



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE SYLVIO DE CAMARGO - CIASC
CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS DA MARINHA DO BRASIL

CT (QC-FN) RAONI CERQUEIRA LIMA

SELEÇÃO DE UM SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA PARA O CORPO DE
FUZILEIROS NAVAIS A PARTIR DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE
APOIO À DECISÃO AHP E THOR

Rio de Janeiro, RJ

2019

CT (QC-FN) RAONI CERQUEIRA LIMA

**SELEÇÃO DE UM SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA PARA O CORPO DE
FUZILEIROS NAVAIS A PARTIR DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE
APOIO À DECISÃO AHP E THOR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte
dos requisitos necessários à obtenção do
certificado de Especialista em Gestão de
Operações e Logística pela Universidade
Federal do Rio Grande em cooperação com
o Centro de Instrução Almirante Sylvio de
Camargo, Corpo de Fuzileiros Navais da
Marinha do Brasil.

Orientador:

Prof. Dr. Marcos dos Santos

RESUMO

O mundo tem evoluído de maneira exponencial, esse crescimento desenfreado tem causado o caos nos ambientes urbanos, bem como a desordem. Tal situação implica no aumento das tecnologias de combate. A guerra eletrônica se faz presente desde os conceitos da guerra convencional até os moldes atuais para combate em ambiente urbano. Em função do supracitado, as Forças Armadas têm adotado critérios cada vez mais minuciosos para escolha de seus sistemas de guerra eletrônica visando maximizar a eficácia da utilização nos diversos ambientes que pode ser empregado. Este artigo visa auxiliar a aplicação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), como plataforma base da tomada de decisão no quesito aquisição de nova ferramenta de guerra eletrônica. A aplicação do método THOR será utilizada de forma a contextualizar os métodos e complementar o entendimento da tomada de decisão multicritério. Para estruturação do problema, utilizou-se a ferramenta PSM (Problem Solving Methods), apoiados no SODA (Strategic Options Development and Analysis) mais especificamente nos mapas cognitivos.

Palavras-Chave: Sistema De Guerra Eletrônica; Auxílio À Decisão Multicritério; Analytic Hierarchy Process (AHP); THOR.

ABSTRACT

The world has evolved exponentially, this unbridled growth has caused chaos in urban environments as well as disorder. Such a situation implies the increase of technologies to combat organized crime. That way, an electronic war that is present from conventional warfare patterns to the present day. In light of the foregoing, the Armed Forces are increasingly adopting more and more details in choosing their electronic weapon systems. This article aims to help the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method as a base platform for decision making in the acquisition of a new electronic warfare tool. The application of the THOR method will be used to contextualize the methods and complement the understanding of multicriteria decision making. To structure the problem, the PSM (Problem Solving Methods) tool was used, supported by the Strategic Options Development and Analysis (SODA), more specifically in cognitive maps.

Keywords: Electronic Warfare System; Multicriteria Decision; Analytic Hierarchy Process (AHP); THOR.

INTRODUÇÃO

Tomar decisões é um ato inerente a qualquer atividade, fazer a melhor escolha a fim de atingir o melhor resultado é a ânsia da maioria, quiçá, de todos os decisores em qualquer seguimento. Segundo Sternberg (2000), decidir é intrínseco à natureza humana. Acerca de decisões bélicas, escolher eficazmente o método ou equipamento que será utilizado é de extrema importância a todos os níveis. Em relação a guerra eletrônica, se antecipar aos fatos traz grandes oportunidades ao lado que detém esta vantagem.

Equipamentos de guerra eletrônica trazem um robusto arcabouço para coleta, análise e compreensão de dados. No combate atual o avanço tecnológico dispõe de diversas alternativas aplicáveis, decidir qual a mais eficiente demanda utilizar de critérios de decisão.

O presente estudo visa auxiliar os decisores expondo em forma fácil, numérica e hierarquizada fatores comparáveis de equipamentos nomeados genericamente, que parecem iguais, porém demonstram a sensibilidade de alguns aspectos distintos que cada um proporciona. Objetiva também, comparar o equipamento anterior com atual de uma organização militar, e elucidar como se daria o apoio a decisão dos superiores quando na escolha de um novo equipamento de guerra eletrônica, de modo a explicitar que a teoria da tomada de decisão pode ser aplicada nas organizações militares no quesito aquisição de novos ativos, salientando que o fator humano está sempre envolvido, e que este artigo não esgota as possibilidades existentes que envolvem um processo decisório.

A aplicação prática de todos estes conceitos teóricos, tem sido usada em outras tomadas de decisão no campo militar como já visto no artigo UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE UM NAVIO DE GUERRA DE MÉDIO PORTE A SER CONSTRUÍDO NO BRASIL (Santos, M at. al, 2016). Este tem o objetivo singular de apoiar a decisão do alto escalão da Administração Naval, demonstrando que a metodologia aplicada na prática funciona como uma excelente ferramenta de tomada de decisão logística, seja na escolha de um novo material ou em decisões complexas envolvendo incertezas ou riscos.

Vale considerar que as instituições militares tem como propósito mais abrangente a Defesa da Pátria, logo conclui-se que este trabalho contribui para a sociedade no ponto que a escolha de um equipamento mais adequado ajudará no combate real nos ambientes diversos do Brasil.

A PESQUISA OPERACIONAL HARD E SOFT E SUAS DIFERENÇAS

PO ou Pesquisa Operacional é a área de conhecimento que se encarrega de modelar os problemas do cotidiano, que vivemos no mundo real, de forma a resolvê-los e otimizar os resultados e os processos de tomada de decisão.

Teve origem na II Guerra Mundial, onde grupos multidisciplinares foram organizados para resolver problemas da área logística, e tático-estratégico do campo de batalha.

Com a expansão e alcance de resultados positivos, ao fim da guerra, o estudo da matéria foi se incorporando as organizações, onde modelos matemáticos foram se desenvolvendo para modelar problemas já existentes e aumentar a assertividade dos tomadores de decisão. Neste ponto da história que surge o método simples de programação linear, conteúdo basilar nos cursos de PO.

Anos se passaram e a PO ganhou espaço nas Engenharias, se tornando uma forte área dentro da Produção. Porém, os analistas visualizaram que os problemas estavam cada vez mais complexos e os modelos matemáticos não apresentavam eficácia. Além das dificuldades do sistema cartesiano de modelagem, a natureza qualitativa dificilmente conseguia ser agregada nos modelos, muitas vezes tão relevantes quanto às características quantitativas facilmente descritas.

PO SOFT VS PO HARD

Desta maneira, na Inglaterra, ocorreu a aparição de um grupo de modelagem de problemas que se preocupa estritamente com a modelagem, soluções e implantações das soluções e avaliação de resultados, para este grupo de modelagem foi dado o nome de Soft PO, e não é uma oposição ao Hard PO, visto que os dois trabalham em conjunto para obter resultados ainda melhores.

