborar na proteção dos campos marítimos de produção de petróleo e gás natural, no combate à poluição marinha por navios, no suporte à prevenção da pesca ilegal e no controle de outros ilícitos no mar e águas interiores (SANTOS *et al.* 2016).

O questionamento principal que permeará o estudo será: Qual o navio escolta (fragata) disponível no mercado internacional seria o mais adequado para uma possível compra de oportunidade?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Selecionar um navio escolta para compra de oportunidade a ser utilizado pela a Marinha do Brasil, mediante as alternativas disponíveis no mercado internacional.

1.3.2 Objetivos Específicos

Apresentam-se da seguinte maneira:

- Elencar os principais critérios selecionados pela Marinha do Brasil para

- a escolha de um navio escolta;
- Analisar os navios escoltas à venda no mercado internacional;
- Pesquisar os métodos de apoio multicritério a decisão;
- Analisar os resultados obtidos após a utilização do método multicritério mais adequado;
- Realizar entrevistas com especialistas da área;
- Pesquisar o assunto na literatura sobre artigos de guerra.

1.3.3 Delimitação do Estudo

Foram realizadas entrevistas com apenas dois oficiais da Marinha, eles possuem mais de 20 anos de experiência na Marinha do Brasil, o ideal é que fossem entrevistados mais especialistas de diferentes áreas e patentes, a fim de se mapear diferentes perspectivas. Pois a compra de um navio não envolve somente a questão econômica, mas também permeia outras áreas como política, tecnológica, entre outras.

Uma outra limitação encontrada foi que a pesquisa foi feita somente com navios que tínhamos dados disponíveis em artigos e sites, para que se pudessem ser feitos os comparativos entre os navios, pois normalmente artefatos de guerras as informações são sigilosas e de difícil acesso.

1.4 JUSTIFICATIVA

Este estudo é importante, pois a compra de um navio neste porte envolve centenas de milhões de dólares dos cofres públicos. Logo, essa decisão precisa ser bem planejada e estruturada, pois uma má escolha poderá trazer prejuízo direto ou indireto a todos do país.

O contexto militar de decisão vem se tornando cada vez mais importante, dada sua abrangência e o impacto potencial de consequências de suas decisões (Harem e Kelsen 2011).

A principal função da marinha é garantir a segurança e defesa da pátria, ela também exerce a função de guarda costeira. O Brasil é um país de extensa área aquática, tendo uma fronteira com mais de 8500 km, por isso a importância de fragatas

que estejam adequadas às necessidades do país.

Segundo a MB, mais de 95% do comércio exterior brasileiro é transportado por via marítima, um dado muito importante, mas nem sempre lembrado. Embora 80% da população brasileira viva a uma pequena distância do litoral, se comparada com as imensas dimensões do País, pouco se conhece sobre a importância econômica e estratégica da via marítima para o Brasil e sua população. Nossa grande dependência do mar faz sobressair talvez nossa maior vulnerabilidade: assegurar o controle das vias de comércio marítimo.

Também de acordo com a Marinha do Brasil, o Brasil desenvolveu uma complexa tecnologia para explorar petróleo em profundidades acima de mil metros. Assim é explorado o produto (gás ou liquefeito) na Bacia de Santos, conhecida como pré-sal. As reservas brasileiras de gás e petróleo estão totalmente inseridas na área marítima, demonstrando um dos recursos econômicos e riquezas existentes em nossa "Amazônia Azul", a qual cabe à Marinha do Brasil proteger da cobiça de algum aventureiro.

Procura-se, através deste, beneficiar a empresa em estudo através da proposta de um modelo de fragata que atenda os objetivos específicos da MB, em custos, tripulação, armamento, arranjos gerais, eletrônicas e sensores.

No âmbito científico, este trabalho visa deixar para futuras pesquisas e aplicações em situações semelhantes nas organizações ou em outros casos. Assim estimulando o aprendizado e o enriquecimento intelectual do leitor.

1.5 METODOLOGIA

1.5.1 Tipo de pesquisa

Segundo Gil (2002) pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.

1.5.1.1 Quanto aos fins

De acordo com Gil (2002) pesquisas descritivas possui como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno.

Sendo assim, esta monografia se caracteriza como pesquisa descritiva, pois realiza uma coleta de dados através de observação sistemática.

1.5.1.2 Quanto aos meios

Segundo (GIL, 2002, p.45),

“A pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica. A diferença essencial entre ambas está na natureza das fontes/Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa.”

A partir deste conceito esta monografia é classificada como documental, pois foi elaborada a partir dos dados e informações de propriedade da Marinha. E ainda foram consultados livros, artigos e publicações, que classificam a monografia como pesquisa bibliográfica.

1.5.2 Universo e amostra

Universo ou população é o conjunto de elementos que possuem ao menos uma característica comum entre eles. A delimitação do universo consiste em explicitar que coisas ou fenômenos serão pesquisados, enumerando suas características comuns (LAKATOS, 2003).

O universo deste trabalho será a escolha de um navio para a Marinha do Brasil. Trata-se de um universo finito de elementos.

A amostra do presente estudo é considerada não probabilística por tipicidade, pois não é baseada em procedimentos estatísticos e é composta pela seleção de elementos que o pesquisador julga relevantes para representar a população alvo. (VERGARA, 2014)

A amostra é representada pelas opções de diferentes fragatas e destróieres modernos.

1.5.3 Seleção dos sujeitos

Os dados coletados foram obtidos através de apontamentos dos comandantes e engenheiros.

1.5.4 Coleta e tratamento de dados

Os dados foram coletados em pesquisas bibliográficas, como: livros, artigos e *internet*.

Serão realizadas análises quantitativas destes dados coletados, para tratamento e geração de tabelas, para definir uma escolta que seja moderno, tenha a vantagem de combinar qualidades comprovadas com tecnologias novas.

1.6 Bibliometria

O termo bibliometria foi proposto por Pritchard no final da década de 1960 e pode ser definido como a aplicação de métodos estatísticos e matemáticos na análise de obras literárias (PRITCHARD, 1969).

1.6.1 Pesquisa Bibliográfica

Segundo Gil (2002) a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Foi realizada uma pesquisa bibliométrica através da base de dados SCOPUS com o intuito de mostrar a relevância e a tendência do tema abordado. Para construção do gráfico foram utilizadas as palavras *Multicriteria* e *FITradeoff*. E de acordo com o sistema existem 19 publicações ligadas a esses temas, a pesquisa foi realizada em 18 de setembro de 2019.

Gráfico: Ano x Quantidade de Publicações

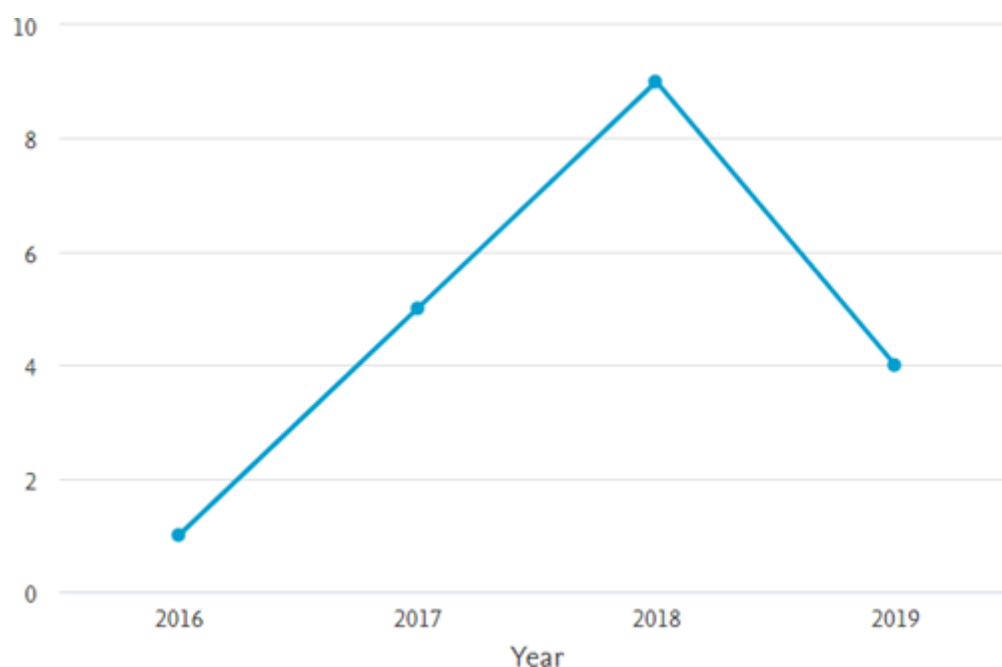


Gráfico 1 - (Fonte: SCOPUS)

Como se pode ver desde 2016 as publicações referentes ao método multicritério FITradeoff tem crescido com um salto em 2018, ano este que teve o maior número de publicações chegando a 9, até a data da presente pesquisa o ano de 2019 já teve 4 publicações.

Gráfico: Publicações x Autores

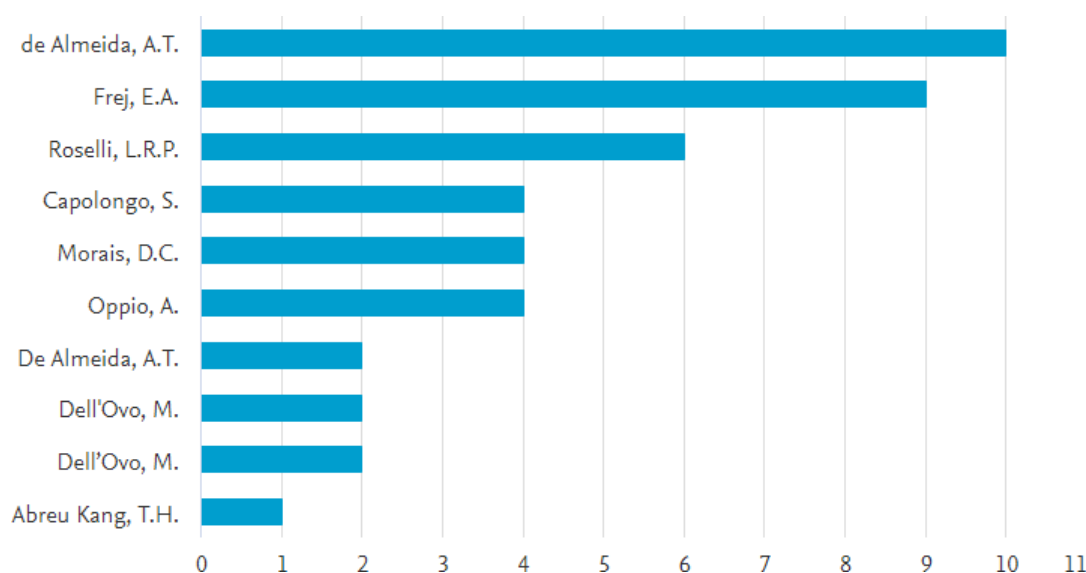


Gráfico 2 – (Fonte: SCOPUS)

Já o gráfico 2 mostra a quantidade de documentos publicados por autores,

como se pode ver mais 50% das publicações foram de apenas um único autor.

Gráfico: Publicações x Países

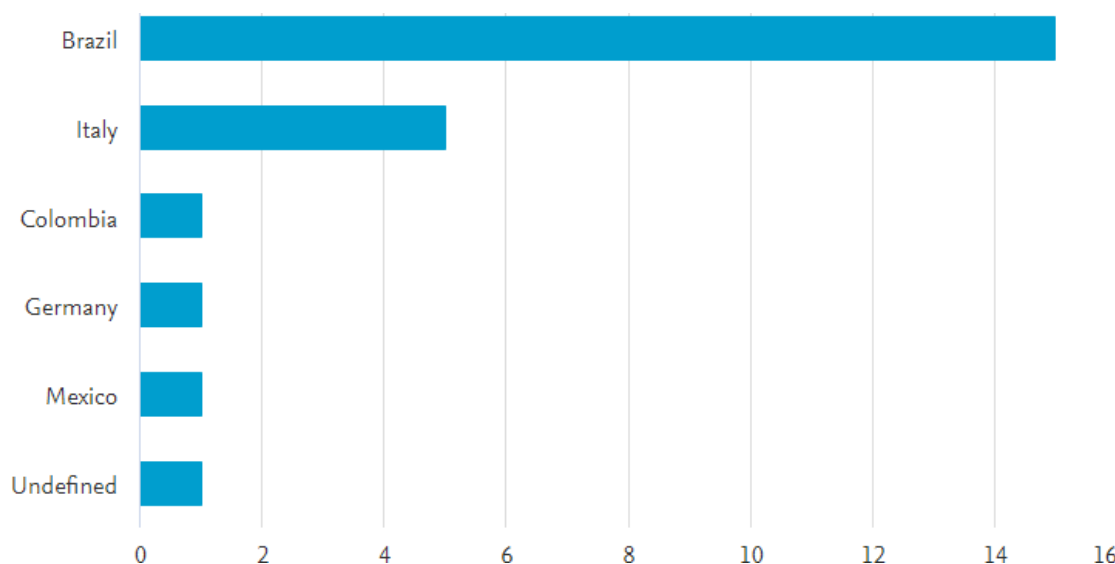


Gráfico 3 – (Fonte: SCOPUS)

O gráfico 3 mostra as publicações por países. Brasil foi o país que mais publicou artigos usando a ferramenta FITradeoff.