Este ramo utiliza métodos chamados de “Métodos de Estruturação de Problemas” ou *Problems Structuring Methods* – PSM’s para estruturar os problemas e ter um embasamento mais próximo da realidade modulada.

A partir desta estrutura, os modelos podem ser mais quantitativos, chamados de PO Hard (PO Clássico), feitos para otimizar e resolver problemas.

De toda maneira, seja no Hard quando no Soft conhecer o processo e obter dados confiáveis é essencial para uma resolução do problema proposto.

DESCRIÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DOS CRITÉRIOS UTILIZANDO COGNITIVE MAPS, COM BASE NO PROBLEM SOLVING METHODS

A evolução tecnológica traz a diversificação de equipamentos de interceptação de sinais, o que torna a escolha do equipamento mais adequado uma tarefa árdua diante das várias opções de mercado e do alto valor empreendido, devido o equipamento ser um bem durável. Além de que cada decisor tem uma vivência, o que influencia na escolha de um critério em detrimento de outro. Para resolução de tal “empate” conceitual usaremos uma ferramenta extremamente adequada na estruturação do problema, o Problems Solve Methods.

Para preparar e analisar os mapas seguiu-se a teoria recomendada nas referências: Ensslin e Montibeller.

Primeiramente foi feita uma abordagem individual, entrevista com cada decisor isoladamente, em ambiente confortável e livre de influências, as entrevistas foram conduzidas como forma de bate papo informal e duraram cerca de uma hora cada.

De posse dos dados que cada decisor gostaria que o seu equipamento possuísse, utilizou-se informações direto nos manuais dos fornecedores disponíveis, em ambiente informal e descontraído, o decisor foi questionado sobre os problemas que desejariam solucionar.

O entrevistador concluindo o processo cognitivo concluiu que:

- Dar abertura e escutar tudo que o entrevistado tem a dizer ajuda veementemente no fechamento dos trabalhos;
- Dependendo da proximidade dos entrevistados ao entrevistador, manter o foco na resolução do problema se torna uma tarefa complicada, tendo em vista que os assuntos devaneiam a todo instante.
- Reunir e compilar diversos quesitos, respondidos de maneira aleatória por cada entrevistado também é uma tarefa que requer tempo e cuidado.

Em conclusão, foi verificado que os mapas cognitivos servem para levantar requisitos importantes na resolução do problema, fazendo o raciocínio sistemático e estruturado diante do processo de decisão dos critérios.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA GUERRA ELETRÔNICA

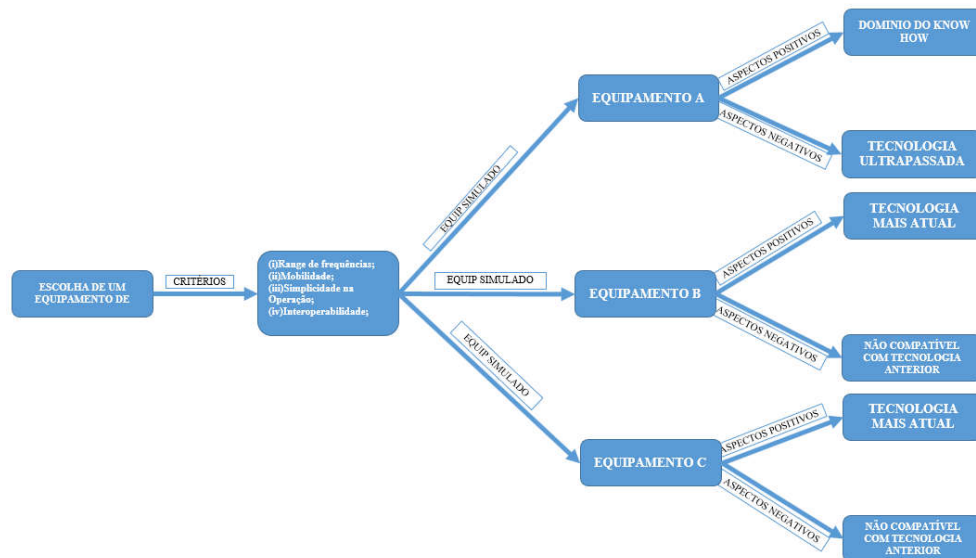
O conceito de guerra eletrônica não é bem definido na literatura base desse estudo, destarte, encontrou-se um conglomerado resumidos fielmente no trecho da Revista Política Hoje (2017):

A guerra eletrônica é uma consequência direta da evolução da tecnologia de detecção e comunicações ocorridas durante e depois da Segunda Grande Guerra Mundial. A invenção dos radares, aperfeiçoamento dos sistemas de interceptação e interferência de ondas de rádio e da criptografia, revolucionou a forma como se fazia a guerra até então.

A guerra eletrônica é combatida no espaço eletromagnético, e para isto é necessário que os equipamentos escolhidos deem maior confiabilidade a amplo espectro para rastreamento de todo campo eletromagnético possível, buscando ter acesso a informações importantes do inimigo ou salvaguardar informações do lado a que se representa..

Por tal motivo, a escolha de um bom equipamento se torna de extrema importância para a vitória no campo de batalha.

Em entrevistas com os oficiais que utilizaram estes equipamentos em algum período de suas vidas foi possível formular o seguinte mapa mental:



Elaborado pelo autor.

CRITÉRIOS

Critérios são a solidificação de característica de uma alternativa, algo que pode ser expressado de forma qualitativa ou quantitativa, levando-se em consideração os diversos pontos de vista dos envolvidos, os objetivos da negociação ou decisão, impasses do contexto real, e que desta forma permitem julgar a prováveis ações daquela alternativa.

A gama de critérios precisa considerar todos os envolvidos na decisão, aqui chamaremos de atores: decisores, analistas, facilitadores e agentes (Gomes *et al.*, 2006) que para dar continuidade ao apoio a decisão deve conter um número suficientemente ‘reduzido’ de critérios, permitindo na análise entre eles a obtenção da informação necessária para “a agregação”. (Gomes *et al.*, 2006).

Os equipamentos de guerra eletrônica trazem muita tecnologia embarcada, fruto de diversos estudos em guerras convencionais e não convencionais.

Dentre leitura e reuniões com oficiais que utilizam ou utilizaram tais equipamentos, alguns pontos foram levantados e serão mostrados a seguir como critérios definidos ao estudo.

Fruto dos mapas mentais os critérios descritos abaixo foram deduzidos:

- (i)Range de frequências;
- (ii)Mobilidade;
- (iii)Simplicidade na Operação;
- (iv)Interoperabilidade;
- (v)Robustez;

OS EQUIPAMENTOS

Observa-se na Tabela-1 que os equipamentos foram definidos como A, B e C (simulados com dados mais vistos como mais importantes no equipamento atual), devido a dificuldade de encontrar os datasheet destes equipamentos que por muitas vezes são vedados aos fabricantes diretamente aos compradores.

		Equipamento A	Equipamento B	Equipamento C
C-1	(i)Range de frequências;	HF	HF~UHF	VHF
C-2	(ii)Mobilidade;	Estático	Estático-Veicular	Veicular
C-3	(iii)Simplicidade na Operação;	Interface Simples	Interface Simples	Interface Dificultada
C-4	(iv)Interoperabilidade;	Opera Com Outras Forças	Opera Com Outras Forças	Não Opera Com outras Forças
C-5	(v)Robustez;	À prova D'Água	À prova D'Água	Resistente a Água

Tabela-1: Elaborado pelo autor – Matriz de Decisão

Com base nestes critérios decidimos utilizar ferramenta AHP e a ferramenta SAD THOR para concluir um estudo de caso sobre a escolha multicritério do melhor equipamento.

DECISÕES MONOCRITÉRIO E MULTICRITÉRIO

As decisões podem ser efetuadas considerando um único critério ou um conjunto de critérios. Podendo ser classificadas em:

- Decisões monocritério: A decisão busca maximizar a vontade do decisor um único critério, embora exista um sistema de interação entre outros critérios.
- Decisões multicritério: A decisão busca maximizar a vontade do decisor um conjunto critérios simultâneos.

A marcante diferença entre as metodologias multicritério se dá através dos valores subjetivos dos decisores no modelo de avaliação, o que permite a mesma alternativa ser vista de forma variada entre os critérios individuais de cada especialista. Além de quando existir dificuldade de obter informações estatísticas cada um com sua individualidade fundamenta o processo decisório em seus conflitos construtivos e de difícil medição. (Roy e Vanderpooten, 1996).

APOIO A DECISÃO MULTICRITÉRIO

Os modelos de tomada de decisão contêm um conjunto de componentes bem definidos: Critérios, pesos e notas para classificação, que são atribuídos de acordo com cada alternativa. Tendo o conhecimento prévio adquirido com as experiências dos envolvidos, a elaboração minuciosa das avaliações, pode-se admitir que uma alternativa é tão boa ou tão pior que a outra, entre as opções envolvidas, fazendo assim uma ordenação, ou seja, uma hierarquização das alternativas.

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) dá a oportunidade de ordenar e priorizar alternativas diante de critérios conflitantes, satisfazendo as restrições de cada caso com os objetos em conflito (Buchanan e Gardiner, 2003), trazendo assim uma solução empenhada.

Desta forma o AMD fornece ferramentas para negociações e decisões em grupo. Usar o AMD requer seguir alguns passos, conforme Masatsinis e Samara (2001) descreveram:

- 1º Estruturação do processo (critérios, pesos e regras);
- 2º Aquisição das visões dos envolvidos; e
- 3º Organizar e agrupar as preferencias por grupo, atribuindo valores.

As ferramentas de AMD representam um grande trunfo na diminuição dos conflitos entre pessoal envolvido na obtenção de um senso comum. (MATSATSINIS E SAMARAS 2001).

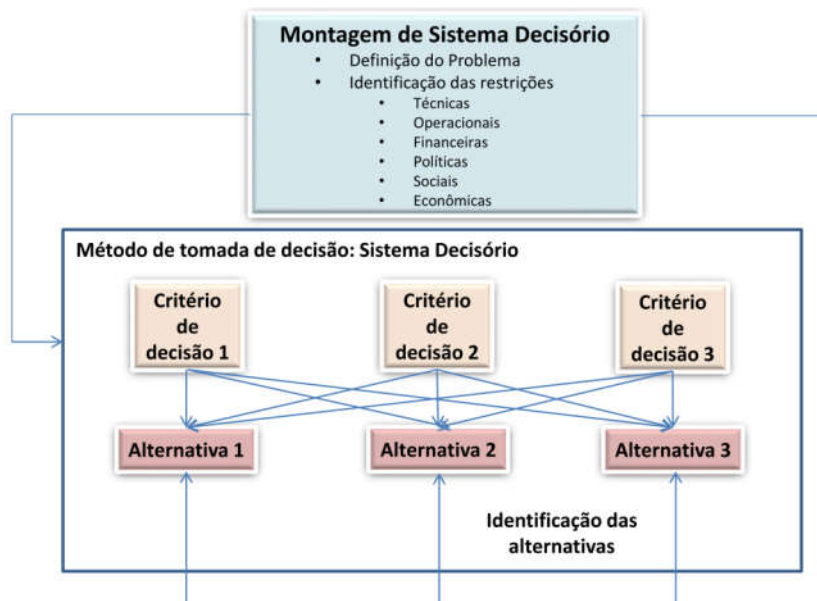
A grande barreira em qualquer situação que envolva um grupo tomando uma decisão ou negociação é que cada indivíduo envolvido tem uma experiência de vida, e com isso uma percepção do problema diferente, de acordo com os resultados possíveis.

Visualiza-se abaixo, o mapa para a resolução problemas multicritério de tomada de decisão com os seguintes passos:

1º Define-se o problema;

2º Identifica-se as restrições, os critérios; e

3º As alternativas a serem avaliadas e escolhidas pelo tomador de decisão.



Rodrigo Amancio Briozo e Marcel Andreotti Musetti adaptado de Rodrigues et al. (2001)

Para resolução de problemas multicritério existem inúmeras ferramentas, AHP, PROMETHEE, ELECTRE (Rodrigues et al., 2001; Vilas Boas, 2006), MAC, TOPSIS, TODIM (Rodrigues et al., 2001). Diante da vasta possibilidade de se utilizar os métodos de tomada de decisão multicritério, ressalta-se a utilização do AHP, visto que a participação dos decisores, responsáveis técnicos dentre outros pode se dar de forma intensa. (Gomes, 2009)

Ao analisar os critérios ou alternativas deste caso utilizou-se o SODA-PSM através do cognitive maps, o método AHP se conduz em formular uma matriz de comparação, par a par, onde registrasse a avaliação dos especialistas e o ranqueamento do que é mais importante dentro das alternativas.

As escalas do AHP variam de 1 a 9, números inteiros. A representação da importância relativa entre os critérios da matriz a_{ij} deve ser expressa por cada especialista de forma a comparar os critérios.

ANALYTIC HIERARCHY PROCESS – AHP

A ferramenta de apoio à decisão é um recurso computacional e na maioria das vezes envolve atuais sistemas de informação, inteligência artificial, estatística, psicologia cognitiva e comportamental, sociologia dentro das organizações, dentre outros, buscando oferecer condições que favoreçam o suporte, fazendo se aproximar da melhor escolha entre diversas alternativas, minimizando riscos na tomada de decisão (GOMES *et al.*, 2002).

ORIGEM DO MÉTODO AHP

A primeira aparição é datada na década de 60, Thomas L. Saaty, matemático, da Agência de Controle de Armas e Desarmamento do Departamento de Estado Americano, faz uma importante observação a dificuldade existente para a comunicação entre superiores, levando-o a trilhar pensamentos norteadores para formulação do método. (Forman & Selly, 2002). Segundo Saaty (1980), a criação partida de problemas cotidianos faz a implementação deste método simples e transparente.