Gráfico: Publicações x Universidades

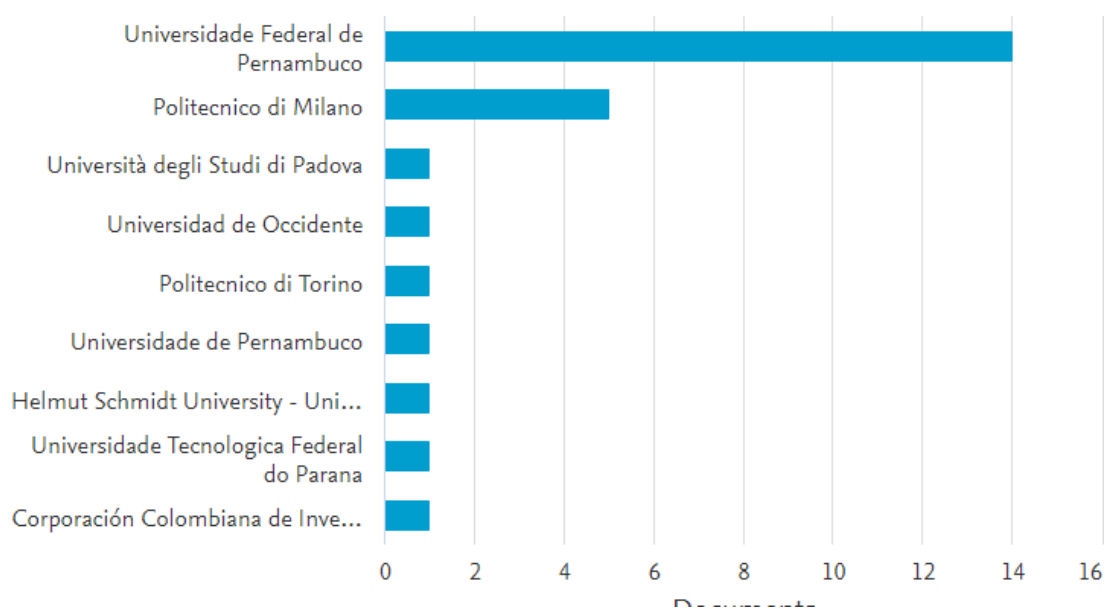


Gráfico 4 – (Fonte: SCOPUS)

Também é interessante mostrar de onde foram as universidades que tiveram artigos publicados. E mais uma vez o Brasil tem o maior número com a Universidade Federal de Pernambuco.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos deste trabalho estão estruturados da seguinte maneira:

Capítulo I – Introdução: Tem como objetivo apresentar o tema e a estrutura do trabalho. Expondo o problema, os objetivos propostos, suas justificativas e a metodologia empregada no presente estudo.

Capítulo II – Referencial teórico: Este capítulo tem a finalidade de apresentar toda base teórica do trabalho, conceituando a pesquisa operacional, método de estruturação do problema soft e a ferramenta multicritério FITrade off.

Capítulo III – Estudo de caso: O presente capítulo relata a situação da Marinha para a escolha de uma fragata, apresenta a empresa de onde foi realizado o estudo e descreve o estudo de caso. Este capítulo também retrata a aplicação da ferramenta FITrade off e apresenta os resultados alcançados. Também conclui o trabalho e apresenta propostas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A HISTÓRIA DA MARINHA DO BRASIL

A Marinha do Brasil tem seu início ligado ao próprio nascimento do país. Em meio ao processo de independência, o governo tinha a necessidade de estender e fortalecer sua autoridade sobre uma nação distribuída ao longo de uma extensa fronteira marítima. Os portugueses exerciam resistência armada nas regiões da Cisplatina, Bahia, Maranhão e Pará, e o comando do litoral daria um enorme ganho ao império brasileiro, permitindo eliminar os portugueses, impondo o Norte a submeter-se, e colocar as várias províncias conforme a autoridade nacional, além

de inibir a chegada de reforços de Lisboa. Consequentemente era fundamental iniciar o processo de formação da Marinha Imperial, que de fato, teria uma responsabilidade importante na conquista da independência (SANTIAGO, 2012).

Segundo Santiago (2012), ainda no século XIX, outras atuações importantes da Marinha Imperial aconteceram durante a Guerra da Cisplatina, que derivaria na independência do Uruguai, apartando-se do Brasil, a deposição de Oribe e Rosas, ditadores de Argentina e Uruguai, respectivamente, e ainda a participação na Guerra do Paraguai, decisiva para a triunfo da Tríplice Aliança, da qual o Brasil fazia parte.

Com a proclamação da república, e consequente mudança de regime, a Marinha deixa a denominação "imperial", entretanto permanece como um núcleo bem solícito à monarquia até as primeiras décadas do século XX. Centro de muitas tradições e práticas antigas, tanto para o bem quanto para o mal, esta força militar sofrera uma progressivo reforma a partir da chamada "Revolta da Chibata", de 27 de novembro de 1910, no qual marinheiros se levantaram em protesto contra a passada prática de surrar os insubordinados, semelhante a práticas escravocratas.

Durante a Primeira Guerra Mundial o Brasil teve pequena participação, auxiliando os aliados. Seu principal papel foi o envio de uma força naval para vigiar a costa africana entre Dakar e Gibraltar. A operação ocasionou em tragédia, pois tripulações inteiras foram atacadas pela gripe espanhola, que fazia numerosas vítimas naquela região. A doença fez 176 vítimas mortais.

Na Segunda Guerra Mundial, a Marinha estava privada de recursos, tendo que lidar com os constantes ataques de submarinos alemães, que acabaram por arruinar dezenas de embarcações brasileiras. Ao entrar na guerra, o dever fundamental do Brasil foi garantir a proteção dos comboios que trafegavam entre Trinidad, no Caribe, e Florianópolis. Coube, ainda, à Marinha, a defesa do traslado da Força Expedicionária Brasileira (FEB) até Gibraltar e o patrulhamento oceânico contra os furadores de bloqueio, navios que traziam mercadorias do Oriente para a Alemanha.

Atualmente a força naval brasileira é bem equipada, no que tange à qualidade, desempenhando o papel reservado do Poder Naval em tempo de paz, trabalhando como elemento dissuasor de conflitos, preservador da paz e segurança, respaldando

a ação política do governo no campo das relações exteriores e mantendo-se atualizada, pronta a se expandir quando fundamental.

2.2 PESQUISA OPERACIONAL

O início da PO pode ser explicado tendo como ponto de partida a II Guerra Mundial. Seus primórdios estão fortemente associadas à invenção do RADAR em 1934, pelo staff de pesquisa do cientista inglês Robert Watson-Watt. Diante disso, foram elaborados métodos para detecção da invasão de aeronaves adversários ao espaço aéreo britânico, sob a coordenação do Prof. Patrick Blackett.

A expressão “Pesquisa Operacional” foi criada no ano de 1938 para representar a equipe de estudos de Watson-Watt, que, no setor do Comitê de Estudos de Defesa Aérea Britânico, passou a ser intitulado Seção de Pesquisa Operacional.

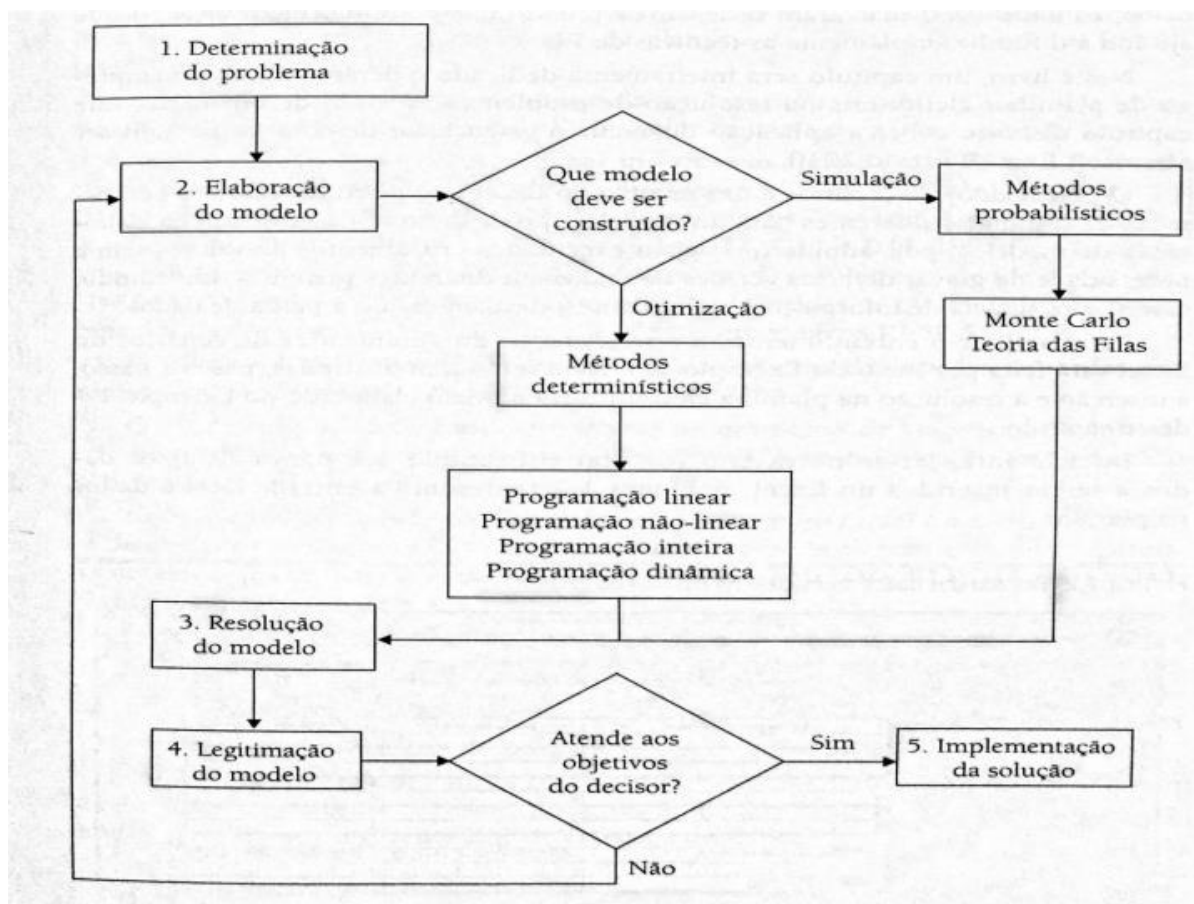
No decorrer da Segunda Guerra Mundial, as equipes originais de PO usavam o pensamento criativo para resolver problemas que compreendiam homens, máquinas, materiais e dinheiro. Alguns exemplos de questões de alta complexidade:

- Como fazer uso eficiente da então recente tecnologia do radar;
- Como diminuir o número de navios afundados por submarinos alemães;
- Como potencializar o uso das esquadrilhas;e
- Como potencializar a precisão dos bombardeiros.

Com o fim dos ataques em 1945, a PO teve seus horizontes ampliados. Muitas das equipes de investigadores de PO mudaram-se para indústrias que procuravam se reerguer na economia pós-guerra. Houve a passagem natural para a área de operações comerciais, na qual a administração ganhou um caminho sistêmico.

Para aplicar a PO para resoluções de problemas, existem “passos” a serem seguidos, que seguem na seguinte ordem: Determinação do problema, elaboração do modelo, resolução do modelo, legitimação do modelo e a implementação da solução, conforme é ilustrado na Figura 3 abaixo:

Figura 3 – Etapas para a resolução de problemas usando a PO



Fonte: (Longaray, 2013)

A Pesquisa Operacional é uma ciência que objetiva fornecer ferramentas quantitativas ao processo de tomada de decisões. É constituída por um conjunto de disciplinas isoladas, tais como Programação Linear, Teoria das Filas, Simulação, Programação Dinâmica, Teoria dos Jogos, etc. O termo Pesquisa Operacional (em inglês *Operations Research*) foi empregado pela primeira vez em 1939, durante a II Guerra Mundial, na tentativa de englobar, sob uma única denominação, todas as técnicas existentes ou que viriam a ser desenvolvidas e que tinham o mesmo objetivo. De uma maneira geral, todas as disciplinas que constituem a PO se apoiam em quatro disciplinas fundamentais: Economia, Matemática, Estatística e Informática.