O método desenvolvido para dar as pessoas noção exata dos parâmetros utilizados, dada a importância de cada um, foi baseado em problemas do cotidiano, daí a facilidade em implementá-lo. (Saaty, 1980; Saaty 1991). No AHP a preferência dos tomadores de decisão se desenvolve por meio do julgamento subjetivo dos participantes, que quantificam numericamente o que julgam ser importante na sua relatividade, de acordo com sua percepção e análise de experiências vividas. (Yang & Lee, 1997; Vargas, 1990). Utilizar o método AHP é bem simples e permeável, devido ao fato de que muitas vezes os critérios julgados são conflitantes e o método é desenvolvido para sanar tal entrave (Hartman e Goltz, 2002). Outra característica eficaz é definir decisões mesmo com a participação de diversas pessoas, como se dá na maioria dos trabalhos em equipe. Para finalizar, utilizar o método AHP é indicado por conta de cruzar critérios subjetivos com objetivos, escalonando de maneira razoável, dividindo o problema em partes, relacionando as partes e juntando os conceitos de comparação de cada decisor a fim de contribuir para o objetivo ótimo final da resolução problemática (Vargas, 1990).

PRINCÍPIOS DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O AHP está baseado em três princípios básicos:

- Hierarquização: De forma a ser melhor compreendido e avaliado o problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos para ser melhor compreendido e avaliado.

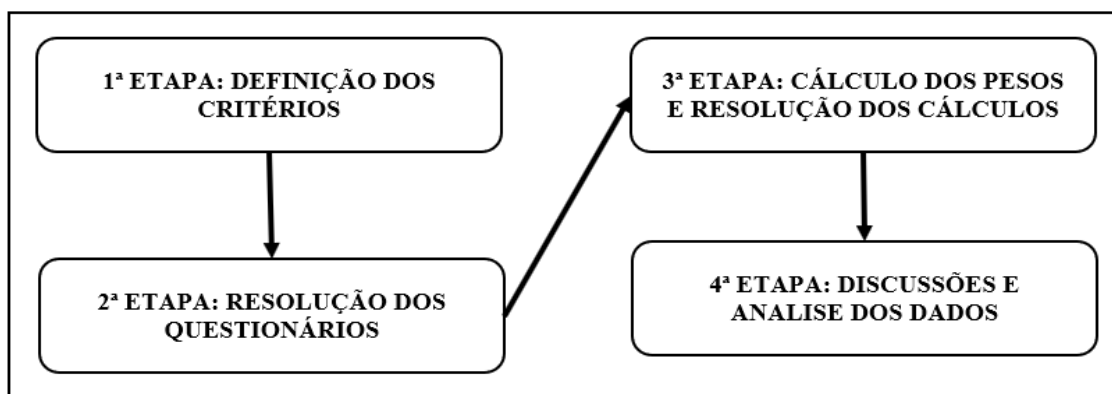
Para isto deve-se identificar elementos essenciais a tomada da decisão que se quer chegar, organizar e agrupar tais elementos em conjuntos dispondo em camadas.

- Prioridades: A prioridade no AHP dar-se na habilidade natural do ser humano em notar as relações entre objetos e reações, comparando partes de determinada parte ou critério, julgando prioritariamente cada parte do todo de maneira hierarquizada, compondo assim matrizes dotadas de juízo de valor.

- Consistência: A consistência se baseia-se no fato natural do ser humano, ser capaz de criar relações entre objetivos e ideias de forma racional e concatenada, sempre relacionando um com outro em busca de consistência ou lógica para tal fato.

DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DE MANEIRA PRÁTICA

De maneira ampla e superficial, foram utilizados questionários envolvendo os critérios obtidos na reunião com especialistas para avaliar o equipamento. Como mostrado no esquema abaixo, a coleta dos dados proveniente dos questionários nos permitiu determinar a prioridade de cada critério para cada indivíduo utilizador dos equipamentos.



Elaborado pelo autor.

1ª ETAPA

Primeiramente definiu-se os critérios que serão utilizados para coletar a avaliação dos utilizadores que serão entrevistados. Os critérios devem ser o mais abrangentes possível, buscando ampliar as dimensões entre o equipamento e a sua utilização.

Também é de se esperar que os critérios possam nos mostrar aspectos tendenciosos tanto tecnológicos, quanto de qualidade e desempenho na utilização dos equipamentos de guerra eletrônica.

Essa fase deve ser feita minuciosamente, para que os critérios escolhidos não ocasionem em ambiguidade e incertezas nos utilizadores entrevistados. Outra recomendação é de que a quantidade de critérios não ultrapasse 8, e não seja menor que 4, haja visto a necessidade de comparações.

2ª ETAPA

A segunda etapa se dá com a resolução do questionário pelos usuários dos equipamentos.

3ª ETAPA

A terceira etapa dada continuidade a segunda, inicia calculando-se os pesos dos critérios para cada um questionário respondido.

Para cada entrevistado, uma matriz de comparação será gerada e a seguir é demonstrada como deve ser feito a comparação linguística utilizando a escala fundamental de Saaty, exibida na Tabela-2, abaixo:

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância	os dois critérios contribuem de forma idêntica para o objetivo
3	Pouco mais importante	a análise e a experiência mostram que um critério é um pouco mais importante que o outro
5	Muito mais importante	a análise e a experiência mostram que um critério é claramente mais importante que o outro
7	Bastante mais importante	a análise e a experiência mostram que um dos critérios é predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante	sem qualquer dúvida um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8 valores recíprocos dos anteriores	Valores intermediários	também podem ser utilizados

Tabela-2 Fonte: Saaty (1980)

Em seguida da construção das matrizes de comparação, calcula-se a importância relativa de cada critério.

Concluindo todos os cálculos, é possível o ponto inicial de partida para a análise crítica proposta no quarto passo.

4ª ETAPA

Nesta etapa uma discussão das implicações práticas das igualdades e diferenças encontradas nos comparativos dos utilizadores é estabelecida, além de ser possível visualizar as limitações ou necessidade de novos critérios a serem destrinchados.

OS CÁLCULOS

Todos os cálculos se iniciam com a construção da matriz de juízo de valor que é expressa da seguinte forma: $A = [a_{ij}]_{n \times n}$, equação (1) onde: a_{ij} representa a importância relativa de A_i em relação a A_j , de modo que $a_{ij} > 1$, se e somente se A_i for mais importante que A_j e, $a_{ij} = 1 / a_{ji}$ para qualquer par (i, j) . Após a coleta dos questionários individuais, a matriz deve ser compilada.

O que interessa neste ponto é que as propriedades básicas da matriz recíproca e positiva sejam mantidas, sendo $a_{ij} \times a_{ji} = 1$ para todo i, j e ainda, se A_i for K_1 vezes mais importante que A_j e, este K_2 vezes mais importante que A_k , então A_i deve ser $K_1 \times K_2$ vezes mais importante que A_k .