Segundo Lakatos e Marconi (2010), métodos é o aglomerado de atividades racionais e sistemáticas que possibilita alcançar o objetivo, formando o caminho a ser seguido, identificando erros e ajudando nas decisões. A Pesquisa Operacional “é um método científico de fornecer a setores executivos uma base quantitativa para as decisões relativas a operações sob seu controle” (KIMBALL; MORSE,

1951). Belfiore e Fávero (2013) afirmam que a Pesquisa Operacional é aplicada através de métodos de apoio para a tomada de decisão.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO) a PO é “a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana”. A Pesquisa Operacional é voltada para resolução de problemas reais, portanto é utilizada para avaliar linhas de ação alternativa e auxiliar o decisor na análise dos mais variados aspectos e situações de um problema complexo, permitindo a tomada de decisão efetiva e a construção de sistemas mais produtivos, na busca do melhor caminho para encontrar soluções que melhor satisfaçam aos objetivos das organizações ou indivíduos, como um todo. A Pesquisa Operacional apresenta uma extensa lista de ferramentas que podem ser aplicadas para auxiliar nas tomadas de decisões.

2.3 APOIO MULTICRITÉRIO À TOMADA DE DECISÃO

Gomes e Gomes (2012) definem a teoria da decisão como conjunto de procedimentos e métodos de análise que procuram assegurar a coerência, e a eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo cenários possíveis. Para tal pode usar ferramentas matemáticas ou não. A teoria da decisão trata de escolhas entre alternativas.

Andrade (2000) diz ser a decisão, um curso de ação escolhido pela pessoa, como meio mais efetivo à sua disposição para alcance dos objetivos procurados, para resolução dos problemas que a incomoda. A decisão é o processo que se desenvolve a partir do instante em que o problema foi detectado, o que ocorre através da percepção de sintomas de algo está saindo do estado normal desejado ou planejado.

Segundo Oliveira (2007), processo é um conjunto estruturado de atividades sequenciais que apresentam relação lógica entre si, com a finalidade de atender e, preferencialmente superar as necessidades e expectativas dos clientes internos e externos da empresa.

Para Ferreira (2009) e Gonçalves (2000), o processo por ser repetitivo, envolver a maioria das pessoas da organização e possuir como finalidade o atingimento dos

objetivos da empresa, esclarece que algumas organizações sentem dificuldades em administrar seus processos de maneira a atribuir prioridades.

Os facilitadores de cada processo devem identificar todas as atividades que agregam valor e eliminar qualquer atraso/desperdício, buscando atingir a eficácia do negócio. A eliminação dos atrasos pode ser analisada, por intermédio de técnicas de mapeamento de processos, visando à diminuição dos tempos de ciclo e, a redução dos custos despendidos entre as atividades.

O processo decisório estabelece uma racionalidade objetiva que traz como consequência a necessidade do decisor ajustar o comportamento a um sistema integrado. Esse ajuste dar-se por meio de uma visão ampla de alternativas que lhe afiguram antes da tomada de decisão baseada na melhoria contínua e da consideração de todo o conjunto complexo de consequências que poderá ser gerado como fruto da escolha de uma alternativa em face das alternativas disponíveis (OLIVEIRA, 2007).

2.4 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS

As técnicas de avaliação por multicritérios surgiram nas décadas de 70 e 80 em substituição aos modelos ortodoxos de pesquisa operacional, que surgiram na década de 50 para a resolução de problemas logístico-militares nas Forças Aliadas durante a 2^a Guerra Mundial, que buscavam soluções para problemas gerenciais complexos.

Sendo assim, conclui-se que a utilização da Metodologia Multicritério é favorável para problemas complexos, com diversos tipos de decisores e pontos de vista diverso e diversificados considerados fundamentais no processo decisório, induzindo a situações conflitantes e de difícil mensuração e em muitos casos, utilizam variáveis de ordem qualitativa.

Segundo Diehl (apud; Bornia & Wernke, 2001) a análise de multicritérios não busca ou apresenta uma solução ótima para um dado problema, mas a mais coerente com a escala de valores e com o método utilizado. Trata-se de uma tentativa de racionalização de atributos muitas vezes subjetivos, o que não significa

que somente este tipo seja abordado.

A metodologia por Multicritério reconhece a necessidade de uma abordagem holística e mais abrangente, utilizando múltiplos fatores, que englobem os vários aspectos da organização tais como (BORNIA & WERNKE, 2001, p.65): gestão, vendas, contatos com a clientela, produção e competência.

Para o problema tratado no trabalho, foram estudados três ferramentas (métodos) de apoio multicritério a tomada de decisão, sendo estes: FITradeoff, Thor e SapevoM. Dentre os três métodos citados, o que escolhido foi o FITradeoff, devido a sua facilidade ao resolver problemas sem precisar definir pesos aos critérios.

2.4.1 MÉTODO FITRADEOFF

Para Almeida et al, (2016), com o problema de decisão multicritério uma das questões importante é a seleção dos quantificadores dos critérios para o processo de decisão. Para isso existem diversos métodos que auxiliam o decisor nesta tarefa como o exemplo do *tradeoff* tradicional e do SWING [KEENEY e RAIFFA, 1976; VON WINTERFELDT e EDWARDS, 1986].

O método de *tradeoff* tradicional exige por parte do decisor um esforço cognitivo alto na hora de fazer análise quanto as consequências das escolhas feitas já que tal método solicita ao decisor estabelecer o valor exato dos critérios para causar diferença entre as consequências. Porém por muitas vezes tal usuário não tem capacidade de realizar a quantificação corretamente, portanto não é confiável afirmar que o resultado obtido é confiável devido a inconsistência nas escolhas ao longo dos processos. Tal inconsistência do método foi mostrada por estudos apesar de se mostrar uma estrutura mais robusta e completa.

Em resposta a estudos recentes que indicaram que o processo de quantificação dos pesos dos critérios é a parte mais importante de um modelo de decisão (Riabacke et al. 2012) foi desenvolvido um novo método que exige menos esforço cognitivo por parte do usuário através de uma estrutura mais flexível e interativa de tomadas de quantificação solicitando menos informações deste usuário, sendo tal método chamado de FITradeoff (ALMEIDA et al., 2016).

Com a visão de que nem sempre todas as informações que eram

disponibilizadas ou solicitadas ao decisor nos métodos antigo eram realmente necessárias para resolver o problema e encontrar a melhor alternativa, no novo método FITradeoff, o decisor não precisa passar as informações exatas que diferenciam duas consequências pois esta ira apenas estabelecer a melhor consequência em sua visão, fazendo assim um menor esforço para a quantificação e avaliação de tais. Assim havendo uma menor margem de erros já que não haverá apenas escolhas quanto aos melhores resultados e não uma quantificação numérica por parte do usuário.

O FITradeoff é dividido por etapas, sendo a inicial a de ordenação da importância dos critérios, sem quantificá-los. Em seguida, é iniciado o processo iterativo do programa com o usuário para seleção das melhores opções em cada comparação, sendo o número de interações apenas o necessário para se obter a solução do problema, ou seja, apenas uma alternativa que melhor se enquadra as preferências do decisor ou então tal decidir parar as avaliações entre as consequências por já ter um número suficiente de alternativas como resultados. Dessa forma, se o decisor decidir parar ou o número de avaliações já for o suficiente para a seleção apenas de uma alternativa o programa mostrará as opções que se enquadram e suas respectivas informações e comparações, para o caso de duas ou mais.

O processo iterativo funciona de forma a que na etapa de ordenação de critérios o usuário colocar em ordem de importância de tais em sua avaliação, em seguida o programa solicitará em sequência para que o decisor escolha dentre duas consequências ou escolha ser indiferente a estas. Como exemplo suponha que o decisor definiu a constante de escala do critério 2(k_2) sendo maior que a constante de escala do critério 1(k_1) então como uma das avaliações que será realizada pelo usuário será se esta prefere uma consequência com o valor para o critério 1 maior ou a segunda opção que é um valor intermediário para o critério 2 (FREJ e ALMEIDA, 2018).

De acordo com o desempenho de cada alternativa no espaço de pesos, estas são classificadas como: potencialmente ótima, dominada ou ótima (GUSMÃO, HOLANDA, 2017). Assim, a cada interação com a resposta do usuário o espaço de pesos vai sendo reduzido sendo atualizado os valores dos pesos a cada interação

e conseqüentemente atualizado os quantificadores de cada alternativa e analisando se as informações disponíveis já são o suficiente para identificar apenas uma alternativa que mais se adequa ao decisor, ou seja a alternativa ótima, através do problema de programação linear.

Almeida et al, (2016), corrobora que a melhoria trazida pelo novo método se dá, em resumo, ao fato de a solução ou alternativa única ser encontrada ao longo das avaliações feitas pelo usuário não exigindo um esforço alto com o número de informações reduzidas necessária a encontrar os resultados do problema quando ao esforço cognitivo de apenas comparar conseqüências. Tratando-se, assim, de um método que permite um processo mais transparente de decisão e uma facilitação do problema (ALMEIDA et al.,2017).

2.4.2 MÉTODO THOR

O THOR foi criado em 1999, tendo os seus resultados publicados em artigos nas bases ISI, Scopus e Scielo, bem como em artigos de simpósio. O método traz como inovação a solução de problemas de ordenação de escolhas em circunstâncias nas quais há falta de um dado na matriz de decisão sem a necessidade de desconsiderar uma alternativa ou critério. Facilita a reconhecimento de critérios que, se eliminados, não mudem as ordenações das alternativas. As preferências dos decisores podem ser evidenciadas em escala de razões, de intervalo, entrada ordinal, ou não atribuir pesos.

O THOR fundamenta-se em três algoritmos para uso paralelo Modelagem de Preferência (aproximando-o da Escola Francesa), Teoria da Utilidade e Teoria de Multiatributo (aproximando-o da Escola Americana). A utilização conjunta destas teorias possibilita que a atratividade de uma alternativa seja quantificada, pela elaboração de uma função agregação não-transitiva. O uso do THOR permite “analisar de forma mais rápida e eficiente” as alternativas, levando em conta o não determinismo do processo de elicitação de pesos e quantificar o não determinismo reaplicando-o no processo de ordenação das alternativas. Segundo Gomes, as principais prestações do THOR ao multicritério envolvem:

- apresentar um algoritmo híbrido que agrupa conceitos da teoria dos conjuntos aproximativos (TCA), teoria dos conjuntos nebulosos e teoria da utilidade e

modelagem de preferências;

- organizar alternativas discretas em processos decisórios transitivos ou não;
- excluir critérios repetitivos considerando se há duplicidade na informação por meio da TCA e se ocorre imprecisão no processo decisório por intermédio da utilização da teoria dos conjuntos nebulosos;
- quantificar a imprecisão, utilizando-a no AMD;
- permitir a entrada de dados simultâneos de diferentes decisores, permitindo que os mesmos expressem seu(s) juízo(s) de valor(es) em escala de razões, intervalos ou ordinal;
- permitir que os decisores, no caso de não serem capazes de atribuir pesos a tais critérios, consigam trabalhar sem a atribuição de pesos, uma vez que podem fazer uso de um recurso que atribui pesos aos critérios em uma escala ordinal. O THOR permite a entrada de preferências ordinais para os critérios, gerando pesos para os mesmos, podendo ser classificado, portanto, como método cardinal e parcialmente ordinal;
- eliminar a necessidade de atribuição de um valor, normalmente arbitrário para a concordância, conforme alguns algoritmos que têm a modelagem de preferências como base.

O THOR já foi utilizado em várias áreas de atuação com referido sucesso, mostrando-se um método de forte potencial. A robustez do modelo foi testada em comparações de seus resultados com outros métodos. Entretanto devido à complexidade do mesmo e a descontinuidade no desenvolvimento do Sistema de Apoio a Decisão (SAD), desenvolvido simultaneamente com o método em 1999, sua utilização ficou limitada a um número limitado de pesquisadores, uma vez que o sistema foi criado para a plataforma Windows XP e seus antecessores. Este fato colabora significativamente, na controle do avanço e fortalecimento do THOR como ferramenta de AMD no ambiente acadêmico e empresarial, de forma que incontáveis problemas decisórios reais e chances de interação entre pesquisadores, universidades e organizações deixam de ser realizadas. A disponibilização de um novo software em uma plataforma aberta, melhoraria indiscutivelmente a sua

divulgação possibilitando que os demais pesquisadores pudessem utilizá-lo de forma simples e rápida, comparando os seus resultados com outros métodos de apoio a decisão e, eventualmente, sugerindo melhorias.

2.4.3 MÉTODO SAPEVOM

O método SAPEVO-M (*Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors –Multi Decision Makers*), proposto por Gomes e Santos (2018) é uma nova versão do método original SAPEVO (Gomes e Gomes 1997), que possibilita a utilização de múltiplos decisores. Ademais, introduziu um processo de normalização das matrizes de avaliação, incrementando a sua consistência.

O método consiste, basicamente, em dois processos:

Primeiramente, a transformação ordinal da preferência entre critérios, expressada por um vetor representando os pesos dos critérios.

O segundo processo é a transformação ordinal da preferência entre alternativas dentro de um determinado conjunto de critérios.

Ao serem agregadas as preferências para todos os critérios, neste segundo processo, é gerada uma matriz de avaliação. O vetor resultante da multiplicação entre o vetor peso e a matriz de avaliação, indicará qual deverá ser a ordenação entre as alternativas.

As informações de preferência são denotadas por uma série de comparações pareadas entre as alternativas. A relação entre as alternativas é expressa em uma escala de sete pontos, conforme modelo da tabela, na qual são mensuradas, relativamente, a importância entre as alternativas. A partir da avaliação entre alternativas, é obtido uma matriz com a representação numérica correspondente.

2.5 Problem Structuring Methods (PSM)

Os métodos de estruturação de problemas (PSMs) são um amplo grupo de abordagens de manipulação de problemas baseadas em modelo, cujo objetivo é auxiliar na estruturação de problemas, em vez de derivar diretamente uma solução.

Eles têm caráter participativo e interativo e normalmente operam com grupos e não com clientes individuais. Em princípio, eles oferecem acesso a PO a uma variedade de situações problemáticas para as quais técnicas de PO mais clássicas têm aplicabilidade limitada. Os métodos mais amplamente adotados são a Metodologia de Sistemas *Soft*, a Abordagem de Escolha Estratégica e o Desenvolvimento e Análise de Opções Estratégicas (SODA).

Os PSMs desenvolveram-se a partir de, ou pelo menos entrelaçados com, uma crítica do escopo restrito das técnicas tradicionais de PO. A partir da década de 1970, desenvolveu-se um debate ativo sobre reivindicações pela objetividade dos modelos de PO e sobre as limitações impostas à prática de PO por sua concentração em problemas bem definidos. O impulso geral era que as técnicas PO normais pressupõem que fatores relevantes, restrições e função objetiva sejam estabelecidos antecipadamente e consensuais. Geralmente, a função da técnica é determinar uma configuração ideal das variáveis controláveis. Consistentemente com isso, as formulações padrão da metodologia PO assumiram uma única representação incontestada da situação problemática em consideração.

Os críticos reconheceram que a prática da sala de cirurgia tem sido consideravelmente mais diversa do que isso e, em particular, está longe de ser dominada por considerações de otimização; no entanto, as ferramentas disponíveis foram realizadas para oferecer pouca assistência apropriada fora desta área. A estrutura metodológica oferecida foi igualmente vista como uma orientação escassa para os analistas que enfrentam circunstâncias menos comportadas. Há situações em que intangíveis, incerteza e diversidade de valores, além de complexidade, são presenças cruciais. Pesquisadores operacionais qualificados foram capazes de progredir nessas situações, mas apenas usando habilidades tácitas que não fazem parte do cânon da PO. No entanto, quanto mais socialmente importante a situação da decisão, maior a probabilidade de que essas características venham a dominar.

A partir dessa crítica das deficiências da PO tradicional, foi desenvolvida uma família de métodos alternativos, com características comuns e diferenças de foco. Quando suas semelhanças foram reconhecidas, o rótulo usado para descrevê-las como um grupo era o Método de Estruturação de Problemas (embora outros nomes, como “PO *Soft*”, também sejam utilizados). A ênfase geral que os métodos

compartilham está em ajudar grupos de tomadores de decisão a identificar em que problema eles poderiam trabalhar juntos em conjunto e ajudá-los a progredir nessa tarefa. Não há suposição de que os tomadores de decisão compartilhem uma perspectiva comum, de modo que talvez sejam descritos com mais precisão como partes interessadas. Esses métodos também não são quantitativamente significativos. Isso ocorre porque as abordagens são todas baseadas na participação de quem tem o problema.

Cada um dos métodos da família PSM consiste em vários procedimentos técnicos vinculados por meio de processos sociais. Ou seja, diferentemente das abordagens algorítmicas que tendem a dominar as PO, o consultor não identifica e, em seguida, insere algumas condições iniciais a partir das quais a 'resposta' será produzida sem intervenção humana adicional. O que acontece é que, em vários momentos, os grupos discutem as implicações da análise até o momento e, com base nisso (e auxiliado por um facilitador), decidem como prosseguir, ou talvez se houve progresso suficiente para que as partes interessadas possam prosseguir sem mais assistência analítica. Para maior clareza, talvez se deva descrever os PSMs como 'metodologias' em vez de 'métodos', adotando uma metodologia como um conjunto de elementos técnicos e de processo.

Em suma, esses métodos têm muito pouca semelhança com os desenvolvidos nas PO tradicionais. O elemento unificador chave é o uso central dos modelos de causa-efeito. Cada um deles usa modelos formais para representar a situação problemática percebida pelo grupo de tomada de decisão, a fim de resumir, coordenar e avançar sua compreensão da situação que eles enfrentam. Os tipos de modelo usados são específicos para cada método, mas nenhum deles é "computável". De fato, a quantificação tem pouco ou nenhum papel em alguma delas. Os conceitos que estão em jogo são geralmente mais verbais, e as operações sobre eles são realizadas principalmente pelo grupo, que através da discussão transforma os modelos com base em sua mudança de entendimento. Os resultados de uma aplicação bem-sucedida de um PSM serão um grupo de tomadores de decisão confiantes o suficiente para agir; um grupo de tomadores de decisão que obtiveram uma visão mais profunda de sua área problemática; e um grupo de tomadores de decisão cuja experiência compartilhada levou a melhores relações entre si.

2.5.1 PO Soft

A PO Soft é composta de uma geração de métodos, pensados e elaborados para um mundo envolto em um clima de complexidade, conflitos e incertezas que auxiliam aos que praticam funções de análise de problemas e gerenciamento na vida real a enfrentar os problemas de planejamento e tomada de decisão, além de ajudar os estudantes de sistemas de gerenciamento e de pesquisa operacional a entender esta nova perspectiva. A PO Soft surgiu da necessidade de análise de situações e problemas sob uma ótica subjetiva e humanizada.

A principal função desses métodos é a de estruturar problemas antes de tentar resolvê-los; por isso, foram chamados de métodos *Soft*. Sua importância deve ser compreendida porque a maior parte deles surge de uma evolução da Pesquisa Operacional (PO) – ferramentas de otimização e algoritmos. Para caracterizar especificamente estes métodos *Soft*, Rosenhead (1989) fornece alguns exemplos da literatura britânica:

Strategic Options Development and Analysis (SODA) e *Soft Systems Methodology* (SSM) são as metodologias mais utilizadas para a estruturação dos problemas – identificação daqueles fatores e questões que devem constituir a agenda para novas discussões e análise.

A *Strategic Choice*, incluindo *Analysis of Interconnected Decision Areas* (AIDA), também se preocupa em estruturar situações complexas, mas dá menos ênfase às construções psicológicas das pessoas envolvidas. A *Strategic Choice* e a *Robustness Analysis* partilham o mesmo foco, preocupando-se com a incerteza e os modos de gerenciamento, enquanto o *Metagame* (Metajogo) e o *Hypergame Analysis* (Hiperjogo) analisam particularmente os aspectos conflitantes das situações de decisão.

Rosenhead (1989) menciona que essas metodologias se nivelam individualmente pelo grau de transparência, pela incorporação de conflitos, pela representação de julgamentos, pelo interesse intrínseco e pela aplicabilidade. Elas também constituem uma nova e diferente contribuição britânica na arte da estruturação de problemas, sem que haja necessidade das pessoas que vão utilizá-las de adquirirem um conhecimento matemático de alto nível.

Enquanto os métodos tradicionais, na tentativa de representar a complexidade de situações desestruturadas, muitas vezes empregam técnicas baseadas na teoria das probabilidades, os métodos *Soft*, ao contrário, adotam o conceito de cálculo de possibilidades. Eles estruturam eventos ou resultados que os participantes declaram como relevantes, o que torna possível identificá-los, sem a obrigatoriedade de associar números a seus significados.

O principal ingrediente das metodologias *Soft* é o comportamento humano, que, por senso comum e experiência, pode ser representado por métodos gráficos ou diagramas que representam de forma esquemática redes de interações, demonstrando, entre os diversos elementos das situações analisadas, as influências, causalidades, similaridades ou compatibilidades existentes. Fornecer elementos que visem estruturar situações problemáticas consideradas estratégicas é a característica mais comum encontradas entre as metodologias aqui citadas.

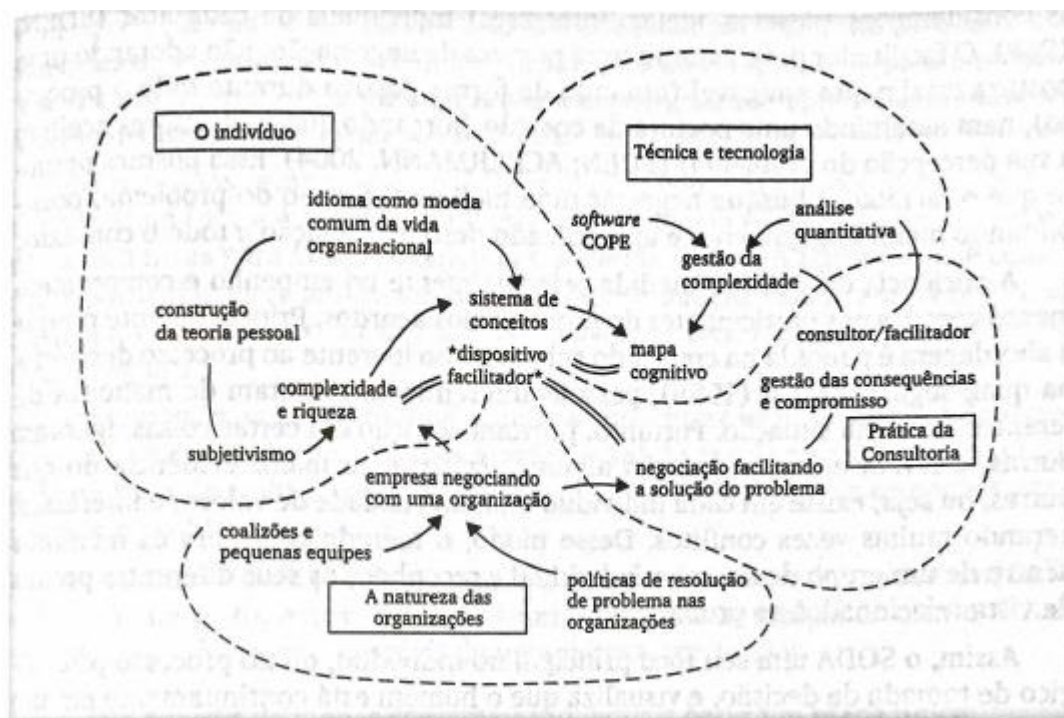
2.5.2 Strategic Options Development and Analysis (SODA)

A SODA (Amaral e Araújo FILHO, 1998, Eden, 1989) se caracteriza por ser extremamente sucinta e tem por objetivo ajudar o tomador de decisão ou grupo de atores a lidar com problemas complexos por meio de uma modelagem qualitativa, permitindo o entendimento do problema.

No processo de entendimento do problema, determinam-se pontos de vista importantes. A SODA serve inicialmente como uma metodologia de estruturação do processo de resolução do problema e, posteriormente, como uma técnica para planejamento e acompanhamento em ambientes complexos (ou não) com vários atores de decisão. A SODA consiste, resumidamente, nos seguintes passos:

- a) Definição dos termos de cooperação entre atores de decisão;
- b) Entrevista com indivíduos pertencentes a um grupo decisório;
- c) Construção de mapas cognitivos individuais;
- d) Construção de mapas cognitivos agregados;
- e) A partir do mapa cognitivo agregado (também denominado mapa estratégico), procura-se a solução do problema;
- f) Tomada de decisão.

Figura 4 – Exemplo de aplicação do SODA



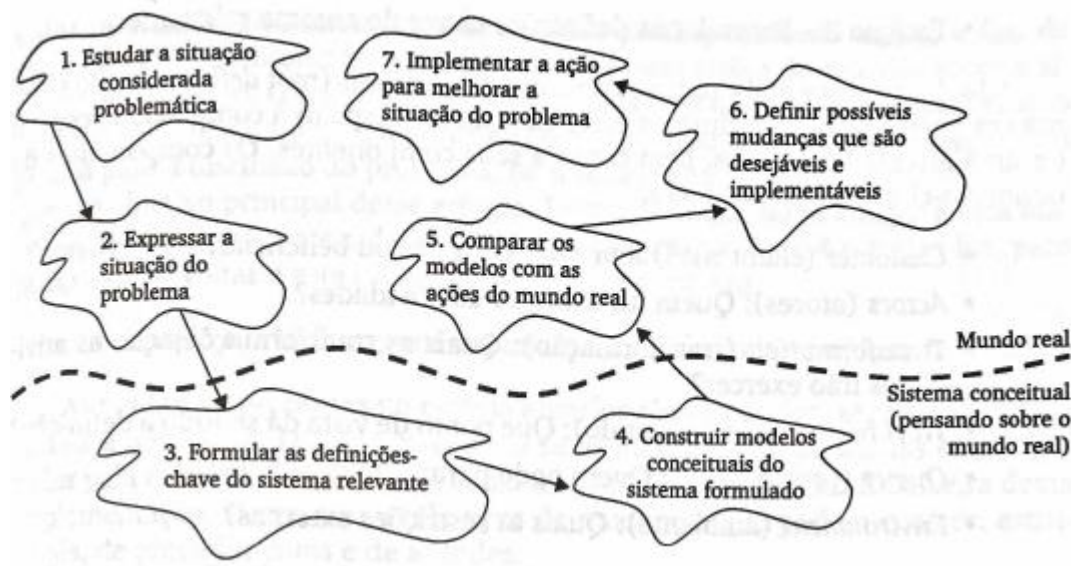
Fonte: (ALMEIDA, 2012)

2.5.3 Soft Systems Methodology (SSM)

Soft Systems Methodology (SSM) é uma abordagem que trabalha com o ambiente e o aprendizado para analisar problemas complexos. Enfatiza a avaliação do mundo real, no qual as pessoas vivem e com o qual se relacionam; através de debates com um grupo estabelece quais as mudanças são possíveis de serem realizadas (CHECKLAND, 2004).