Uma maneira de se conjugar as informações é dada pela Média Aritmética das Matrizes individuais, pela matriz aritmética da forma da equação 2.

$$a_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m a_{ijk} \quad (2)$$

onde m é o número de especialistas e a_{ijk} é o valor proposto para a_{ij} pelo k -ésimo especialista consultado.

Agora os a_{ij} não respeitam as propriedades desejadas para o desenvolvimento do modelo, de forma a resolver tal questão, a sugestão mais utilizada é o método da média geométrica (CRAWFORD & WILLIAMS, 1985) que se dá através da construção de uma nova matriz que chamamos de matriz de média geométrica C , formada a partir da equação 3, expressa abaixo:

$$c_{ij} = \frac{v_i}{v_j} \quad (3)$$

onde v_i é a média geométrica dos a_{ij} .

Vários métodos de comparação e análise foram simulados e o método da média geométrica se mostrou o mais eficaz, abrangendo as propriedades exigidas. Bajwa *et al.* (2007)

Logo após a obtenção da Matriz Média C, deve-se normalizá-la. Basta calcular o somatório dos elementos de cada coluna e dividir todos os elementos de cada coluna pelo somatório referente a coluna.

Próximo passo é calcular as prioridades médias locais, chamadas de PML, obtidas para cada quadro normalizado. Com o objetivo de identificar o vetor Prioridade Global (PG), que armazena a prioridade associada a cada alternativa. Para calcular a Prioridade Global é preciso combinar as PML's com o vetor de PG.

A ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA OU INCONSISTENCIA

Seja qual for a importância da decisão no interior do ambiente organizacional, as mesmas devem ter embasamento confiável, preciso, exato e rastreável. Não existe uma estrutura que de oportunidade de gerenciar e identificar o contexto das medições do sistema como um todo, coloca em risco a qualidade das atitudes tomadas a partir delas. (OLIVEIRA, 1996)

Satty (1991) diz que uma matriz em que os elementos sejam não negativos e tenham reciprocidade, para os quais há transitividade, esta matriz, apresenta seu autovalor máximo (GRAYBILL, 1983) igual a ordem da matriz. Sendo desta forma, quanto mais próximo estiver o autovalor máximo do número de atributos do modelo, mais coerente serão os julgamentos.

No AHP a matriz de juízo de valor, é uma matriz não negativa e recíproca. Porém a inconsistência nas prioridades pode introduzir transitividade nesta matriz. Desta forma, uma maneira de medir a intensidade do grau da inconsistência em uma matriz de juízo de valor é checar o quanto do seu autovalor máximo se distancia da ordem da matriz. Sendo assim, para calcular o Índice de Consistência (IC) é demonstrado na equação 4 (Dias et al. 1996).

$$IC = \frac{|\lambda_{\max} - N|}{N - 1} \quad (4)$$

onde: N e $\lambda_{\text{máx}}$ representam a ordem e o maior autovalor da matriz de juízo de valor, respectivamente.

Para calcular o autovalor máximo, considera-se uma tabela auxiliar (A''), que é obtida pela multiplicação da 1ª coluna da matriz de juízo de valor pela prioridade de A^1 , 2ª coluna pela prioridade A^2 , 3ª coluna, prioridade A^3 , até a ordem n^a coluna N^a .

Deve-se considerar também o vetor de prioridades P'' , obtido através das somas das linhas de A . Dividindo-se os elementos do vetor P'' , pelos elementos do vetor prioridades (P_{aux}). $\lambda_{\text{máx}}$ então se faz igual a soma dos elementos de P auxiliar dividindo pela ordem da matriz (N). A proposição do uso da RC (Saaty, 1991), permite avaliar a inconsistência da função da ordem da matriz de juízo de valor.

Desta forma, se este valor for maior do que 0,1, é recomendado a revisão do modelo ou dos juízos. Vargas (1982) traz uma justificativa matemática para que o valor da Razão de Consistência (RC) maior que 0,1 não deve ser considerado como correto.

Razão de consistência dada pela equação 5:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (5)$$

onde IR é o Índice de Consistência Randômico da matriz e varia de acordo com a ordem conforme demonstrado na tabela-3.

Tabela-3: Índice de Consistência Randômico (IR)

Ordem da matriz	Valores de IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45

De forma resumida pode-se chegar a esta (MENDES et al)

Quadro 2 – Resumo do Método AHP

Resumo do Método AHP segundo Saaty			
Ordem	Nº Eq.	Equação	Descrição da Equação
1º Passo	Eq. 1	$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$	Formação das matrizes de decisão. Expressa o número de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais (ARAYA, CARIGNANO e GOMES, 2004).
2º Passo	Eq. 2	$W_i = \left(\prod_{j=1}^n W_{ij} \right)^{1/n}$	Cálculo do Autovetor (W_i). Consiste em ordenar as prioridades ou hierarquias das características estudadas (COSTA, 2006).
3º Passo	Eq. 3	$T = \left \frac{W_1}{\sum W_i} ; \frac{W_2}{\sum W_i} ; \frac{W_3}{\sum W_i} \right $	Cálculo de Normalização dos autovetores possibilita a comparabilidade entre os critérios e alternativas (COSTA, 2006).
4º Passo	Eq. 4	$\lambda_{\max} = T \times W$	Índice que relaciona os critérios da Matriz de Consistência e os pesos dos critérios (COSTA, 2006).
5º Passo	Eq. 5	$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)}$	Índice de Consistência (IC). Permite avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamentos pariados (COSTA, 2006).
6º Passo	Eq. 6	$RC = \frac{IC}{CA}$	Razão de Consistência (RC). Permite avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Caso o valor seja maior que 0,10 revisar o modelo e/ou os julgamentos (COSTA, 2006).

Fonte: MENDES et al., 2013.

A APLICAÇÃO

De maneira a aplicar na prática o método proposto realizou-se um estudo entre os equipamentos simulados de guerra eletrônica e suas principais características de operação.

O objetivo deste artigo não é fazer estudo de mercado de equipamentos eletrônicos, mas apresentar exemplo prático da aplicação do AHP e do SAD THOR.

Durante a etapa 1 foram escolhidos critérios para avaliação de equipamentos de guerra eletrônica oriundos de reuniões propostas pelo PSM – Cognitive maps, chegou-se a (i)Range de frequências; (ii)Mobilidade; (iii)Simplicidade na Operação; (iv)Interoperabilidade; (v)Robustez.

Da identificação dos critérios, construiu-se questionários, por meio do Excel, facilitando a coleta e organização dos dados.

Na etapa 3, efetivamente foi aplicado o questionário aos usuários, onde estes responderam de forma eletrônica. Em via de tese, adquirimos apenas 3 usuários, porém em uma próxima pesquisa pode-se ampliar para mais entrevistados.

A etapa 4 se deu com o cálculo de importância relativa das comparações par a par.