Esta metodologia de sistemas suaves é também conhecida como um sistema de aprendizagem. Tal aprendizagem diz respeito à complexa problemática da situação humana, e conduz a encontrar ações que se acomodem ao problema com o propósito de melhoria da situação, as quais pareçam sensíveis ao problema em apreço. O SSM articula o processo de questionamentos que conduz às ações, mas que não finaliza nesse ponto, a menos que se escolha executá-las. Essas ações mudam a situação do problema. Consequentemente, os questionamentos podem continuar. Novas ideias são levantadas e o aprendizado, em princípio, nunca acaba. Esse processo de aprendizado ou círculo pode ser entendido como uma sequência de estágios, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Representação dos sete estágios do SSM



Fonte: (ALMEIDA, 2012)

De acordo com Checkland (2004), os sete estágios do SSM são:

- Estágio 1 – estudar a situação considerada problemática:

Nesse estágio, procura-se observar a situação e coletar o máximo de informações, tais como: estrutura organizacional e características funcionais “clima” organizacional (questões estruturais da empresa); fluxos de autoridade, comunicação, atividades e decisões formais e informais; todo o tipo de informação que ajude a compor uma “figura rica”(do inglês, *Rich Picture*) da situação problema que seja o mais rica possível em detalhes.

Deve-se tentar captar as diferentes visões de mundo de todos os stakeholders envolvidos na situação. As técnicas utilizadas nesta fase são entrevistas, brainstorming, discussões em grupo, observação e coleta de dados secundários, entre outras.

- Estágio 2 – Expressar a situação problema

Neste estágio, busca-se definir a situação em que o problema ocorre. E ser feito a partir da “figura rica” da etapa anterior. Quando uma situação é representada em uma figura possibilita a inclusão de detalhes, principalmente relacionados ao

ambiente. É importante incluir informações tanto sobre a estrutura como sobre o processo, bem como a forma como se relacionam.

Devem-se considerar os atores envolvidos na situação, suas percepções e convicções sobre o sistema e suas particularidades, assim como os potenciais conflitos dentro do sistema, evitando, no entanto, a utilização de conceitos pré-concebidos.

- Estágio 3 – Formular as definições-chave do sistema relevante:

São discutidas e elaboradas as definições essenciais (*root definitions*) do sistema em questão. Essas definições essenciais dizem respeito à competência central de uma atividade humana, bem como a seus componentes. Os componentes da definição-chave (CATWOE) são:

Customer (clientes) Quem são as vítimas ou beneficiários do sistema?

Actors (atores): Quem irá executar as atividades?

Transformation (transformação): Quais as transformações que as atividades irão exercer?

Worldview (visão de mundo): Que ponto de vista dá sentido à definição?

Owner (proprietário): Quem pode parar esta atividade?

Environment (ambiente): Quais as restrições externas?

EXEMPLO: Uma universidade possui um sistema de avaliação para certificar seus estudantes como candidatos a emprego (em conformidade com os padrões nacionais).

C estudantes (potenciais candidatos)

A funcionários da universidade

T estudantes portadores de certificados

W acredita-se que a premiação é capaz de demonstrar as qualidades do potencial candidato ao empregador

O dirigentes da universidade

E padrões educacionais nacionais e padrões de avaliação

- Estágio 4 – Construir Modelos conceituais (ideias) do sistema definido anteriormente (baseado nas definições-chave):

Entende-se por modelo conceitual um conjunto estruturado de atividades necessárias para serem atingidos os objetivos esperados nas definições essenciais, bem como as relações existentes entre essas atividades. Esse modelo não deve ser baseado na realidade ou em um sistema já existente, mas deve ser viável. É conveniente descrever o modelo com 7 + 2 atividades operacionais que reflitam as definições-chave, bem como seus fluxo, a fim de tentar organizar os subsistemas contidos no modelo. Devem-se incluir processos de monitoração e controle da efetividade, eficácia e eficiência do sistema.

- Estágio 5 – Comparara com a realidade (4 com 2):

O modelo elaborado na etapa anterior servirá de base para uma comparação com a realidade expressa na “figura rica” feita no estágio 2. É importante que todos os *stakeholders* envolvidos no sistema participem desta etapa, a fim de expressarem suas diferentes opiniões, à luz de suas visões de mundo, sobre a situação em questão. O modelo construído serve como base para uma comparação com a realidade e para que, a partir das diferenças percebidas, sejam levantados pontos para a discussão do problema, bem como soluções e mudanças sugeridas, que é o objetivo principal deste estágio. Eventualmente, ao se chegar a esta etapa, pode-se notar a necessidade de voltar aos estágios 3 ou 4 e revisá-los, para poder depois voltar a este estágio e realizá-lo a contento.

- Estágio 6 – Definir possíveis mudanças desejáveis e implementáveis:

As mudanças propostas no estágio anterior são discutidas, verificando se são viáveis e desejáveis. Deve-se considerar se as mudanças serão aceitas e

incorporadas pela cultura existente, bem como a viabilidade econômico-financeira dessa implementação. Destacam-se três tipos de mudanças que podem ocorrer: estruturais, de procedimentos e de atitudes.

- Estágio 7 – implementa

A ação para melhorar a situação problema: Discute-se e resolve-se como a ação será implementada. Procura-se responder perguntas do tipo: Qual será o escopo da ação? Quem irá participar? Quais recursos serão necessários? Onde e quando será implementada? A partir do momento em que as perguntas são respondidas de comum acordo, elabora-se uma agenda geral, bem como uma individual, com um detalhamento incluindo todos os itens discutidos anteriormente.

De modo geral, os participantes constroem modelos conceituais do tipo ideal, para cada ponto de vista relevante do problema do mundo real. Eles os comparam com as percepções do sistema existente para gerar o debate sobre quais mudanças são culturalmente possíveis e sistematicamente desejáveis (CHECKLAND, 2004).

3 ESTUDO DE CASOS

3.1 Contextualização

Navios de escolta são compostos por fragatas, corvetas e contratorpedeiros (destróieres). Esses navios se diferem por seu tamanho, pela quantidade de armamento e pela força do motor. Uma escolta tem a função de proteger uma unidade de maior valor, que pode ser um navio aeródromo, um navio transporte de tropas ou um navio de apoio logístico. Assim, sua função principal é destruir ou neutralizar aeronaves e navios inimigos. Para tal, as fragatas brasileiras, por exemplo, têm mísseis anti-navio, canhões e lançadores de torpedos.

Os navios escoltas devem possuir capacidade antissubmarino, anti-superfície e antiaérea de defesa de ponto (disponibilidade de mísseis). Devem possuir capacidade de transporte, abastecimento, operação e manutenção de helicópteros, com capacidade para atacar alvos de superfície e submarinos, e realização de operações de esclarecimento (SANTOS *et al.*, 2016). A MB possui, no ano de 2019, 11 navios

escolta, com idade média superior a 30 anos, próximos do fim da sua vida útil (FUOCO, 2018). Assim, impera a necessidade de repor os navios que vão sair de serviço para que sua capacidade mínima de combate não seja ainda mais comprometida.

Desde a última década do século XX o orçamento disponibilizado pelo Governo Federal tem ficado aquém do valor necessário para atender às necessidades da MB, impossibilitando a alocação dos créditos necessários e suficientes à operação, à manutenção e ao reaparelhamento. As FA, especialmente a MB, têm sofrido restrições orçamentárias que resultam no não atendimento das necessidades mínimas da Força Naval, acarretando a redução da capacidade operacional e a acumulação de demandas de diversas ordens (SANTOS *et al.*, 2016).

Caso essa situação persista, poderá ser comprometido, inclusive, o atendimento às missões de socorro e salvamento, com o País deixando de cumprir importantes compromissos internacionais, como a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar. Cumpre ressaltar que o processo de obsolescência e envelhecimento do poder naval brasileiro se agrava ano a ano, gerando demandas que se acumulam. A se manter essa tendência, prevê-se a retirada do serviço ativo até 2025, de cerca de 87% dos navios da Marinha hoje existentes.

Atualmente a MB conta com os navios da classe Niterói e da classe *Greenhalgh* que possuem aproximadamente 50 anos de uso, com isso surgiu à necessidade imediata de renovação dos meios navais da Esquadra, visando incrementar a capacidade de defesa (monitoramento e proteção). Diante desse cenário foi aprovado um consórcio no valor de 9,2 bilhões de reais para construção de quatro novas fragatas, que são as fragatas da Classe Tamandaré.

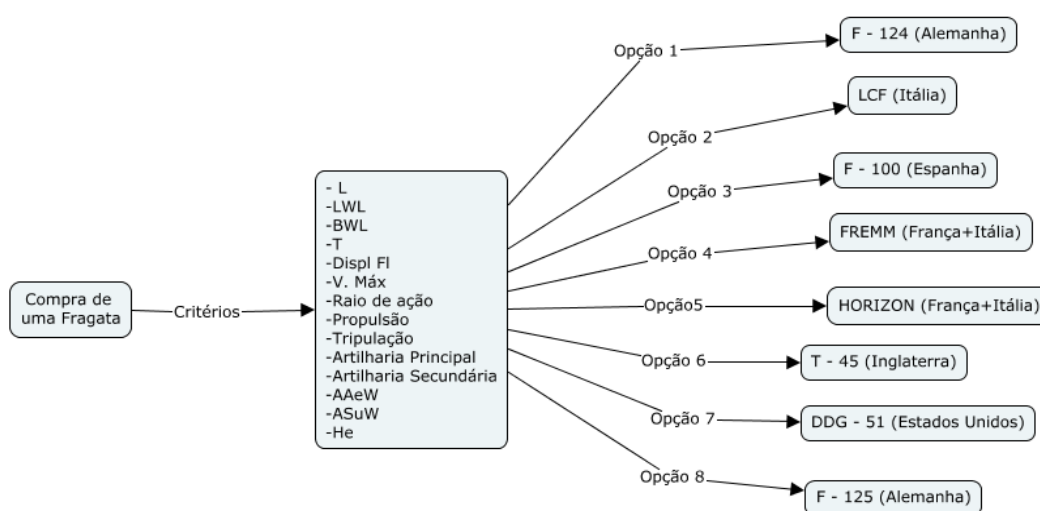
O programa “Classe Tamandaré” tem por objetivo promover e renovar a esquadra com 4 navios modernos, de alta complexidade tecnológica, construídos no País. O Programa é de grande importância e indispensável, não só para o controle de áreas marítimas de interesse, evitando o acesso de meios não desejáveis pelo mar, como também para que o País atue sob a égide de organismos internacionais e em apoio à política externa, de forma compatível com a inserção do Brasil no cenário internacional.

Porém os navios da classe Tamandaré estão com as entregas previstas para os anos de 2025 a 2028. Diante disso, os navios que a MB possui não estarão em perfeitas condições até que as novas fragatas fiquem prontas. Logo, a Marinha do Brasil estuda adquirir, na metade inicial da década de 2020, por meio do conhecido expediente das “compras de oportunidade” de fragatas e destroieres estrangeiros. A fim de manter o treinamento dos militares, continuar mantendo a proteção da costa brasileira e fazendo a segurança interna e externa de navegação.

3.2 Modelagem do Problema

Os critérios foram elencados por meio de entrevistas realizadas com alguns Oficiais da MB com mais de vinte anos de experiência no que diz respeito à operação e manutenção de navios de guerra. Por ocasião das entrevistas, foi utilizada a técnica do incidente crítico, a fim de que cada entrevistado pudesse apontar livremente os aspectos cruciais que devem ser observados no planejamento da compra. A partir dessas entrevistas e pesquisas foi feito o mapa mental na figura 6, que mostram os critérios e as opções de navios e seus respectivos países:

Figura 6 – Critérios e opções de compra de navios escolta disponíveis



Fonte: (Autores)

Os estudos que seguem têm como objetivo auxiliar a MB no processo de tomada de decisão de um navio de referência para compra ou construção. Para tal,

será utilizado o método FITRADEOFF. Foram selecionadas oito alternativas de navios a serem utilizadas.

- I. F-124 (D) - A classe F-124 Sachsen é a mais recente classe de fragatas da Marinha da Alemanha, dotadas de tecnologia de ponta de defesa aérea. O projeto destas fragatas baseia-se no da classe F123 Brandenburg, mas com características stealth (defesa para detecção de radar) melhoradas, e incorpora também o radar avançado multi-funções APAR, bem como o radar de longo alcance SMART-L, alegadamente capaz de detectar aviões e mísseis *stealth*. Embora designadas como fragatas, o seu tamanho e características podem comparar-se aos dos contratorpedeiros.

- II. LCF (NL) – As quatro fragatas “De Zeven Provinciën” são navios avançados de defesa aérea em serviço na *Koninklijke Marine* (Marinha Real da Holanda). Esta classe, também conhecida como LCF, (Luchtverdedigings-en commandofregat), fragata de defesa aérea e de comando foi concebida para a proteção contra ameaças aéreas, mas também têm a bordo armas para engajar alvos de superfície e submarinos: mísseis antinavio *Harpoon* e torpedos anti-submarino Mk.46. A principal arma das “De Zeven Provinciën” é o Mk41 Vertical Launch System, cada um com 32 mísseis *Evolved Sea Sparrow* e 32 mísseis SM-2 Standard IIIA, com capacidade para interceptar mísseis balísticos. As fragatas são equipadas com a suíte Thales *Anti Air Warfare*, que consiste no radar APAR multifunção, capaz de guiar múltiplos mísseis ESSM e SM-2 simultaneamente contra múltiplos alvos e o radar SMART-L, com alcance de mais de 400 km, capaz de detectar e rastrear milhares de alvos simultâneos, até mesmo os *stealth* (PODER NAVAL, 2008a).

- III. F-100 (E) – A classe “Álvaro de Bazán” (também conhecida como a classe F100 de fragatas) é uma nova classe de fragatas de defesa do sistema de combate Aegis equipadas com a Marinha Espanhola. Os navios são equipados com tecnologia de armas American Aegis que lhes permite rastrear centenas de alvos aéreos simultaneamente como parte de sua rede de defesa aérea. A F-100 é um dos poucos navios não-americanos que usam o sistema SPY-1D (PODER NAVAL, 2008b)

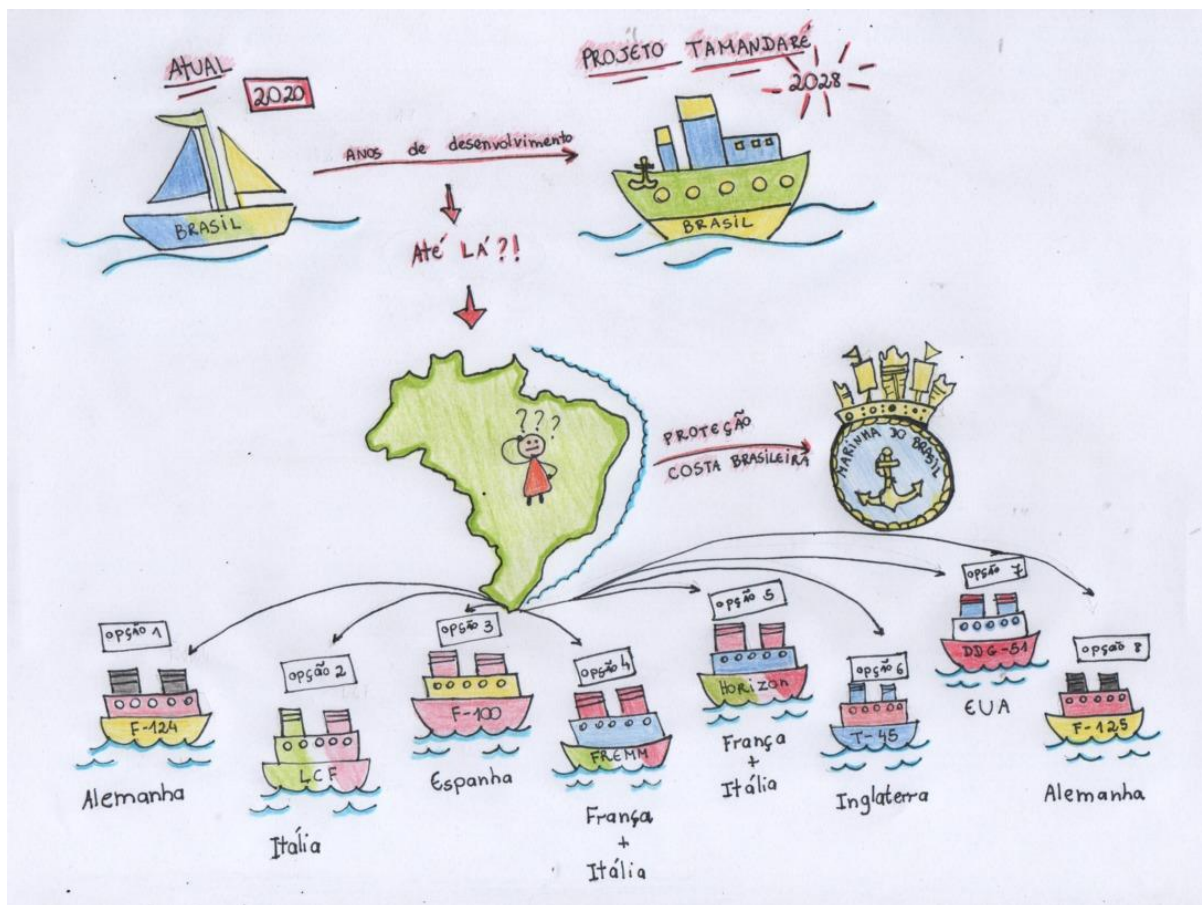
- IV. FREMM (F) + (I) – A FREMM (*Multipurpose Frigate — Frégate multi-mission* ou *Fregata Europea Multi-Missione*) é resultado do mais ambicioso programa naval cooperativo europeu para França e Itália. São fragatas com capacidade ASW, ASuW, AAW e ataque terrestre. As missões essenciais das FREMM são o domínio do meio aeromárítimo e a participação ativa em conjunto, assim como o apoio ao grupo aeronaval e anfíbio (PODER NAVAL, 2019).
- V. HORIZON (F) + (I) – A missão principal das fragatas da classe Horizon é a defesa antiaérea contra-ataques de saturação com mísseis anti-navio. Mesmo o projeto tendo este objetivo, ainda sim, o navio conta com uma poderosa capacidade antissubmarina. Os navios da classe Horizon contam com modernos e eficientes sistemas de defesa contra radares inimigos e contra armamentos como mísseis anti-navio e torpedos que eventualmente sejam lançados contra o navio (WARFARE BLOG, 2016).
- VI. T-45 DARING (UK) – O destróier Tipo 45, também conhecida como a D ou classe Daring, é uma classe de seis destróieres de mísseis guiados construídos para *United Kingdom's Royal Navy*. A classe é projetada principalmente para as guerras antiaéreas e antimísseis e é construída em torno do sistema de defesa aérea PAAMS (*Sea Viper*) utilizando os radares de longo alcance SAMPSON AESA e S1850M. Os primeiros três destróieres foram montados pela *BAE Systems Surface Fleet Solutions* através de "blocos" parcialmente pré-fabricados construídos em diferentes estaleiros, os três restantes foram construídos pela *BAE Systems Maritime - Naval Ships*.
- VII. DDG-51 (USNavy) – O USS Arleigh Burke (DDG-51) é um contratorpedeiro da classe Arleigh Burke pertencente a Marinha de Guerra dos Estados Unidos. O DDG-51 é um destróier multi-missão com ênfase em operações de defesa aérea (AAW) e de água azul. Ao longo da carreira, participou de várias missões humanitárias e militares. Entre elas, a Operação Liberdade Duradoura, a invasão do Iraque em 2003 e a Operação Determinação Inerente.
- VIII. F-125 (D) – As fragatas de classe F125 Baden-Württemberg são uma série de fragatas da marinha alemã, que foram projetadas e construídas pela ARGE F125, uma joint-venture da Thyssen-Krupp e da Lürssen (PODER NAVAL, 2013).

A partir dos parâmetros apresentados em Vogt (2018), foram elencados, após consulta a Oficiais da Marinha do Brasil com mais de 20 anos de experiência na área, os seguintes critérios:

- I. Comprimento (L): É a dimensão longitudinal do navio, em metros.
- II. Comprimento na linha de água (LWL): É o comprimento do navio na linha de água (linha de flutuação).
- III. Boca linha de água (BWL): É a dimensão máxima transversal do navio, em metros.
- IV. Calado (T): É a dimensão, em metros, medida entre o ponto mais alto do navio (mastro, antenas de rádio ou de radar) e a linha de água. O conhecimento desta dimensão é importante para que o navio passe, em condições de segurança, sob pontes ou outros tipos de obstáculos. Depende do calado atual (depende, portanto, da carga do navio) e depende também do nível das marés.
- V. Deslocamento (Displ FI): O deslocamento é a medida do peso correspondente ao volume de água que o navio desloca. Esse valor corresponde ao peso do navio, sendo expresso em Toneladas. É obtido pela multiplicação do volume de navio submerso pela densidade da água do mar (em média, da ordem de 1.025 kg/m³). Os navios de guerra são classificados pelo seu deslocamento.
- VI. Velocidade Máxima (VMax): Velocidade correspondente ao regime de máxima potência das máquinas. A velocidade máxima de um navio de guerra é raramente utilizada em tempo de paz, pois implica em um maior consumo de combustível e um esforço desnecessário da máquina.
- VII. Raio de ação: Distância máxima, em milhas náuticas, que o navio consegue alcançar saindo de sua base, e a ela regressar, sem necessidade de reabastecimento de combustível.
- VIII. Propulsão: É qualquer meio de produção de energia mecânica que permita o deslocamento de embarcações.

- IX. Tripulação: Conjunto de pessoas, hierarquicamente organizadas, que asseguram a operação de uma embarcação. Inclui pessoal de várias carreiras profissionais certificados responsáveis por assegurar o funcionamento de cada um dos departamentos, seções ou serviços. O número de tripulantes vai depender das missões do navio e da tecnologia embarcada, ou seja, do nível de automação adotado. No outro extremo, uma tripulação mais numerosa diminui o conforto e a autonomia do navio no quesito mantimentos (VOGT, 2018). Considerou-se, no estudo, que quanto maior a tripulação, pior.
- X. Artilharia Principal: Armamento ou um conjunto de armamentos que confere a principal defesa ao navio.
- XI. Artilharia Secundária: Age em complemento a bateria principal.
- XII. AAeW (*Anti-air warfare*): Ramo da guerra aéreo para combater ameaças aéreas.
- XIII. AsuW (*Anti-surface warfare*): Ramo da guerra naval que se refere à supressão de combatentes de superfície. Mais genericamente, são quaisquer armas, sensores ou operações destinadas a atacar ou limitar a eficácia das naves de superfície de um adversário.
- XIV. ASW (*Anti-submarine warfare*): Ramo da guerra submarina que utiliza navios de guerra de superfície, aeronaves ou outros submarinos para localizar, rastrear e deter, danificar ou destruir submarinos inimigos.
- XV. He (helicóptero): Contribui para o valor combatente, transferência de carga e material, evacuação aero médica.

Figura 7 – Figura rica



Fonte: (Autores)

A Figura 7 ajuda a ilustrar e facilitar no entendimento do problema, deixando claro que o Brasil atualmente possui navios no fim de sua vida útil e que, até o projeto Tamandaré ficar pronto, provavelmente em 2028, precisará comprar pelo menos um navio escolta de outro país para suprir a falta de navios e conseguir proteger de forma correta a costa brasileira.

A Figura rica tem o objetivo de construir um entendimento compartilhado por todos os atores das diferentes perspectivas presentes, servindo como base para qualquer discussão posterior relacionado ao problema citado.

3.3 Possíveis alternativas

Na tabela 1 estão os dados de cada navio de acordo com suas respectivas especificações e seus países de origem.

Tabela 1: Tabela comparativa dos parâmetros de fragatas e destróiers modernos

DADOS TÍPICOS	F-124 (D)	LCF (NL)	F-100 (E)	FREMM (F)+(I)	HORIZON (F)+(I)	T-45 (UK)	DDG-51 (USA)	F-125 (D)
L	143,0 m	144,2 m	146,7 m	137,0 m	153,0 m	152,4 m	153,8 m	149,5 m
LWL	132,2 m	—	133,2 m	—	141,7 m	143,5 m	142,0 m	—
BWL	16,7 m	18,9 m	18,6 m	19,0 m	20,0 m	18,0 m	18,0 m	18,8 m
T	5,0 m	5,2 m	4,9 m	5,0 m	5,1 m	5,7 m	6,3 m	5,0 m
DISPL. FL	5600 tons	6050 tons	5800 tons	5500 tons	6700 tons	7350 tons	8300 tons	7200 tons
V Max.	29kts	30kts	29kts	27kts	29kts	29kts	32kts	26kts
Raio de Ação	4000/18	5000/18	4500/18	6000/15	7000/18	7000/18	8150/20	4000/?
Propulsão	CODAG 28,3 MW	CODOG 16,8/37,0	CODAG 47,6 MW	CODLAG 44 MW	CODOG 52,0 MW	IEP 44,4 MW	COGAG 78,8 MW	CODLAG 29,4 MW
Tripulação	230 +13	200+30	202 +48	145	182+48	190+45	380	110+80
Artilharia Principal	1x76 mm SupRapid	1x127 mm OTO54LW	1x127/54 Mk 45 - 2	1x76mm SupRapid	1x76 mm SupRapid	1x114 mm Mk 8-1	1x127mm Mk 45-1	1x127 OTO62LW
Artilharia Secundária	2x27 mm	2x CIWS 30mm	2x CIWS 20mm	2x KBA 25mm	2x KBA 25mm	2x CIWS 20 mm	2x CIWS 20 mm	2x27 mm 7x12,7mm
AAeW	ESSM SM- 2 MR	ESSM SM- 2 MR	ESSM SM- 2 MR	ASTER- 15/30	ASTER- 15/30	ASTER- 15/30	ESSM SM- 2	2x RAM
ASuW	EXOCET	HARPOON	HARPOON	MM-40	MM-40 III	HARPOON	HARPOON	HARPOON
ASW	MU-90	Mk-46	Mk-46	MU-90	MU-90	STGRAY	ASROX	SUB ROV
He	2x LYNX	1x LYNX	1x SH60B	1x NH-90	1x NH-90	LYNX-300	1x SH60B	2x NH-90
Países: D, Alemanha; E, Espanha; F, França; I, Itália; NL, Holanda; UK, Inglaterra; USA, Estados Unidos.								