Na Tabela-4 encontra-se a matriz de pesos dos critérios e a normalização destes, do cálculo dos pesos de cada critério chegamos a hierarquização dos mesmos conforme resultado exibido na Tabela-5.

Equipamentos de Guerra Eletônica - Critérios - Normalizada					
	Range de Frequências	Mobilidade	Simplicidade	Interoperabilidade	Robustez
Range de Frequências	1	4	3	2	2
Mobilidade	1/4	1	2	2	2
Simplicidade	1/3	1/2	1	1/2	1/3
Interoperabilidade	1/2	1/2	2	1	1/2
Robustez	1/2	1/2	3	2	1
	2,583	6,500	11,000	7,500	5,833
Range de Frequências	0,387	0,615	0,273	0,267	0,343
Mobilidade	0,097	0,154	0,182	0,267	0,343
Simplicidade	0,129	0,077	0,091	0,067	0,057
Interoperabilidade	0,194	0,077	0,182	0,133	0,086
Robustez	0,194	0,077	0,273	0,267	0,171

Tabela-4: Comparação – Critérios x Critérios

	AHP		Consistency check
Range de Frequências	0,377	37,69%	Consistency OK 9,05%
Mobilidade	0,208	20,84%	
Simplicidade	0,084	8,41%	
Interoperabilidade	0,134	13,43%	
Robustez	0,196	19,63%	

Tabela-5: Pesos dos Critérios.

Nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 comparou-se cada equipamento com base em cada critério classificando sua importância segundo cada quesito obtendo um equipamento vencedor para cada quesito.

Comparação Range de Frequências				AHP		Consistency check
	Equipamento A	Equipamento A	Equipamento C	Equipamento A	0,142	14,16%
				Equipamento B	0,525	52,47%
				Equipamento C	0,334	33,38%
Equipamento A	1	1/3	1/3			Consistency OK
Equipamento B	3	1	2			5,64%
Equipamento C	3	1/2	1			
	7,000	1,833	3,333			
Equipamento A	0,143	0,182	0,100			
Equipamento B	0,429	0,545	0,600			
Equipamento C	0,429	0,273	0,300			

Tabela-6: Comparação – Range de Frequência

Comparação Mobilidade				AHP		Consistency check
	Equipamento A	Equipamento B	Equipamento C	Equipamento A	0,137	13,73%
				Equipamento B	0,623	62,32%
				Equipamento C	0,239	23,95%
Equipamento A	1	1/4	1/2			Consistency OK
Equipamento B	4	1	3			2,20%
Equipamento C	2	1/3	1			
	7,000	1,583	4,500			
Equipamento A	0,143	0,158	0,111			
Equipamento B	0,571	0,632	0,667			
Equipamento C	0,286	0,211	0,222			

Tabela-7: Comparação – Mobilidade

Comparação Simplicidade				AHP		Consistency check
	Equipamento A	Equipamento B	Equipamento C	Equipamento A	0,525	52,47%
				Equipamento B	0,334	33,38%
				Equipamento C	0,142	14,16%
Equipamento A	1	2	3			Consistency OK
Equipamento B	1/2	1	3			5,64%
Equipamento C	1/3	1/3	1			
	1,833	3,333	7,000			
Equipamento A	0,545	0,600	0,429			
Equipamento B	0,273	0,300	0,429			
Equipamento C	0,182	0,100	0,143			

Tabela-8: Comparação – Simplicidade

Comparação Interoperabilidade				AHP		Consistency check
	Equipamento A	Equipamento B	Equipamento C	Equipamento A	0,252	25,19%
				Equipamento B	0,589	58,89%
				Equipamento C	0,159	15,93%
Equipamento A	1	1/3	2			Consistency OK
Equipamento B	3	1	3			6,07%
Equipamento C	1/2	1/3	1			
	4,500	1,667	6,000			
Equipamento A	0,222	0,200	0,333			
Equipamento B	0,667	0,600	0,500			
Equipamento C	0,111	0,200	0,167			

Tabela-9: Comparação - Interoperabilidade

Comparação Robustez				AHP		Consistency check
	Equipamento A	Equipamento B	Equipamento C	Equipamento A	0,120	11,99%
				Equipamento B	0,608	60,80%
				Equipamento C	0,272	27,21%
Equipamento A	1	1/4	1/3			Consistency OK
Equipamento B	4	1	3			8,73%
Equipamento C	3	1/3	1			
	8	1,583	4,333			
Equipamento A	0,125	0,158	0,077			
Equipamento B	0,500	0,632	0,692			
Equipamento C	0,375	0,211	0,231			

Tabela-10: Comparação – Robustez

Após as comparações, de posse dos pesos, foi aplicada a multiplicação de matrizes para se obter qual equipamento seria vencedor de acordo com aqueles pesos e se obteve a hierarquização exibida na Tabela-11.

Equipamento A	0,183	3°
Equipamento B	0,554	1°
Equipamento C	0,262	2°

Tabela-11: Hierarquização das alternativas.

Da mesma forma que podemos inferir que os critérios mais importantes em uma ordem hierárquica são os mostrados na Tabela-12 a seguir:

		AHP		Consistency check
1º	Range de Frequências	0,377	37,69%	Consistency OK 9,05%
2º	Mobilidade	0,208	20,84%	
5º	Simplicidade	0,084	8,41%	
4º	Interoperabilidade	0,134	13,43%	
3º	Robustez	0,196	19,63%	

Tabela-12: Prioridades dos Critérios

Portanto, o exemplo adotado acima, o Range de Frequências, é o aspecto mais importante, seguido Mobilidade, Robustez, Interoperabilidade e a Simplicidade.

É possível notar que o fator Range de Frequências é mais importante na visão dos usuários que o fator Simplicidade, conforme demonstrado na tabela acima. Essas diferenças podem ter consigo uma gama de fatores, como por exemplo o fato do equipamento ser de simples manuseio não significar que é o melhor a ser utilizado.

Isso é um apenas indício de que caso escolha-se um equipamento de GE com estas características ressaltadas, para este grupo de usuários, seria o equipamento que melhor trabalharia.

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE PROBLEMA UTILIZANDO A FERRAMENTA SAD THOR

SAD THOR é uma metodologia que ordena alternativas e elimina as redundâncias considerando, ao mesmo tempo, se a informação é dúbia, se acontece em algum momento o aumento da imprecisão da decisão e também envolve a quantificação desta imprecisão por um processo de decisão AMD.

Possibilita também a entrada das expressões de juízo de valor de mais de um decisor, ao mesmo tempo, em escala de razões de intervalos ou ordinais, deixando que o decisor execute o processo sem a atribuição de pesos.

Abaixo algumas informações para aplicação da metodologia:

- estabelecer um peso para cada critério, de forma que seja representado a importância relativa entre eles;
- estabelecer um limite de preferência (p) e um outro limite (inferior) de indiferença (q) para cada critério;
- estabelecer a discordância.