Fonte: (VOGT, 2018)

3.4 Proposta de Solução ou Modelo Proposto

A escolha de um navio escolta para a Marinha do Brasil é dada em uma aplicação numérica, apoiada em um estudo de situação hipotético e realístico, convenientemente examinada com objetivo de representar um contexto consistente e realista. Os resultados são indicados para checar a regularidade do modelo estabelecido com situações e contextos reais. Uma aproximação a aspectos pertinentes foi considerada devido a característica de sigilo necessária neste contexto.

Para exemplificar como poderia ser estruturada a decisão deste modelo, as seguintes características de cada navio foram consideradas: comprimento, comprimento em linha d'água, boca em linha d'água, calado, deslocamento,

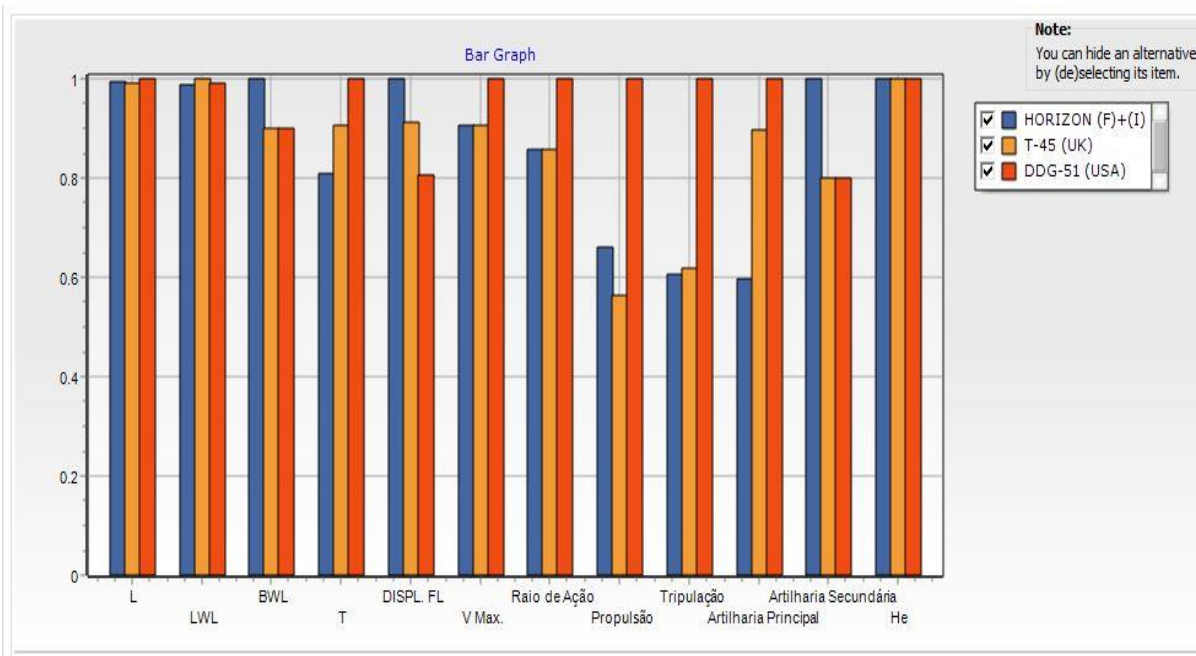
velocidade máxima, raio de ação, propulsão, tripulação, artilharias, armamento anti-aéreo, armamento anti-superfície, armamento anti-submarino e aeronaves.

Utilizando o método FITradeoff, é possível ter um resultado hipotético que irá auxiliar na escolha da fragata ideal para uma compra de oportunidade.

A primeira etapa para utilização do método FITradeoff consiste no levantamento dos dados, conforme mostra na Tabela 1.

Ao ignorar o processo de elicitação da ordem dos pesos, obtemos três opções elegíveis de navios escolta. São estes: Horizon (F)+(I), T-45 (UK) e DDG-51 (USA).

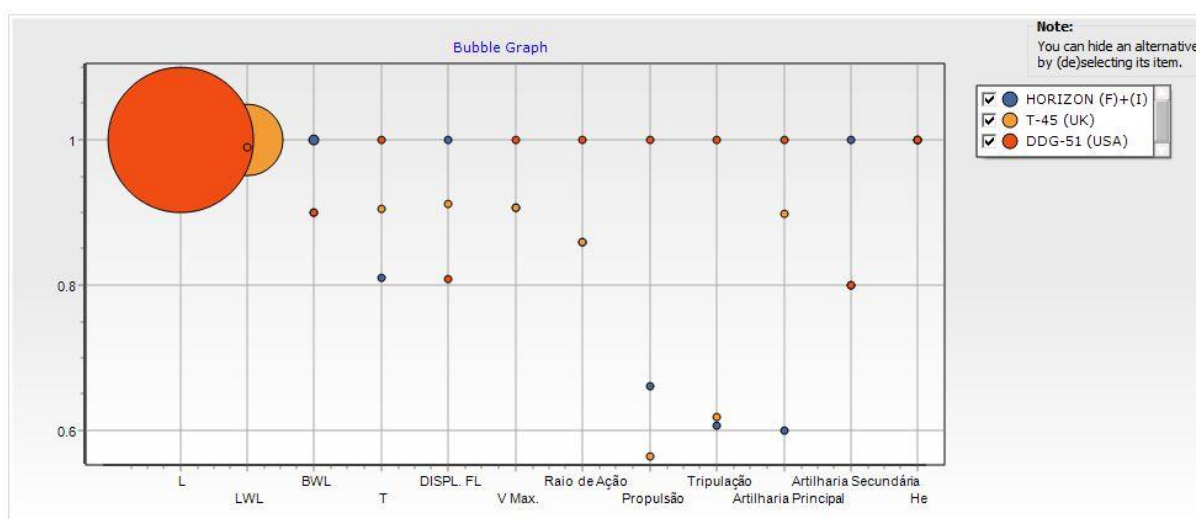
Figura 8: Gráfico de barras sem o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios



Fonte: (Autores)

Na Figura 8 pode-se observar que já ao colocar os navios com os critérios no FITradeoff, o programa gera um gráfico de barras já selecionando os três melhores navios, comparando suas diferenças em relação aos critérios.

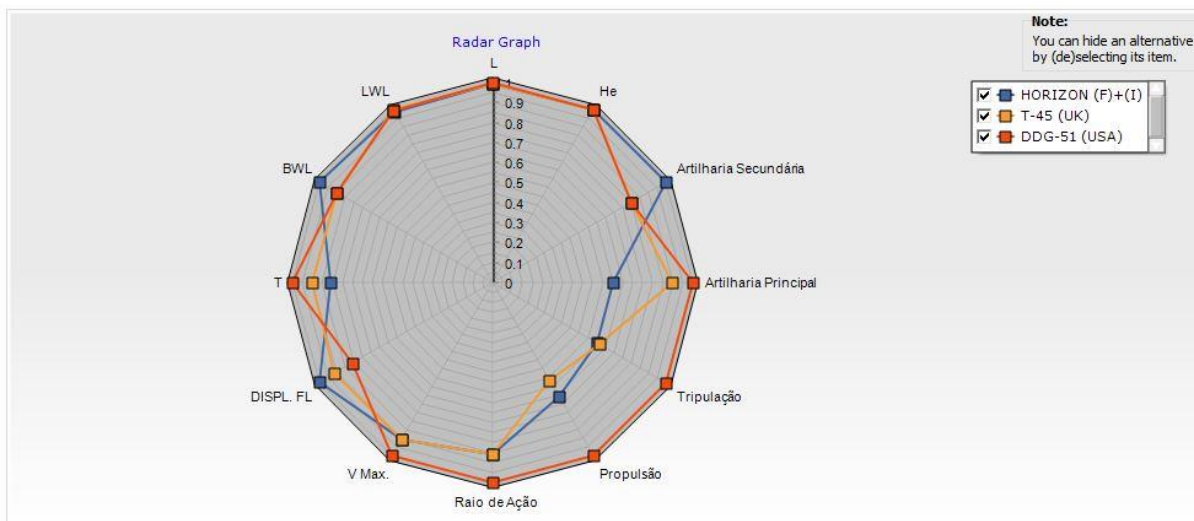
Figura 9: Gráfico de bolhas sem processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios



Fonte: (Autores)

O FITradeoff também gera um gráfico de bolhas, conforme a Figura 9, que mostra uma nova perspectiva em relação ao gráfico de barras mostrado na Figura 8.

Figura 10: Gráfico radar após o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios



Fonte: Autores

Na Figura 10 mostra um gráfico de radar com os três navios escolhidos pelo programa, mostrando as vantagens e desvantagens que um tem sobre o outro.

Caso o decisor não se sinta seguro para decidir entre as três opções de navio escolta com base nas informações apresentadas, ele pode prosseguir no processo de elicitação flexível conforme é ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Primeira pergunta do processo de elicitação flexível dos pesos dos critérios

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

Consequence A

C1:	X1: 145.4	
C2:	W2: 128	B2: 143.5
C3:	W3: 16.7	B3: 20
C4:	W4: 4.9	B4: 6.3
C5:	W5: 8300	B5: 5500
C6:	W6: 26	B6: 32
C7:	W7: 4000	B7: 8150
C8:	W8: 28.3	B8: 78.8
C9:	W9: 145	B9: 380
C10:	W10: 76	B10: 127
C11:	W11: 40	B11: 142.9
C12:	W12: 1	B12: 2

WORST

BEST

Consequence B

W1: 137	B1: 153.8
W2: 128	B2: 143.5
W3: 16.7	B3: 20
W4: 4.9	B4: 6.3
W5: 8300	B5: 5500
W6: 26	B6: 32
W7: 4000	B7: 8150
W8: 28.3	B8: 78.8
W9: 145	B9: 380
W10: 76	B10: 127
W11: 40	B11: 142.9
W12: 1	B12: 2

WORST

BEST

Note :

- Wi is the worst outcome of criterion Ci
- Xi is an outcome in between best and worst of criterion Ci
- Bi is the best outcome of criterion Ci

Options:

☐ Consequence A

☐ Consequence B

☒ Indifferent

☐ No Answer

OK

Number of Questions Answered: 0

Number of Potentially Optimal Alternatives: 3

Show Current Results

Stop Elicitation

Chosen Order:

C1 - L

C2 - LWL

C3 - BWL

C4 - T

C5 - DISPL. FL

C6 - V Max.

C7 - Raio de Ação

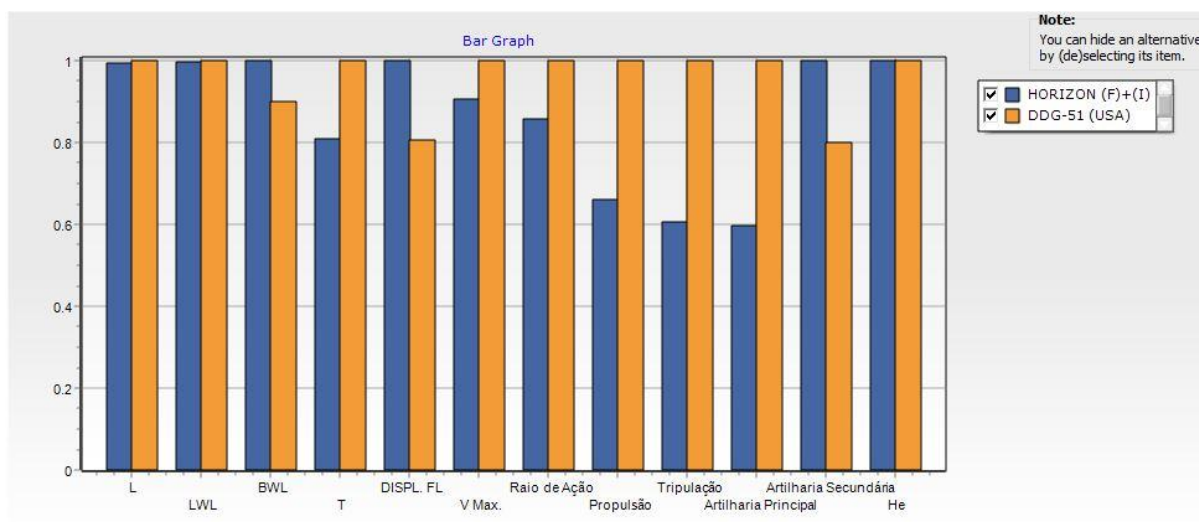
Equivalence Test:
(Maximum difference between P. O. A.s)

Between	Max. Difference
HORIZON (F)+(I) - T-45 (UK)	0.17500000
T-45 (UK) - HORIZON (F)+(I)	0.04020000
HORIZON (F)+(I) - DDG-51	0.18000000
DDG-51 (USA) - HORIZON (F)+(I)	0.06000000

Fonte: (Autores)

Após responder as duas primeiras perguntas do processo de eliciação flexível, informando que as opções são indiferentes (pois não há certeza de peso de critérios), o sistema informa que a quantidade de alternativas é reduzida para 2, conforme Figura 12, mostrando que sobraram apenas Horizon (F)+(I) e DDG-51 (USA).

Figura 12: Redução para duas alternativas não dominadas



Fonte: Autores

3.5 Resultados Alcançados

Se o número de alternativas possivelmente ótimas é reduzido, tem-se novo dado gráfico sobre alternativas possivelmente ótimas de modo similar ao das Figuras 8 e 9. Ao responder a oitava questão do processo de elicitación flexível, o programa já é apto a dizer que o navio escolta DDG-51 (USA) é a alternativa mais adequada entre as analisadas.

Diante desta aplicação é possível demonstrar a interatividade e a flexibilidade do método FITradeoff. O método e o programa permitiram exigir pouco esforço mental do decisor para a escolha do navio escolta DDG-51 (USA) como a melhor alternativa.

3.5.1 Discussão dos Resultados

Pode-se perceber neste caso a eficiência do método FITradeoff, que, em poucos minutos, consegue solucionar um problema de nível nacional.

É indiscutível que o navio escolta DDG-51 é a alternativa mais adequada, pois ele ganha em quase todas as características apresentadas com bastante vantagem.

Em 2019 foi feito o mesmo estudo utilizando o método THOR, e o resultado foi o mesmo, considerando o DDG-51 como a alternativa mais adequada.

3.6 Considerações Finais

A escolha de um navio escolta para a Marinha do Brasil é uma decisão complexa e estratégica. O método multicritério desenvolvido e execução apresentaram-se como pertinentes perspectivas de suporte ao processo decisório já que com poucas interações foi possível diminuir consideravelmente o número de opções e permitir uma análise mais minuciosa nos tradeoffs mais interessantes entre as alternativas não dominadas restantes em cada interação. Embora a suposição de método adicional determinístico possa ser crítica, a perspectiva de redução de inconsistências em detrimento da interatividade e flexibilidade do processo de elicitación do FITradeoff.

O programa FITradeoff preveniu a necessidade de presumir os valores precisos dos pesos dos critérios o que proporcionou uma adequação e a praticidade da

abordagem empregada na forma simples e coerente de elicitar as preferências do decisor para apoiar o processo decisório.

Para futuros estudos sobre o assunto, deve-se buscar o critério de custo, pois pode ser considerado um dos fatores mais importantes para a escolha do melhor navio. Indica-se também utilizar um método diferente do FITradeoff, como o SAPEVO-M, para ter uma maior confirmação do navio escolta ideal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerman, F., Bawden, R. and 43 others (2009) **“The Case for Soft OR”**, Letter to the Editor, ORMS Today, 36, 20-21
- Ackoff, R.L. (1979) **“The Future of Operational Research is Past”**, J. Opl Res. Soc., 30, 93-104.
- Ackoff, R.L. (1981) **“The Art and Science of Mess Management,”** Interfaces, 11, 20–26.
- Ackoff, R.L. (1999) Re-creating the corporation: A design of organization for the 21st century. Oxford University Press, New York.
- ALMEIDA, A. T de.; de Almeida, J. A.; COSTA, A. P. C. S.; 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.
- ANDRADE, E. L. **“Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a Análise de Decisão”**. LTC, 2a ed. Rio de Janeiro, 2000.
- ANGELO, Vitor Amorim de. **Movimento defendeu mudanças na Marinha**. Disponível em <<http://educacao.uol.com.br/historia-brasil/revolta-chibata.jhtm>>. Acesso em: 07 nov.2019.
- BARBARÁ, S. Gestão por Processos: Fundamentos, Técnicas e Modelos de

Implementação, Editora Qualitymark. Vol. 1, 2006.

BORNIA, Antonio Cezar; WERNKE, Rodney. **A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais**. Revista Contabilidade & Finanças. FIPECAPI – FEA – USP. v.14, n. 25, p. 60-71, jan./abr. 2001.

CARVALHO, M. M; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro 2005.

Checkland, P.B. (1981) Systems Thinking, Systems Practice, Wiley, Chichester, UK.

Checkland, P. and Poulter, J. (2006) Learning for Action: A Short Definitive Account of Soft Systems Methodology, and Its Use for Practitioners, Teachers and Students, Wiley, Chichester, UK.

Checkland, P. and Scholes, J. (1990). Soft Systems Methodology in Practice, Wiley, Chichester, UK. Eden, C. (1982) “**Problem Construction and the Influence of OR**”, Interfaces, 12, 50-60.

COLENGHI, V. M. O&M e **Qualidade total: uma interpretação perfeita**. 3 ed. Uberaba: V.M., 2003.

FERREIRA, C. **A Utilização de Ferramentas da Qualidade nos Processos Organizacionais em um Escritório de Contabilidade da Cidade de Natal RN**. Monografia referente a conclusão de graduação de administração. Natal, Universidade Estácio de Sá, 2009.

FREJ, Eduarda Asfora; de ALMEIDA, Adiel Teixeira; COSTA, A. P. C. S. FITradeoff na Problemática de Ordenação: Modelagem e Aplicação. In: XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2017, Blumenau. Anais do XLIX SBPO, 2017.

FREJ, E. A., de ALMEIDA, A. T. “**Seleção de fornecedores em uma indústria de alimentos com base no método multicritério FITradeoff**”. Anais do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 2018.

FUOCO, T. Marinha fará licitação de U\$ 1,6 bi em navios de guerra no 1T19. 2018. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/noticias/bloomberg/2018/11/12/marinha-fara-licitacao-de-u-16-bi-em-navios-de-guerra-no-1t19.htm?cmpid=copiaecola>> Acesso em 24 mai. 2020

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Princípios e métodos para tomadas de decisões**. p. 322–324

GOMES, L. F. A. GOMES, C.F.S. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 4 Edição, São Paulo: Atlas, 2012.

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/datas-comemorativas/dia-marinha-brasileira.htm>> Acesso em: 21 set. 2019.

GONÇALVES, J. E. L. **As empresas são grandes coleções de processo**. RAE. Revista de Administração de Empresas, v. 40, n. 1, p. 5-19, jan/mar 2000.

Haerem, T.; Karlsen, T. (2011). Do Military Decision Makers Behave as Predicted by Prospect Theory ? Journal of Behavioral Decision Making, v. 497, p. 482–497.

HARRINGTON, H.J. **Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade, produtividade e competitividade**. São Paulo: Makron Books, 1993.

Helder Gomes Costa; Marcos Roboredo; Leonardo Antonio Monteiro Pessôa. **“Metodologias Multicritério no campo militar: um panorama do domínio tático/operacional”**. In: LI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2019, Limeira. Anais eletrônicos... Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo-2019/papers/metodologias-multicriterio-no-campo-militar--um-panorama-do-dominio-tatico-operacional?lang=pt-br>> Acesso em: 06 nov. 2019.

HOERL, R. W. Six Sigma Black Belts: What Do They Need to Know? 45th Annual Fall Technical Conference of the Chemical and Process Industries Division and Statistics

Division of the American Society for Quality and the Section on Physical & Engineering Sciences of the American Statistical Association in Toronto, Ontario, Canada, p. 393, October 18–19, 2001.

KEENEY, R.L., Raiffa, H. (1976). Decision analysis with multiple conflicting objectives. Wiley & Sons, New York

LEITE, I; FREITAS, F.(2012). “**Análise comparativas dos métodos de apoio multicritério a decisão**”: AHP, ELECTRE E PROMETHEE”, In: Anais do XXXII ENEGEP 2012

MACHADO, R.. Como fazer Plano de Ação 5W2H e modelo de exemplo em planilha, 2009.

MAR. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/vertente-economica.html> Acesso: 24 set. 2019

MARIANI, C. A.; PIZZINATTO, N. K.; FARAH, O. E. **Método PDCA e Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos Industriais**: Um Estudo de Caso. Anais do XII SIMPEP. Bauru, SP, 2005.

MARINHA. Fragatas Classe Greenhalgh. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/fragatas-classe-greenhalgh>> Acesso: 01 out. 2019.

MARINHA. Fragatas Clase Niteroi, Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/fragatas-classe-niteroi>> Acesso: 01 out. 2019.

MARINHA. Programa Classe Tamandare. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/programa-classe-tamandare>> Acesso em: 21 mai. 2020

MARSHALL, I., CIERCO, A. ALVES, A. V., MOTA, E. B., AMORIM, S. R. L. **Gestão da Qualidade**. 8. Ed. Rio de Janeiro, FGV, 2006.

MUNDO EDUCAÇÃO. Datas Comemorativas dia Marinha. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/datas-comemorativas/dia-marinha->

brasileira.htm> Acesso em: 21 set. 2019.

OLIVEIRA, C., **Inovação da Tecnologia, do Produto e do Processo**. 2.ed. Nova Lima (MG): EDG, 2003. 311p.

OLIVEIRA, D. de P. R. de O.. **Administração de processos: Conceitos, Metodologia, Práticas**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Pessôa, L.; Ferreira, R. J. P.; De Almeida, A. T. (2016). **“Análise de Escolha de Armamento Naval com base no Método Multicritério FITradeoff”**, In: Anais do XLVIII SBPO, Vitória, SOBRAPO

PODER NAVAL. Batizada a primeira fragata F125 alemã, a ‘Baden-Württemberg’. 2013. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2013/12/22/batizada-a-primeira-fragata-f125-alema-a-baden-wurttemberg/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

PODER NAVAL. Candidata à nova escolta da MB: fragata espanhola F-100. 2008b. Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2008/08/29/candidata-a-nova-escolta-da-mbfragata-espanhola-f100/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

PODER NAVAL. Candidata à nova escolta da MB: De Zeven Provincien. 2008a. Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2008/08/27/candidata-a-nova-fragata-da-mb-de-zeven-provincien/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

PODER NAVAL. Itália oferece fragatas FREMM ao Brasil. 2019. Disponível em: < <https://www.naval.com.br/blog/2019/01/30/italia-oferece-fragatas-fremm-ao-brasil/>>. Acesso 28 jun. 2020.

REVISTA MARÍTIMA. Disponível em: <http://www.revistamaritima.com.br/sites/default/files/rmb_1t-2018.pdf> Acesso: 01 out. 2019

RIABACKE, M., M. Danielson, And L. EKENBERG. (2012). State-of-the-Art Prescriptive Criteria Weight Elicitation. *Advances in Decision Sciences*, p. 1–24

SANTOS, M., GOMES, C. F. S., E COSTA, H. G. Uma abordagem multicritério para seleção de uma navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil. In: Anais XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Vitória, 2016

SANTOS, M. et al. Revisitando o Método THOR: uma pesquisa bibliométrica In: XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha. Rio de Janeiro: Anais do XIX SPOLM, 2019. Acesso em 01 de junho de 2020. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/335272751_Revisitando_o_Metodo_THOR_uma_pesquisa_bibliometrica>.

Sinopse Histórica. Disponível em
<https://www.mar.mil.br/menu_h/historia/historia_naval/histor.htm>. Acesso em: 07 nov.2019.

SCOPUS. Disponível em: <<https://www-scopus.ez205.periodicos.capes.gov.br/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&st1=multicriteria+method&nlo=&nlr=&nls=&sid=0fa9c45b4c07fe5f25eb8cf c3 ebd4b8d&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubtype%2c%22ar%22%2ct&sl=35&s=TITLE-ABS-KEY%28multicriteria+method%29&ref=%28method+FITradeoff%29&origin=resultslists&t&zone=leftSideBar&editSaveSearch=&txGid=da4f66a77808b15cbe6a41cd9a7cfb9c>>
Acesso em: 18 set. 2019.

VOGT, R. Novo estudo de um escolta para a Marinha do Brasil. Revista Marítima Brasileira, v.138, n. 01/03, 2018, pp. 47-74.

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

WARFARE BLOG. FRAGATA CLASSE HORIZON Novos horizontes na cooperação naval europeia. 2016. Disponível em: <
<https://www.warfareblog.com.br/2016/01/fragata-classe-horizon-novos-horizontes.html/>>. Acesso: 28 jun. 2020.