A função $q[g(a)]$, que expressa o limiar de indiferença, ou seja quando temos dois carros e a diferença entre eles é mínima e esta diferença não é de tamanha importância ao

resultado final, a exemplo de um carro que custa vinte mil reais e outro que custa vinte mil e cem reais.

Já a função $p[g(a)]$, que por sua vez representa a diferença entre $g(b)-g(a)$, que também pode ser constante em diversas situações, representando o limite inferior (p), onde qualquer que seja o valor abaixo do qual não se pode optar por uma preferência estrita de b sobre a (Roy, 1996).

A discordância do critério para Gomes *et al* 2006, nada mais é do que não existir critério cuja intensidade de b em relação a a ultrapasse um limite aceitável, ou seja um carro que custa vinte mil e outro que custa um milhão, se o critério for comprar o mais barato de todos, o de um milhão foge do aceitável.

As situações abaixo são aceitas para que uma alternativa seja melhor que outra (Gomes, 1999) onde:

$$\begin{aligned} aPb &\leftrightarrow g(a) - g(b) > p \\ aIb &\leftrightarrow -q \leq |g(a) - g(b)| \leq q \\ aQb &\leftrightarrow q < |g(a) - g(b)| \leq p \end{aligned}$$

Em S1 só se pontua onde aPb .

Em S2 só se pontua quando aPb e aQb .

Já em S3, só se pontua em situações em que aPb , aQb e aIb .

Percebe-se que em S2 e S3 não há tanto rigor quanto em S1, permitindo que uma diferença menor a classificação de uma alternativa como melhor que outra.

ANÁLISE DOS DECISORES

As avaliações aqui foram retiradas dos mesmos entrevistados para o modelo AHP desenvolvido na seção inicial deste artigo.

Os decisores neste caso em nível superficial foram usuários dos equipamentos ou oficiais que já serviram na OM que lota o equipamento:

Peso	0,377	0,208	0,084	0,134	0,196
	C-1 (i)Range de frequências;	C-2 (ii)Mobilidade;	C-3 (iii)Simplicidade na Operação;	C-4 (iv)Interoperabilidade;	C-5 (v)Robustez;
Equipamento-A	0,1416	0,1373	0,5247	0,2519	0,1199
Equipamento-B	0,5247	0,6232	0,3338	0,5889	0,6080
Equipamento-C	0,3338	0,2395	0,1416	0,1593	0,2721
p	1	1	1	1	1
q	0	0	0	0	0
disc	1	1	1	1	1

Tabela-13: Critérios de acordo com os pesos dados pelos decisores.

Abaixo imagem do aplicativo que foi utilizado para gerar os resultados:

```

Entre com o numero de alternativas:3
Entre com o numero de criterios:5
Entre com o nome da alternativa: EquipamentoA
Entre com o nome da alternativa: EquipamentoB
Entre com o nome da alternativa: EquipamentoC
Entre com o nome do criterio: RangeDeFrequencias
Entre com o nome do criterio: Mobilidade
Entre com o nome do criterio: Simplicidade
Entre com o nome do criterio: Interoperabilidade
Entre com o nome do criterio: Robustez

Entre com o peso do criterio:0.377
Entre com o valor de p:1
Entre com o valor de q:0
Entre com o valor da discordancia:1
Entre com o peso do criterio:0.208
Entre com o valor de p:1
Entre com o valor de q:0
Entre com o valor da discordancia:1
Entre com o peso do criterio:0.084
Entre com o valor de p:1
Entre com o valor de q:0
Entre com o valor da discordancia:1
Entre com o peso do criterio:0.134
Entre com o valor de p:1
Entre com o valor de q:0
Entre com o valor da discordancia:1
Entre com o peso do criterio:0.196
Entre com o valor de p:1
Entre com o valor de q:0
Entre com o valor da discordancia:1

Peso          0.377  0.208  0.084  0.134  0.196

Criterios      1  2  3  4  5
EquipamentoA [ ][ ][ ][ ][ ]
EquipamentoB [ ][ ][ ][ ][ ]
EquipamentoC [ ][ ][ ][ ][ ]

EquipamentoA, RangeDeFrequencias
Entre com o valor do criterio:0.1416
EquipamentoA, Mobilidade
Entre com o valor do criterio:0.1373
EquipamentoA, Simplicidade
Entre com o valor do criterio:0.5247
EquipamentoA, Interoperabilidade
Entre com o valor do criterio:0.2519
EquipamentoA, Robustez
Entre com o valor do criterio:0.1199

```

```

EquipamentoA, Robustez
Entre com o valor do criterio:0.1199
EquipamentoB, RangeDeFrequencias
Entre com o valor do criterio:0.5247
EquipamentoB, Mobilidade
Entre com o valor do criterio:0.6232
EquipamentoB, Simplicidade
Entre com o valor do criterio:0.3338
EquipamentoB, Interoperabilidade
Entre com o valor do criterio:0.5889
EquipamentoB, Robustez
Entre com o valor do criterio:0.6080
EquipamentoC, RangeDeFrequencias
Entre com o valor do criterio:0.3338
EquipamentoC, Mobilidade
Entre com o valor do criterio:0.2395
EquipamentoC, Simplicidade
Entre com o valor do criterio:0.1416
EquipamentoC, Interoperabilidade
Entre com o valor do criterio:0.1593
EquipamentoC, Robustez
Entre com o valor do criterio:0.2721

[ 0.1416 ][ 0.1373 ][ 0.5247 ][ 0.2519 ][ 0.1199 ]
[ 0.5247 ][ 0.6232 ][ 0.3338 ][ 0.5889 ][ 0.608 ]
[ 0.3338 ][ 0.2395 ][ 0.1416 ][ 0.1593 ][ 0.2721 ]

- 0.5
- 0.5
- 0.5
S1

EquipamentoA: 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 1.0
EquipamentoB: 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 1.0
EquipamentoC: 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 1.0
S2

EquipamentoA: 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.0
EquipamentoB: 0.916 | 0.0 | 1.0 | Soma: 1.916
EquipamentoC: 0.782 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.782
S3

EquipamentoA: 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.0
EquipamentoB: 0.916 | 0.0 | 1.0 | Soma: 1.916
EquipamentoC: 0.782 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.782

```

COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS

Em breve comparativo os resultados se equivalem, demonstrando de maneira mais direta e numeral o AHP como uma forma mais palpável ou PO HARD e o SAD THOR de maneira mais sensível sem abrir mão da lógica, sendo assim mais próximo de uma PO SOFT.

CONCLUSÃO

Modelar a tomada de decisão seja para qual área for, não deve se tornar uma tarefa árdua e complexa, mas sim representar os anseios e as reais necessidades dos usuários daquela problemática.

Considerar a incoerência de ajustes necessários ao andamento do processo, e adequação dos meios pretendidos com os meios disponíveis no mercado a fim de alinhar as expectativas tanto de mercado, quanto do público interno. Os critérios utilizados devem ser bem definidos e o problema bem estruturado e balanceado, para que se tenha credibilidade e confiança nos resultados. A partir do modelo apresentado, temos que dentre os equipamentos simulados de guerra eletrônica, o critério Range de Frequências é visto como o mais importante para os usuários e influencia diretamente no resultado de alguma possível escolha. Se pode observar também a interferência dos outros nos resultados, que se mostram tão importantes quanto, e de maneira sensível que acarreta a dificuldade de escolha do decisor.

Nesse interim, o presente estudo pode e deve ser fonte de arguições para novos resultados, sendo acrescentado e melhorado, tendo em vista que o conhecimento nunca se esgota e esta pesquisa não se finda com este artigo, em absoluto abre brecha e dá oportunidade do prosseguimento em artigos futuros.

REFERÊNCIAS

- [1] Ensslin L, Montibeller Neto G, Zanella I J, Noronha SMD (1998) **Metodologias multicritério em apoio à decisão**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; LabMCDA
- [2] Neto RBG, **Revista Política Hoje** - Volume 26, n. 1 (2017) - p. 201-217
- [3] DIAS, Raquel, et al (2016) **The Use of Cognitive Maps for Requirements Elicitation in Product Development**
- [4] Lima R H P, Ulhoa T F, Osiro L (2017) **Comparação das preferências de usuários avançados e usuários rotineiros de produtos tecnológicos usando Fuzzy-AHP**

- [5] Santos, M at. al, (2016) **UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE UM NAVIO DE GUERRA DE MÉDIO PORTE A SER CONSTRUÍDO NO BRASIL**, Rio de Janeiro
- [6] Bastos A V B, (2002) **Mapas cognitivos e a pesquisa organizacional: explorando aspectos metodológicos.**
- [7] Arêas D B, (2011) **MÉTODOS DE ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS E A EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA.**
- [8] <https://eproducao.eng.br/pesquisa-operacional-hard-e-soft-entenda-a-diferenca-entre-elas/>
- [9] TOSTA, A., GOMES, C. F. S.; (2005) Sistema de apoio à decisão multicritério THOR aplicado na avaliação das alternativas de aquisição de equipamentos de laser. **In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XXXVII – SBPO, 2005, Gramado.** p. 1170-1182
- [10] GOMES, C. F. S., Cardoso R, 2007, **SAD THOR COMO FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO NA ESCOLHA DE EMBALAGENS NA CADEIA PRODUTIVA DE IMUNOBIOLOGICOS**
- [11] Gomes, C. F. S., Gonçalves, E. P. e Toste, A. M. (2006) Aplicação do apoio multicritério à decisão em dois processos de ordenação: Tecnologia de telefonia móvel e equipamentos a laser. **In Anais do IX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha**, Rio de Janeiro.
- [12] Chuang, P. T. (2001). **Combining the analytic hierarchy process and quality function deployment for a location decision from a requirement perspective.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 18(11), 842-849. <http://dx.doi.org/10.1007/s001700170010>
- [13] Briozo R A, Musetti M A, **Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h**, 2015
- [14] SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica.** Rio de Janeiro: Makrom Books, 2Ed. 1991.
- [15] ROY, B., VANDERPOOTEN, D. (1996) - **The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works**, J. of Multicriteria Decision Analysis, vol.5, 22-38.
- [16] GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S., TEIXEIRA, A. T., (2006) **Tomada de Decisão Gerencial o Enfoque Multicritério**, 2 Edição, Editora Atlas
- [17] BUCHANAN, John e GARDINER, Lorraine. (2003) **A comparison of two reference point methods in multiple objective mathematical programming**, EJOR, 149, pages

17-34.

- [18] MATSATSINIS, N. F., SAMARAS, A. P. **MCDA and preferences disaggregation in group decision support systems**, European journal of operational research 130, pag 414 a 429, 2001
- [19] Rodrigues, F. H., Martins, W. C., & Monteiro, A. B. F. C. (2001). O Processo de Decisão Baseado em um Método de Análise Hierárquica na Tomada de Decisão Sobre Investimentos. In **J. V. Caixeta Fo. & R. S. Martins (Eds.), Gestão logística do transporte de cargas. São Paulo: Atlas.**
- [20] Vilas Boas, C. L. (2006). **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicada ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do ribeirão João Leite (Dissertação de mestrado)**. Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília.
- [21] GOMES, L. F., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. Ed Atlas, SP, 2002.
- [22] Vilas Boas, C. L. (2006). **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicada ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do ribeirão João Leite (Dissertação de mestrado)**. Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília.
- [23] Forman, E. H., & Selly, M. A. (2002). **Decision by objectives: How to convince others that you are right**. Singapore: World Scientific. 402 p. Recuperado em 25 de outubro de 2012, de <http://professorforman.com/DecisionByObjectives/Chapter1.PDF>
- [24] SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Rio de Janeiro: Makrom Books, 2Ed. 1991
- [25] Vargas, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. **European Journal of Operational Research**, 48(1), 2-8. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H)
- [26] Yang, J., & Lee, H. (1997). **An AHP decision model for facility location selection**. Facilities, 15(Iss: 9), 241-254. <http://dx.doi.org/10.1108/02632779710178785>
- [27] Hartman, D. H., & Goltz, M. N. (2002). **Application of the analytic hierarchy process to select characterization and risk-based decision-making and management methods for hazardous waste sites**. Environmental Engineering and Policy, 3(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1007/s100220100035>
- [28] CRAWFORD, G., WILLIAMS, C. **The Analysis of Subjective Judgement Matrices, The Rand Corporation R- 2572-1-AF, USA. 1985**
- [29] BAJWA, G., CHOO, E.U., WEDLEY, W.C. Effectiveness Analysis of Deriving Priority Vectors from Reciprocal Pairwise Comparison Matrices. **Proceedings the 9th International Symposium of Analytic Hierarchy Process (ISAHP2007)**, Santiago, Chile, 2007
- [30] OLIVEIRA, S. T. **Sistema de Medição de Desempenho em Ambiente de Qualidade**

Total. Tese de Doutorado – COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 1996

- [31] **GRAYBILL, F. A. Matrices with Applications in Statistics. Wadsworth, Inc., California, USA, 1983**
- [32] **F M Tenório, Santos M, F S G Carlos, REVISITANDO O MÉTODO THOR: UMA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA, 2019**
- [33] **F M Tenório, Santos M, F S G Carlos, Concepção do Método THOR e a necessidade de desenvolvimento de uma plataforma computacional em Python: possíveis aplicações ontem e hoje, 2019**
- [34] **Oliveira K D S, Santos M, F S G Carlos, Seleção do melhor modelo de lâmpada LED para as instalações do SENAI CETIQT a partir do método multicritério THOR, 2019**
- [35] **Carla Nogueira Patrão Aquino, Luiz Augusto Caldas Pereira, Milton Erthal Junior, Modelagem multicritério para estabelecimento de polos de educação a distância nas mesorregiões do Instituto Federal Fluminense, 2017**